

El cultivo de maíz en Zacatecas

Biblioteca 175 Aniversario

El cultivo de maíz en Zacatecas



**MAXIMINO LUNA
FLORES**



Esta investigación arbitrada por pares académicos
se privilegia con el aval de la institución que edita.

PRIMERA EDICIÓN 2008

© Maximino Luna Flores

© Universidad Autónoma de Zacatecas
Coordinación de Investigación y Posgrado
Carretera a la Bufa 5, Zona Centro,
98000, Zacatecas, México
investigacionyposgradouaz@gmail.com

Derechos reservados conforme a la ley
ISBN 978-968-5923-49-1

DISEÑO EDITORIAL

Israel David Piña García
Georgia Aralú González Pérez

CORRECCIÓN AL CUIDADO DE

Erika Isabel Varela Rodríguez
Georgia Aralú González Pérez

DISEÑO DE PORTADA

Israel David Piña García

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

CONTENIDO

9	INTRODUCCIÓN
	CAPÍTULO I -----
	SOCIOECONOMÍA
13	El cultivo del maíz en el mundo
16	El cultivo del maíz en México
25	El cultivo del maíz en Zacatecas
	CAPÍTULO II -----
	BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DEL MAÍZ
39	Botánica
55	Requerimientos ambientales y adaptación
57	Organismos dañinos
	CAPÍTULO III -----
	EL MAÍZ EN EL ESTADO DE ZACATECAS
64	Características ecológicas
71	Problemas del cultivo
79	Sistemas de producción
83	Potencial productivo
89	Tecnología de producción
95	GUÍA PARA CULTIVAR MAÍZ DE TEMPORAL EN EL ALTIPLANO DE ZACATECAS (GUTIÉRREZ Y LUNA, 2003)
102	GUÍA PARA CULTIVAR MAÍZ DE RIEGO EN EL ALTIPLANO DE ZACATECAS
108	APÉNDICE
123	BIBLIOGRAFÍA

El maíz es la especie vegetal que se cultiva en el mayor número de países debido a su alta productividad genética, a su adaptabilidad y a la diversidad de usos. Junto con el arroz ocupa el segundo lugar en superficie cultivada en el mundo; el primero lo tiene el trigo, que lo supera con un 64%. Hace algunos años se sembraba menos maíz que arroz, pero cada vez ha ido en aumento, sobre todo en China y algunas regiones de África. Asimismo su producción era significativamente menor que la de esos cereales. En el año 2005 superó al trigo con un 11.1% y al arroz en 12.5%, lo que quiere decir que el rendimiento unitario de maíz se elevó un 35% de 1990 al 2004, y la superficie un 14%, hecho que no ha sucedido con los otros dos cereales.

Los países desarrollados son los que cultivan más cantidad de maíz; aunque China posee el segundo lugar en superficie y en producción. A nivel mundial el 68% de este grano se utiliza para alimentar ganado y aves, el resto se destina al consumo humano directo y en la industria. En los países desarrollados el 88% se usa también para ganado y aves; a diferencia de los subdesarrollados que sólo emplean el 46%, puesto que más del 50% es para consumo humano directo.

En México, el maíz ha sido el cultivo más importante desde que se tienen referencias sobre las sociedades que lo han sembrado. En la actualidad, se siembra el doble de superficie con relación a la suma de los tres productos que le siguen y ocupa una cifra mayor al 40% en superficie total. Aunque se cultiva en toda la República Mexicana las condiciones son diferentes: bajo riego o temporal con maquinaria electrónica o tradicional, tracción animal o a mano; en laderas con pendientes mayores a 45° o suelos planos; en terrenos de textura arcillosa, franca o arenosa, salinos o ácidos, de 30 cm de profundidad o más de dos metros; durante sequías o inundaciones cuyas precipitaciones van desde 150 mm y, en ocasiones, superan los dos mil 500 mm; en ciclos de cultivo de 90 días a nueve meses; con temperaturas medias de 13 a 27 °C; solo o asociado con más especies anuales o perennes.

La mayor diversidad genética de maíz se ha generado gracias a los sistemas de producción a que se ha sometido por miles de años y a la variedad de usos que le han dado las amas de casa y los productores del campo. Salvador Miranda Colín anotó más de cuatro mil aplicaciones distintas del maíz en las regiones central y sur de la República. Por su parte, Efraín Hernández Xolocotzi contó más de cuatrocientos tipos de tamales elaborados con este

cereal. En la actualidad, 28% del maíz que se consume se destina a la alimentación de ganado y aves, el 66% para consumo humano, menos del 5% para la industria y el resto se utiliza como semilla de siembra y reserva estratégica, o bien se pierde por daños ocasionados por plagas de almacén.

La superficie que se siembra con maíz en México se ha estabilizado desde hace décadas y el rendimiento unitario se ha elevado paulatinamente, pero no como debería de acuerdo con los resultados de investigación y extensión agrícola. Gracias a la aplicación de la tecnología recomendada, la producción nacional de este grano pasó de 12 millones de toneladas en la década de los ochenta a 18 millones de 1993 al 2002, y a más de 20 millones en el 2003 y 2004. Existen estudios sobre tecnología de extensión y potencial, que indican que la producción de maíz en la República puede llegar a superar los 26 millones de toneladas por año, pero lo cierto es que se necesita apoyo del gobierno.

En el estado de Zacatecas, el cultivo de maíz es el segundo en importancia agrícola, económica y social, después del frijol: ocupa el 28% de la superficie total cultivada y lo siembran cada año 80 mil productores, del total de 118 mil registrados en el Estado. Hace algunos años su principal uso era como alimento humano directo a través de las tortillas. En la actualidad, la venta de éstas en los molinos y las elaboradas con harina por las mega compañías privadas, ha sustituido en gran medida su producción «casera». Lo anterior explica que dentro del consumo humano haya disminuido y, en contraparte, incrementado en la alimentación ganadera. A pesar de ello, el consumo humano de maíz ocupa todavía un lugar destacado.

CAPÍTULO I



SOCIOECONOMÍA



EL CULTIVO DE MAÍZ EN EL MUNDO

Superficie, producción y rendimiento

El maíz es el segundo cultivo en importancia agrícola mundial y el primero en volumen de producción (Tabla 1). Genéticamente es más productivo que el trigo, arroz y cebada (Rojas y Rovalo, 1985; Salisbury y Ross, 1994), por lo cual su rendimiento medio es superior que el de estos cereales. En conjunto, los cuatro cultivos que se muestran en la Tabla 1 ocupan el 41% de los mil 350 millones de hectáreas que en promedio se cosechan cada año en el mundo, y de los cuales el 11% corresponde al maíz. De igual modo, es la especie vegetal que se cultiva en el mayor número de países (161); se siembra en casi todos los desarrollados y es primordial en América y Europa (FAO, 2006).

La superficie cosechada de maíz en el mundo se ha elevado (Tabla 1A–Apéndice); de 1970 al 2004 creció un millón de hectáreas por año. Los países que destacan en este ámbito son: Brasil, Estados Unidos, India, México y China, quienes registraron un 56% de la superficie mundial cosechada de maíz en el 2005. En los primeros cuatro, la superficie cosechada de maíz se estabilizó desde antes de 1980; en China aumentó a una tasa media anual de 4.6% de 1970 al 2004 y en Nigeria a 8.8%; en Sudáfrica y Argentina bajó drásticamente de 1970 a 1990, recuperándose después de manera significativa.

TABLA 1. CULTIVOS QUE MÁS SE SIEMBRAN EN EL MUNDO

Cultivo	Superficie (millones de ha)	Producción (millones de ton)	Rendimiento (kg/ha)
Trigo	204	628	3,078
Arroz	154	618	4,013
Maíz	147	695	4,728
Cebada	58	154	2,675

Fuente: FAO, 2006.

De los países que aparecen en el Tabla 2A, Estados Unidos obtuvo los más altos rendimientos unitarios, es decir, el doble que el promedio mundial. Varios países de Europa, como Canadá, también han tenido medias superiores a 7 ton/ha. El rendimiento de maíz en el mundo se elevó a un ritmo de 6.0% por año de 1970 a 2004, en Argentina y China fue de 7.8% y 7.0%, en Estados Unidos de 6.3%, en Brasil y México de 6.7%, en la India de 4.2%, y en

Sudáfrica de 7.5%. Aunque el incremento manifestado en México, Brasil y Sudáfrica es parecido al de la media mundial y al de Estados Unidos, sus rendimientos medios son muy bajos.

En sí la producción ascendió a una tasa promedio de 7.8% (Tabla 3A): sobresale China con 11.3% anual, puesto que es el país que más ha incrementado la superficie y el rendimiento unitario; en Sudáfrica e India se registran bajas ganancias, en el primero incluso se ha reducido la superficie cosechada.

Usos

Si bien toda la planta de maíz se utiliza en diferentes formas, lo más importante es el grano, constituido de 5 a 6% de pericarpio, 2 a 3% de aleurona, 80 a 85% de endospermo y 10 a 12% de embrión. El pericarpio está formado principalmente por fibra (87%); la aleurona también es rica en fibra y contiene 19% de proteínas; el endospermo posee en promedio 88% de almidones, 8% de proteínas y 4% de grasas; el embrión contiene más de 40% de almidones y azúcares, 33% de grasas y 18.4% de proteínas (fao, 1992). En la Tabla 2 se indica la composición química de algunos tipos de maíz.

En promedio, el 68% de la producción mundial de maíz se emplea para alimentación animal y el resto para la alimentación humana directa, salvo un pequeño porcentaje que se utiliza para semilla y para derivar productos industriales no comestibles (Pohelman, 1976; FAO, 1992). El porcentaje destinado al uso animal es más alto en los países desarrollados (88%) y menor en los subdesarrollados (46%); pero en México, Centroamérica y África, el consumo humano directo es de 60%.

TABLA 2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO EN DIFERENTES TIPOS DE MAÍZ (EN %)

Tipo de Maíz	Humedad	Cenizas	Proteínas	Fibra cruda	Extracto de ether	Carbohidratos
Salpor	12.2	1.2	5.8	0.8	4.1	75.9
Cristalino	10.5	1.7	10.3	2.2	5.0	70.3
Dentado	9.6	1.7	10.7	2.2	5.4	70.4
Harinoso	11.2	2.9	9.1	1.8	2.2	72.8
Dulce	9.5	1.5	12.9	2.9	3.9	69.3
Palomero	10.4	1.7	13.7	2.5	5.4	66.0
Negro	12.3	1.2	5.2	1.0	4.4	75.9

Fuente: FAO, 1992.

De acuerdo con Reyes (1990) solamente el 11% del maíz que producen los países desarrollados se usa en el consumo humano directo; mientras que en México, Centroamérica y el Caribe se destina el 65% a tal fin, 15% a la alimentación animal y 20% a la industria y otros rubros. En el Este y Sur de África, 74% se destina al consumo humano, 4% a la alimentación animal y 22% a diferentes usos; en Asia Oriental, 65% es para uso humano directo, 23% para alimentación animal y 12% para diversos empleos. El mismo autor reporta 288 aplicaciones distintas en la fabricación de alimentos y de utilización industrial: 15 del almidón, 53 de la fécula, 34 de la dextrina, 53 de la miel, etcétera.

Warman (1988) en su libro *La historia de un bastardo: maíz y capitalismo*, indica que de una prueba que se hizo en un supermercado de Estados Unidos, se observó que de 10 mil productos que se vendían, 2 mil provenían de este cereal. A continuación menciona ciertos géneros conocidos internacionalmente y que se derivan del maíz: hojuelas, crispetas, frituras, aceite, harina, miel, fécula, tortillas, atoles, tamales, enchiladas, tacos, pozole, elotes, esquites, panes, pasteles, sopas, budines, verduras, cerveza, whisky, pinturas, adhesivos, cosméticos, fibra, ornato, construcción, entre otros.

Exportaciones e importaciones

Valdez (1993) señala que en la década de los cincuenta las exportaciones mundiales de maíz crecieron de 5 a 11 millones de toneladas; en los setenta se elevaron a 30 millones y en los ochenta llegaron a los 78 millones. Posteriormente, casi al finalizar la década decreció a 74 millones y hasta 60 millones a principios de los noventa. Estos cambios se debieron a diversos factores: alzas o bajas en los aranceles de aves y ganado de los países importadores, incremento en las deudas de los países importadores, estímulo de la producción doméstica de aves y ganado, y desincentivación de su consumo. Las naciones que más importaban maíz antes de 1970 pertenecían a Europa Occidental y a la antigua Unión Soviética, en ese mismo tiempo se agregó Japón, quien actualmente es el mayor importador con 16 millones de toneladas por año.

Según la FAO (2006), entre los años 2002–2004, el comercio mundial de maíz fue de 87 millones de toneladas, de los cuales Estados Unidos exportó el 47.7%, Argentina el 10.7%, China el 10.1% y Francia el 7.2%. Los países que más importaron fueron: Japón con 16.7 millones de toneladas; República de Corea, 8.8 millones; México, 5.6 millones; China, 5.0 millones; y Egipto con 3.7 millones.

EL CULTIVO DE MAÍZ EN MÉXICO

Superficie, producción y rendimiento

El maíz ha sido probablemente el cultivo más importante en México no sólo en el siglo XX, como lo indican las estadísticas y la literatura (Dirección General de Estadísticas Agrícolas–DGEA–; Secretaría de Agricultura y Ganadería; Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos–SARH; Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural–SAGARPA–; Reyes, 1981), sino desde hace cientos o tal vez miles de años, según se observa en los documentos que retoman los aspectos de tipo histórico, arqueológico y antropológico relacionados con aquel (Wellhausen *et al.*, 1952; Mac Neish, 1955; Paulat, 1969; Mangelsdorf, 1974; PRONASE, 1994; Arqueología Mexicana, 1997; Miranda, 2000; Muñoz, 2003).

Según la DGEA de la SARH, de 1925 a 1939 se cosecharon en la República Mexicana alrededor de 3 millones de hectareas de maíz, con un rendimiento medio que osciló entre 550 y 650 kg/ha de grano. En el mismo periodo, la población nacional pasó de 15 a 19 millones de personas, por lo que el consumo medio aparente *per cápita* del grano bajó de 134 kg a 106 kg. De 1940 a 1950 la superficie cosechada con maíz pasó de 3.4 a 4.3 millones de ha (creció a un ritmo de 2.6% por año) y el rendimiento medio, de 634 a 721 kg/ha. Para 1960 la superficie fue de 5.56 millones de ha, el rendimiento de 975 kg/ha y el consumo de 138 kg; se notó una recuperación con respecto a 1940.

En el país, las superficies medias (en millones de ha) cosechadas por quinquenio de 1960 a 1980 fueron de 6.53, 7.68, 7.35 y 6.88; los rendimientos medios (en kg/ha) de mil 21, mil 153, mil 207 y mil 351; y los consumos *per cápita* (en kg) de 172, 171, 173 y 174, respectivamente. Estos últimos se mantuvieron a pesar del crecimiento de la población; además, son 25% superiores a los de 1960, debido tanto al incremento en el rendimiento unitario de maíz como a sus importaciones en la década de los años setenta, porque creció el número de aves y cabezas de ganado, los cuales se alimentaban en gran parte con este producto.

Mucho se ha escrito sobre la disminución de la superficie y rendimiento de maíz en los ochenta, década en que se han registrado los menores incentivos y subsidios que ha tenido este cultivo en México y los precios de garantía más bajos (Cervantes, 1996; Luna y Zárate, 1994; Gómez *et al.*, 1993; Calva,

1992 y 1991). Prueba de ello es que la superficie sembrada con maíz decreció un millón de hectáreas respecto al decenio anterior; el rendimiento disminuyó un 10% y la producción un 15%. Las importaciones alcanzaron cifras inimaginables mayores al 30% respecto a la producción nacional, y de límites superiores a los índices que la FAO anota como indicadores de dependencia de la soberanía sobre este cereal.

Gracias al apoyo gubernamental, en 1992 comenzó a elevarse la superficie sembrada con maíz (Tabla 3) hasta superar los 9 millones de hectáreas en 1994, 1995 y 1997; pero volvió a bajar cuando no se brindó el mismo apoyo. Aun así, los tres cultivos que le siguen en importancia agrícola al maíz (frijol, sorgo y trigo) ocuparon juntos 4.3 millones de hectáreas en promedio del 2002 al 2004, es decir, un 50% del área sembrada con maíz, que equivale a un 43% del área total cultivada anualmente. De la superficie sembrada con maíz en estos años, 14.6% corresponde a siembras de riego y 85.4% a temporal; asimismo, 9% son siembras del ciclo de Otoño–Invierno (o–i) y 91% de Primavera–Verano (p–v)¹. Los rendimientos medios de maíz de riego en los últimos años han superado las 6 ton/ha y los de temporal, las 2 ton/ha (Tabla 3). Los primeros están por arriba del rendimiento medio mundial del cultivo, pero se encuentran por debajo de E.U.A., Canadá, los países europeos y Argentina.

El volumen de producción de maíz en México pasó de 12 millones de toneladas en la década de los ochenta, a 17.7 y 18.5 millones entre 1992 y 1998; a 16 millones en el 2001 y a 21 millones de toneladas en el 2004. El ascenso dependió más del aumento en la superficie y el rendimiento de las siembras de riego que del rendimiento de las de temporal. En 1990 la producción de maíz de riego representó menos del 25% del volumen total en México, de 1992 al 2000 fue de más del 30% y del 2002 al 2004, del 36%; como consecuencia, el consumo aparente *per cápita* llegó a 200 kg. En cuanto a importación se refiere, de 1994 a 1996 se percibe una cifra en promedio de 2.7 millones de toneladas de maíz, principalmente empleada para completar los requerimientos de las industrias avícola y ganadera. En 1997 el volumen alcanzó las 5.84 millones de toneladas, mientras que en el 2001 la cantidad fue de 6.2 millones y no bajó de 5.5 millones en los años posteriores; con ello se volvió a la dependencia exterior del producto.

¹ Normalmente los rendimientos del ciclo o–i son más altos que los del ciclo p–v.

Tabla 3. SUPERFICIE (MILES DE HA), PRODUCCIÓN (MILES DE TON) Y RENDIMIENTO (KG/HA) DE MAÍZ EN MÉXICO DE 1992 AL 2004

Año	Superficie sembrada			Superficie cosechada	Producción			Rendimiento		
	Riego	Temporal	Suma		Riego	Temporal	Suma	Riego	Temporal	Promedio
1992	1,388	6,615	8,003	7,219	5,420	11,529	16,949	4,134	1,951	2,343
1993	1,719	6,529	8,248	7,428	7,704	10,422	18,126	4,629	1,802	2,440
1994	1,897	7,300	9,197	8,194	8,575	9,660	18,235	4,653	1,521	2,225
1995	1,457	7,623	9,080	8,021	6,282	12,070	18,352	4,400	1,831	2,288
1996	1,229	7,410	8,640	8,051	5,710	12,315	18,025	4,723	1,800	2,239
1997	1,384	7,749	9,133	7,406	6,922	10,734	17,656	5,096	1,884	2,384
1998	1,225	7,295	8,520	7,877	6,104	12,350	18,455	5,200	1,845	2,343
1999	1,029	7,467	8,496	7,163	5,065	12,641	17,706	5,060	2,050	2,472
2000	1,016	7,267	8,283	7,017	5,417	11,774	17,191	5,420	1,960	2,450
2001	703	6,919	7,622	6,374	3,230	12,741	15,971	4,540	2,000	2,506
2002	1,174	7,097	8,271	7,119	7,056	12,241	19,297	6,080	2,050	2,711
2003	1,116	7,011	8,127	7,521	6,657	14,044	20,701	6,190	2,180	2,752
2004	1,327	7,077	8,404	7,297	8,434	13,252	21,686	6,700	2,060	2,972

Fuente: Anuarios Estadísticos de la SAGARPA.

Principales estados productores de maíz en México

Riego

Los estados de la República que más sembraron maíz de riego en el 2004 fueron: Chihuahua, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Sinaloa, y Tamaulipas (Tabla 4A). Antes de 1992, Sinaloa y Sonora sembraban menos de 40 mil ha, Chihuahua 30 mil y Oaxaca 10 mil; sin embargo, con los apoyos del gobierno, en 1994 las superficies llegaron a las 394 mil ha en Sinaloa, 119 mil en Sonora y 128 mil en Chihuahua. En otras entidades también se elevó la superficie sembrada con maíz de riego, pero no tan significativamente como en aquellas. Estos incrementos ocasionaron que la superficie se duplicara de 1990 (992 mil ha) a 1994, mas la superficie volvió a disminuir a partir de 1997. En Tamaulipas el área descendió en forma considerable en 1996, por la escasez de agua en las presas de las que depende el cultivo; algo semejante ocurrió en Sonora y Aguascalientes.

En el 2004, Chihuahua, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Sinaloa y Tamaulipas ocuparon el 78% de la superficie nacional de maíz de riego.

Al comparar las cifras de las Tablas 4A y 5A puede apreciarse que se cosecha casi la misma superficie de maíz de riego que se siembra; la diferencia se debe a que un porcentaje se destina para forraje, aunque al inicio se haya sembrado con el fin de cosechar grano, y el otro se pierde por inundaciones, plagas, heladas, y demás siniestros. En general, los estados que producen más cantidad de maíz de riego son también los que lo siembran en mayor área (Tabla 6A). Entre ellos se encuentran Chihuahua, Durango, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Querétaro, Sinaloa y Tamaulipas; Sinaloa sólo produjo el 46% del total nacional en el 2004. La producción nacional de maíz se elevó un 264% de 1990 a 1994, en los siguientes años el porcentaje bajó y en el 2004 se obtuvo una cosecha récord.

El rendimiento medio nacional de maíz de riego pasó de 3.4 ton/ha en 1990, a más de 4.1 ton/ha de 1992 a 1996; a 5 ton/ha de 1997 al 2001 y a 6 ton/ha del 2002 al 2004 (Tabla 7A). Las entidades que han obtenido los mayores rendimientos medios son Chihuahua y Sinaloa, con más de 9 ton/ha; les siguen Guanajuato, con 8 ton/ha y Querétaro, con 7 ton/ha. En general, los rendimientos están por debajo de los que se pueden lograr de acuerdo con el potencial productivo de maíz de riego de cada estado (Luna, 2004; Turrent *et al.*, 1998; Aveldaño *et al.*, 1991).

Temporal

De 1995 al 2004 la superficie sembrada de maíz de temporal en México ha variado de 7 a 7.7 millones de hectáreas (Tabla 8A). Semejante a lo que se observó en el área sembrada con maíz de riego, la de temporal se elevó de 1992 a 1997, pero disminuyó en los años siguientes (Tabla 8A). Las extensiones más grandes coinciden con los mayores apoyos del gobierno para el cultivo del maíz, en comparación con los que fueron brindados en años como 1992 y del 2000 al 2004. A pesar de esto, las diferencias en la superficie sembrada pueden deberse a diversos factores: cuando comienza a llover a tiempo se siembra más que cuando la lluvia es tardía, en el último caso el riesgo de pérdidas por daños a causa de heladas aumenta, y los productores prefieren sembrar cultivos más precoces o mejor no hacerlo.

Los estados que sembraron mayor cantidad de maíz de temporal en México en el 2004 fueron los siguientes: Chiapas, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Veracruz, y Zacatecas; en conjunto ocuparon el 72% del total de maíz de temporal en el país. El promedio de la superficie con maíz de temporal, de los años 2001 a 2004, fue un poco menor que el de 1995 a 1999 (Tabla 8A), quizá a causa de la desincentivación en la siembra de este cultivo. Las entidades con mayor reducción fueron Aguascalientes, Colima, Estado de México, Jalisco, Michoacán, Tamaulipas y Veracruz.

A causa de factores adversos, entre los que destaca la sequía, no se forma grano en 13% de la superficie sembrada con maíz de temporal en México (Tablas 8A y 9A); el porcentaje varía según el año y la región. En 1996 no se cosechó grano en un 7.7% de la superficie, mientras que en 1997 llegó a un 22%. A la vez se observa que en estados como Aguascalientes, Coahuila y San Luís Potosí es común que el porcentaje llegue al 50%; en oposición a Chiapas, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco y Michoacán, en los que las cifras de área dañada son bajas. Otro factor tiene que ver con que las condiciones ecológicas sean aptas para el cultivo del maíz; tal es el caso de Chihuahua, Durango, Guanajuato y Zacatecas, entidades ubicadas en zonas semiáridas y áridas, donde los porcentajes oscilan según las condiciones del año.

La mayor parte del área de maíz que se daña corresponde al ciclo de cultivo Primavera–Verano (P–V), pero también en el ciclo Otoño–Invierno (O–I) se registran pérdidas de superficie de maíz por sequía; como ocurre en las siembras de «Tonal–mil» en Veracruz y en las de temporal de Sinaloa. En las siembras de maíz de temporal de los estados del Sureste ocurren siniestros por dos causas principales: inundaciones y vientos. En Campeche se perdió el 72% y 69% de la superficie de maíz de temporal en 1995 y 2002, respectivamente. En Quintana Roo se dañó el 40% del área en 1995, 52% en el 2002, y 67% en el 2004; en Yucatán las pérdidas llegaron al 57% en 1996 y sólo se cosechó el 7% en el 2002.

En 1990 la producción nacional de maíz de temporal en México fue de 9.4 millones de toneladas, casi 3 millones menos que en 1995 y 1996, a pesar de haber sido un año de buena precipitación en el país. No ocurrió lo mismo en 1994 y 1997, época en que la precipitación descendió y la producción fue baja (Tabla 10A). El porcentaje de maíz que se obtuvo bajo temporal en 1996 representó el 68% de la producción nacional, lo que correspon-

dió al 85% del área total cosechada del cultivo; en 1997 las cifras fueron del 61% y 82%, y en el 2004, del 61% y 84%, respectivamente. Lo anterior hace notar la importancia de la siembra de maíz de riego, puesto que brinda mayor seguridad para cosechar en comparación con la de temporal.

Las entidades que más producen maíz de temporal en la República Mexicana se enuncian a continuación: Chiapas, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca Puebla y Veracruz (Tabla 10A); las cuales obtuvieron el 81% del volumen de producción en el país en el 2004. Los estados de Campeche, Chiapas, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco y Querétaro mostraron incrementos significativos en los años que se incluyen en la Tabla 10A; en otras entidades las producciones de 1995 al 2004 fueron casi iguales. En Aguascalientes, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Jalisco, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas, entre el 2002 y 2004, se obtuvieron producciones más altas que en los años anteriores, debido a las condiciones favorables de precipitación.

En el mismo periodo, el rendimiento medio de maíz de temporal se elevó en 10% respecto al promedio de 1995 a 1997 (Tabla 11A); tal situación puede deberse más a factores ambientales que a cambios en el uso de tecnología de producción. Al observar las entidades con mayor producción en los tres o cuatro últimos años, como Chihuahua, Durango, Guanajuato, Jalisco, Nuevo León, Puebla y Zacatecas (Tabla 10A), se aprecia en ellas un aumento en el rendimiento unitario. Hecho similar sucedió en Nayarit (Tabla 11A), sólo que en él disminuyó significativamente la superficie de maíz de temporal de 1995 al 2004 (Tabla 8A).

Número y tipo de productores

Según INEGI (2006), en 1990 se sembraron con maíz en México 2 millones 750 mil 124 unidades de producción de un total de 3 millones 750 mil; lo que significa un 73%. Esta cantidad superó la suma de los cinco cultivos que le siguen en importancia agrícola al maíz (frijol, sorgo, trigo, calabaza y avena forrajera), los cuales ocuparon un millón 323 mil 846 unidades de producción ese mismo año (48%)². De acuerdo con la superficie total cultivada con maíz en 1990, correspondieron a

² Una unidad de producción puede tener más de un cultivo.

cada unidad de producción 2.75 ha en promedio. Calva (1991) indica que el 85% de los productores nacionales de maíz siembran por año menos de 2 ha cada uno con este cereal. Por otro lado, la SAGAR (1994) menciona que el 40% siembra 1 ha o menos; el 27%, entre 1 y 2 ha, el 25% de 2 a 4 ha, el 6.4% de 5 a 10 ha, el 1.2% de 10 a 20 ha y el 0.4% más de 20 ha.

José Antonio Mendoza Zazueta, Subsecretario de Desarrollo Rural de la SAGARPA (periódico *Excelsior*, 13 de abril de 1999), señaló que el 60% de los productores rurales del país obtienen de las actividades agropecuarias menos del 50% de su ingreso económico, además se desempeñan como campesinos, artesanos, jornaleros, microempresarios o micro comerciantes. Dicha diversificación de actividades comenzó en 1970 y ha ayudado a la supervivencia de los pequeños productores. El autor refiere que de los 3.8 millones de productores del campo, sólo 300 mil están insertos en el mercado, lo que corresponde a menos del 10%; el resto únicamente aspira a una producción suficiente para el abasto familiar. El acaparamiento de la tierra agrícola, como se esperaba con las modificaciones hechas al artículo 27 constitucional, no ha ocurrido y los rendimientos más altos de maíz se dan en las áreas con mayor tradición en el uso de tecnología moderna, como es el caso del Noroeste del país y «El Bajío».

En el mismo periódico, el doctor Fernando Rello menciona que en el estado de Querétaro el 28% de los productores agrícolas tienen de 1 a 3 ha, el 25% de 3 a 5 ha, el 35% de 5 a 10 ha, y el 8% más de 10 ha. Además dedican ocho meses a las actividades agropecuarias, de las que obtienen en promedio 45% del ingreso económico familiar; para los propietarios de 1 a 3 ha, el porcentaje es de un 33%. Entre menor es la superficie, menor es el porcentaje de ingreso por las actividades agrícolas y mayor la aportación que deben hacer los hijos a la familia. Las cantidades adicionales se obtienen de la ganadería, salarios, oficios, remesas y minindustria familiar, como principales. Rello indica que el ingreso anual de una familia de pequeños productores es de 25 mil pesos, mientras que el de los que poseen 10 ha o más, es de 50 mil.

Angélica Enciso, reportera de *La Jornada*, en un artículo del 7 de enero de 1999, mencionó que el Procampo representaba en promedio el 12.9% de los ingresos anuales de los productores agrícolas y el 27.5% del ingreso anual de los 2.7 millones de pequeños productores, los cuales normalmente siembran bajo condiciones de temporal.

Usos

El grano de maíz es fuente principal de carbohidratos, pero por la cantidad en que lo consume la mayoría de los mexicanos, también es fuente importante en proteínas (PRONASE, 1994; Turrent, 1994). De acuerdo con PRONASE y Turrent el consumo humano directo de maíz *per cápita* en México es de 120 kg, en cuanto al trigo es de 50 kg y respecto al frijol 20 kg; por lo tanto, la ingesta media aproximada de proteínas a través de esos granos es de 10, 6 y 4.4 kg *per cápita*, respectivamente. Según la Productora Nacional de Semillas (PRONASE, 1994), 100 gramos de maíz proporcionan 350 kcal, 72% de carbohidratos, 8.9% de proteínas, 4.3% de grasas, 22 mg de calcio, 268 mg de fósforo, 0.36 mg de tiamina, 0.12 mg de riboflavina, 1.7 mg de niacina y 17 microgramos equivalentes de vitamina A.

Tanto el periódico *El Universal* del 30 de julio de 2006, como la SAGARPA y Turrent (1994), indicaron que el 66% de la producción e importación de maíz en México se destinaba para consumo humano, el 28% para alimento de aves y ganado, menos del 5% para usos industriales y el resto como semilla y reserva estratégica. La SAGAR (1994) refiere que el 18% del consumo nacional de maíz en 1991 (1.42 millones de toneladas) fue usado por los productores para autoconsumo, el 30% para alimento humano directo, el 41% fue empleado por la industria para consumo animal, el 1% se utilizó como semilla de siembra, el 5% permaneció en almacén como reserva y el 5% fueron mermas de almacén. Turrent mencionó que el 59% de la energía (mil 363 kcal) y el 38% de la proteína (29 gr) de la dieta diaria del promedio de los mexicanos, provenían del consumo de la tortilla.

Reyes (1990), con base en un estudio en Monterrey, Nuevo León estimó que el consumo diario de tortilla por una familia de cinco miembros, era de 2 kg; esto equivalía a trece tortillas por persona, las cuales se elaboraban con 200 gr de grano de maíz, que correspondía a un consumo *per cápita* de 73 kg. También asentó que de 12.4 millones de toneladas de cereal que se consumieron en el país en 1980, más de 7 millones se utilizaron para consumo humano directo como tortillas, tamales, totopos atole, pozole, pinole, entre otros. Se emplearon 3 millones para el alimento de aves y ganado tanto de manera comercial como doméstica; 400 mil ton se usaron en la industria de harinas, aceite, almidones, palomitas, frituras, etcétera; casi 140 mil ton como semilla y más de 1.8 millones de toneladas se perdieron a causa de daños por insectos, roedores, hongos y demás plagas.

Importaciones y exportaciones

Antes de 1973 México sólo había hecho importaciones de volúmenes específicos de maíz en algunos años, en 1970 por ejemplo, se importaron 760 mil ton, hecho que no sucedió en 1971 y 1972 (Tabla 4). Desde 1973 no se ha dejado de importar el grano; no obstante, es notorio que de una importación nula en 1972, haya aumentado a un millón de toneladas en 1973 y a más de 2.6 millones en 1975. Posteriormente la cifra bajó a 812 mil ton en 1976 y se recuperó en 1980 con casi 3.8 millones; a pesar de los altibajos se han ido incrementando los volúmenes de importación hasta llegar a 5.8 millones de toneladas en 1996 y 6.2 millones en el 2001.

En general, las mayores importaciones de maíz en México están ligadas a una producción nacional baja del cereal, a causa de una menor superficie cosechada; lo anterior se verifica el año que precede a la cosecha. Dicha disminución se asocia directamente con una precipitación media nacional deficiente. En 1980 el país importó un gran volumen de maíz (Tabla 4), puesto que en 1979 se había producido poco, además la superficie cosechada fue inferior a la de 1978; la misma situación se observó entre 1983 y su precedente 1982. Es necesario resaltar que cuando ha habido reservas suficientes y un año ha sido productivo, en el siguiente se importa poco, tal situación se puede observar en los años de 1991 a 1993, 1985 y 1986, 1982 y 1981 que se muestran en la Tabla 4.

TABLA 4. IMPORTACIONES DE MAÍZ (MILES DE TON) REALIZADAS
POR NUESTRO PAÍS DE 1963 A 2004

Año	Ton	Año	Ton	Año	Ton
1963	454	1980	3,777	1993	211
1964	0	1981	3,065	1994	2,747
1969	0	1982	370	1995	2,687
1970	759	1983	4,670	1996	5,643
1971	0	1984	2,493	1997	2,519
1972	0	1985	1,722	1998	5,217
1973	1,114	1986	1,703	1999	5,546
1974	1,276	1987	3,603	2000	5,348
1975	2,627	1988	4,881	2001	6,200
1976	812	1989	3,665	2002	5,513
1977	1,758	1990	4,100	2003	5,764
1978	1,419	1991	1,422	2004	5,519
1979	747	1992	1,306	-	-

Fuentes: Cervantes, 1996; FAO, 2006.

EL CULTIVO DE MAÍZ EN ZACATECAS

Antigüedad del cultivo en el Estado

Se han publicado diferentes artículos, folletos y notas que hacen referencia al cultivo de maíz en la entidad. Los más antiguos son escritos en documentos generales dedicados a la historia del Estado, por ejemplo el de Rodríguez (1977), que indica que el grano fue cultivado por los zacatecos, tecuexques y caxcanes desde el año 1200 aproximadamente. Bonilla (1889) y Velasco (1894) se refieren a este cereal como el producto más cultivado en la entidad y el de mayor aportación volumétrica y económica. Mencionan que se producían 2 millones 717 mil 500 hectolitros de grano, 800 mil de frijol, 320 mil de trigo y 52 mil de cebada. El valor de la producción de maíz era de 8 millones 142 mil 500 pesos y el resto de los productos de 3 millones 917 mil 400 pesos.

Velasco (1894) escribe que había maíces de hasta 6 m de altura de planta sembrados bajo riego, temporal o humedad; en este último se aprovechaban las escorrentías de agua de las lluvias. Los maíces de riego eran de siete a nueve meses de ciclo vegetativo, los de temporal de tres a cinco, y los de humedad de once. En riego se obtenían 300 hectolitros por hectárea; 150 con un buen suelo y buen temporal; 100 con buen suelo y regular temporal; de 60 a 80 con suelo y temporal regular, y 20 con condiciones no favorables.

El mismo autor refiere que los lugares idóneos para cultivar maíz eran principalmente Fresnillo, Jerez, Juchipila, Nochistlán, Tlaltenango y Villanueva; y los que presentaban condiciones limitadas eran Nieves, Ojocaliente, Sombrerete y Zacatecas. Señala también que se cultivaban 17 variedades de maíz: grano blanco, amarillo, naranja, rojo o negro; harineros; de tipo pozolero; dulces y otros destinados a diferentes usos, por ejemplo el «pepitilla», semejante al actual, con el que se elaboran tortillas de alta calidad. Autores como Rodríguez (1977) y Bonilla (1889) mencionan que desde los primeros pobladores del Estado hasta los de fines del siglo xx, vivían de la cacería, de animales domésticos, así como de algunos cultivos vegetales, y que dentro de su dieta el maíz era el elemento más importante.

Ramírez (1995) sostiene que en 1940, el maíz y el frijol ocuparon el 97% de la superficie total cultivada en la entidad, con una amplia ventaja del primero sobre el segundo. En esa época casi toda el área se sembraba bajo temporal y las pérdidas en el total del área sembrada correspondieron al 29% (537 mil 415 ha). A la vez indica

que en 1950 Zacatecas alcanzó el séptimo lugar nacional en producción de maíz, con un 5.2% del total producido; en cuanto a área sembrada ocupó el tercero con el 7.8% de la superficie nacional de este cultivo.

El autor aclara además que en 1960 se cosecharon 390 mil ha de maíz y 110 mil de frijol; en 1965, 430 mil y 299 mil; en 1970, 587 mil y 217 mil; en 1975, 382 mil y 487 mil; y en 1976, 350 mil ha de maíz y 434 mil ha de frijol. Con base en lo anterior se aprecia que se fue elevando la superficie de frijol en la entidad. Respecto al maíz, al principio no bajó la superficie porque se iban abriendo más tierras al cultivo; no obstante, a partir de 1991 se mantuvo alrededor de 320 mil ha (INEGI, 1992 y 1993; COPLADEZ, s/f; Oeidrús, 2006). El precio de garantía o de referencia del maíz y el frijol se vinculó con los cambios en la superficie sembrada de ambos granos; hasta 1973 permaneció un precio relativo frijol/maíz de 1.86; en 1974 fue de 4; y posteriormente de 2.1 y 2.9 (Calva, 1992; Cervantes, 1996).

En la actualidad, el cultivo de maíz en Zacatecas ocupa el segundo lugar en superficie, con 25% del área total sembrada (Tabla 5). Según el INEGI (2006), cada año siembran maíz 80 mil familias de un total de 118 mil productores agrícolas del Estado, lo que equivale a un 68%. Gracias a los usos y derivados del maíz, como a la capacidad de los productores para cultivar, conservar, usar y comercializar éste, sigue siendo fundamental en el desarrollo de la sociedad.

TABLA 5. CULTIVOS QUE OCUPARON MAYOR SUPERFICIE (MILES DE HA) EN EL ESTADO DE ZACATECAS EN 2000, 2002 Y 2004

Cultivo	2000		2002		2004	
	Riego Temporal					
Frijol	38.4	717.3	40.2	727.9	33.0	589.5
Maíz	33.5	286.5	32.9	287.4	28.7	295.8
Avena forrajera	6.4	57.7	7.6	56.2	5.1	116.1
Cebada grano	0.3	5.0	0.1	3.6	0.7	3.9
Chile	34.3	0.0	36.6	0.0	39.5	0.0
Nopal tunero	0.0	14.7	0.0	15.1	0.6	16.2
Guayabo	5.7	0.0	5.0	0.0	5.1	0.0
Alfalfa	8.6	0.0	8.9	0.0	9.5	0.0
Duraznero	2.9	23.5	2.9	18.6	3.2	12.6
Vid	4.4	0.0	4.1	0.0	3.6	0.0
Total	153.7	1,155.5	158.8	1,071.5	153.1	1,123.3

Fuente: INEGI, 2001, 2003 y 2005.

Superficie, producción y rendimiento de maíz en Zacatecas

Riego

En promedio, del año 2002 al 2004 se sembraron 32 mil 620 ha de maíz de riego en el Estado (Tabla 12A). Esta superficie relativamente alta se debió a los apoyos económicos gubernamentales, al uso de híbridos de alta productividad y a la aplicación de mejores tecnologías de producción. Lo anterior ha permitido que muchos productores obtengan altos rendimientos y rentabilidad, ellos mismos se han convencido de que al sembrar en riego y emplear una tecnología de producción adecuada, se logra una opción económica que se puede utilizar en un sistema de rotación de cultivos; complementado con un programa de uso eficiente del suelo (Luna y Zárate, 1994).

Hace algunos años aún se registraban superficies de maíz de riego en la entidad que no se fertilizaban. En la actualidad se fertiliza el 100%; pero muchos productores lo hacen con una dosis de 40 a 50% menor a la recomendada, con ello no se aprovecha con eficiencia el agua de riego, el espacio y el potencial productivo de las variedades que se siembran. En algunos casos, como en el de las siembras de «medio riego» y «punta de riego», se justifica la aplicación de dosis inferiores a las establecidas para siembras de riego completo, puesto que la planta no dispone del agua requerida para mostrar el máximo potencial genético de producción.

El promedio de producción de maíz de riego antes de 1992 era menor a las 80 mil ton; no así en el periodo 2002 al 2004, cuando se alcanzó las 125 mil ton (Tabla 13A). El incremento fue consecuencia de la ampliación de la superficie sembrada (Tabla 12A) y de las mejoras en el rendimiento unitario (Tabla 14A). La producción en los últimos cinco años ha representado más del 75% de los requerimientos anuales para la alimentación humana. Pese a esto, el rendimiento medio estatal del maíz, en condiciones de riego, es aún bajo respecto al potencial que se puede alcanzar (Luna y Gutiérrez, 2000). La producción de maíz de riego comprende más del 40% de la producción estatal, a pesar de que se obtiene únicamente en el 12% de la superficie sembrada con ese cultivo.

Los rendimientos unitarios de maíz de riego en Zacatecas son bajos (Tabla 14A), ya que no se aplica suficiente fertilizante y agua de riego, otras causas son: bajas densidades de plan-

tas, siembra a destiempo y con variedades de bajo potencial de rendimiento, entre otras razones. Cabe mencionar que con una fertilización deficiente, el rendimiento desciende un 30%, situación que no ocurre cuando se aplica la dosis correcta en la época recomendada.

El distrito de desarrollo rural (DDR) que más siembra maíz de riego es Fresnillo, y es también el que registra los más altos rendimientos por hectárea; le siguen Jerez, Ojocaliente, y Zacatecas. En estos cuatro distritos se siembra casi el 80% de la superficie total de maíz de riego de la entidad (Tabla 6).

TABLA 6. DISTRITOS DE DESARROLLO RURAL DE ZACATECAS QUE SIEMBRAN MÁS MAÍZ DE RIEGO

Distrito	Superficie (ha)			Rendimiento (kg/ha)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Fresnillo	9,343	8,858	8,077	39,800	4,850	5,560
Ojocaliente	5,723	6,210	5,283	2,940	3,640	3,390
Jerez	5,559	5,507	5,885	3,830	3,490	3,870
Zacatecas	5,538	5,315	2,642	3,150	5,470	4,810

Fuente: Oeidrus, 2006.

Los municipios que siembran un mayor número de hectáreas de maíz de riego son Fresnillo, Jerez, Río Grande, Villa de Cos y Villanueva. Si bien en Fresnillo se obtiene el más alto rendimiento medio, en varios municipios algunos productores han superado las 8 ton/ha (Tabla 7).

TABLA 7. MUNICIPIOS DEL ESTADO DE ZACATECAS DONDE SE SIEMBRA MÁS MAÍZ DE RIEGO

Municipio	Superficie (ha)			Rendimiento (kg/ha)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Fresnillo	8,572	8,240	7,710	3,980	4,900	5,600
Villanueva	2,216	2,230	2,515	3,610	3,120	3,630
Jerez	2,249	2,340	2,440	3,980	3,800	4,050
Villa de Cos	2,500	1,370	1,160	3,100	3,600	4,900
Río Grande	1,448	1,572	1,230	3,500	2,300	3,000
Suma o promedio	16,985	15,752	15,055	3,676	4,110	4,602
Estatal	32,900	32,800	32,900	3,600	4,050	4,250

Fuente: Oeidrus, 2006.

Temporal

Antes de 1975 el promedio de siembra de maíz de temporal alcanzaba las 500 mil ha, años después bajó a 455 mil. Para finales de la década de los ochenta el promedio fue inferior a las 400 mil ha, y de 1994 al 2004 se sembraron cerca de 300 mil por año (Tabla 15A). La disminución en la superficie se debe al incremento del área sembrada con frijol, la cual pasó de 418 mil ha en 1980 a más de 600 mil en la actualidad. La superficie sembrada varía cada año porque depende de la fecha en que inicia la temporada de lluvias: si comienza pronto se puede sembrar antes del 10 de julio como sucedió en 1990, 2000 y 2004, en este caso se siembra más maíz que cuando llueve tardíamente, lo que por desgracia ocurre la mayoría de los años.

Del 2002 al 2004 se perdió, en promedio, el 1.2% del área sembrada con maíz de temporal en el Estado —esto se obtiene de restar la superficie cosechada a la superficie sembrada— (Tablas 16A y 15A). El promedio de siniestro de 1999 al 2001 fue de 36% y de 1996 a 1998, 17%; el detrimento se debió casi en su totalidad a la falta de agua. En años como 1995, 1999 y 2000, el área dañada fue muy alta (más de 40%), mientras que en otros, como del 2002 al 2004 fue baja. En los primeros se registraron menos de 260 mm de precipitación en el ciclo de cultivo, deficientemente distribuidos; en los segundos, más de 400 mm repartidos durante todo el ciclo de cultivo (base de datos del CEZAC-INIFAP).

La producción de grano de maíz de temporal en Zacatecas es variante (Tabla 17A) porque depende de la superficie que llega a cosecharse, del rendimiento unitario, y el que ambos estén condicionados por la distribución y cantidad de la lluvia que se registra en el ciclo de cultivo. Por ejemplo, en 1989, 1992, 1993, 1997, 1999 y 2000, se obtuvieron entre 73 mil y 136 mil ton de grano de maíz de temporal en el Estado. No ocurrió lo mismo en 1990, 2002, 2003 y 2004, puesto que las cifras oscilaron entre 254 mil y 390 mil ton. La producción de 1990 fue cinco veces mayor que la de 1989, aunque la precipitación pluvial de este último (253 mm) fue de casi la mitad que la de 1990 (490 mm), distribuidos en el ciclo de cultivo. Los años 1989, 1992, 1997, 1999 y 2000 se consideraron atípicos desfavorables porque se obtuvo una producción muy inferior a la media histórica estatal. Los años de 1990, 2002, 2003 y 2004 se calificaron como atípicos favorables, derivado de que la producción fue superior a la media histórica estatal. Por lo regular, los años con más baja producción coinciden con los de la mayor área dañada y los de alta producción con los de menor área.

A través de los años los rendimientos medios de maíz de temporal han sido tan cambiantes como la producción y la superficie sembrada, a causa de la variación en la cantidad y distribución de la lluvia (Tabla 18A). El rendimiento medio de grano de los años con alto porcentaje de siniestro y baja producción (1989, 1992, 1993, 1997, 1999 y 2000) fue de 517 kg/ha, en tanto que el de 1990, 2002, 2003 y 2004 fue de mil 35 kg/ha. Algunos ejemplos del efecto negativo de la lluvia sobre el rendimiento medio de maíz de temporal en el Estado fue el que se dio en 1989, cuando se obtuvieron 391 kg/ha del cereal y una precipitación de 253 mm en el ciclo de cultivo, contra mil 18 kg/ha en 1990 y una precipitación de 490 mm; así como el de 1992, año en que se consiguieron 290 kg/ha y 280 mm, en oposición a los mil 230 kg/ha y 540 mm de 2003 (Tabla 18A).

Casi la totalidad de la precipitación de 1989 y 1992 se registró antes de que las plantas de maíz alcanzaran el 50% de la floración masculina, la carencia de agua en la etapa fenológica y durante el llenado del grano afectaron su rendimiento. En 1990 y 2003 prácticamente no hubo deficiencia de agua en ninguna etapa fenológica del cultivo. Con base en datos de la Delegación Estatal de la SAGARPA, se derivó que de 1997 al 2001 el rendimiento medio estatal de maíz de temporal en la superficie fertilizada fue de 950 kg/ha y en la no fertilizada de 340 kg/ha; esta disminución se debió además a que la superficie se localizaba en áreas con precipitación deficiente para el cultivo.

En los distritos de Jalpa, Río Grande y Tlaltenango se fertiliza casi el total del área de maíz de temporal porque la precipitación es por lo regular buena. No sucede lo mismo en lugares donde la precipitación es muy escasa, como es el caso de Concepción del Oro, Ojocaliente y Zacatecas. En Jalpa, el rendimiento medio de maíz de 1997 al 2001 en la superficie fertilizada fue de 950 kg/ha, y en la no fertilizada de 340 kg/ha; en Jerez fue de 810 kg/ha y de 315 kg/ha; en Fresnillo, de 525 kg/ha y 435 kg/ha. Esta es una muestra del incremento en el rendimiento del maíz de temporal con el uso de tecnología. Pese a que se ha observado respuesta en el ciclo de cultivo con precipitaciones de 150 mm, sólo se recomienda fertilizar donde llueve en forma regular.

Los DDR del Estado que siembran más maíz de temporal en la actualidad son Ojocaliente con 79 mil ha y Río Grande con 64 mil; les siguen Fresnillo, Jerez y Zacatecas (Tabla 8). En Río Grande se registran condiciones ecológicas regulares, por lo que el promedio del área que se pierde es del 23%; no así en Ojocaliente y Zacatecas, áreas en que las condiciones para el cultivo de maíz de temporal son limitadas, y los siniestros abarcan en promedio el 44% de la superficie sembrada. Aun así los productores continúan sembrando

maíz, ya que no han encontrado una alternativa mejor; además su interés principal es lograr rastrojo, el cual se obtiene aunque las precipitaciones sean bajas, después lo venden o utilizan para alimentar a su ganado de traspatio. Los distritos con menor perjuicio son los que tienen las mejores condiciones para sembrar maíz de temporal, tal es el caso de Tlaltenango con el 6% y Jalpa con el 14%.

Las condiciones limitantes para el cultivo de maíz de temporal no sólo abarcan los DDR de Ojocaliente y Zacatecas, también se observan en algunas zonas de Fresnillo, Jerez y Río Grande; las más drásticas ocurren en Concepción del Oro, donde se siembra una superficie pequeña. Como se mencionó antes, la superficie media sembrada con maíz de temporal en el Estado ha disminuido: en Fresnillo se sembraron 53 mil ha durante el periodo de 1983 a 1988, cifra que no se alcanzó del 2001 al 2004, pues llegó únicamente a 38 mil; en Río Grande se pasó de 105 mil a 64 mil ha y en Jalpa de 55 mil a 33 mil ha. Si bien las deficiencias en las condiciones ecológicas para el cultivo de temporal fueron notorias, en Ojocaliente no se advirtió tal reducción (Tabla 15A).

La producción más alta de grano de maíz en la entidad se manifiesta en Río Grande, donde las condiciones para el cultivo de temporal son regulares, le siguen Fresnillo, Jalpa, Jerez y Ojocaliente; este último presenta una superficie alta en comparación con los otros (Tabla 8). Los mayores rendimientos se ubican en Tlaltenango, Jalpa y Río Grande ya que su precipitación, temperatura y ciclo de cultivo son más aptos para la producción del maíz.

TABLA 8. SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DE MAÍZ DE TEMPORAL EN LOS DISTRITOS DE DESARROLLO RURAL DEL ESTADO DE ZACATECAS (PROMEDIO DE 2002–2004)

Distrito	Superficie (miles ha)		Producción (miles ton)	Rendimiento (kg/ha)
	Sembrada	Cosechada		
Ojocaliente	79.3	78.5	31.1	396
Río Grande	64.4	63.9	128.5	2,011
Zacatecas	42.3	42.1	27.7	658
Jerez	39.7	39.2	31.1	793
Fresnillo	39.1	38.8	35.6	918
Jalpa	28.4	28.4	38.9	1,368
Concepción del Oro	13.8	13.4	3.9	295
Tlaltenango	11.7	11.5	27.7	2,404
Estatal	318.7	315.8	324.5	1,028

Fuente: Oeidruss, 2006.

Aunque en varios de los DDR llueve poco (Concepción del Oro, Ojocaliente, Zacatecas, y algunas áreas de Fresnillo, Jerez, y Río Grande), en todos los municipios del Estado se siembra maíz de temporal.

TABLA 9. MUNICIPIOS DEL ESTADO DE ZACATECAS
CON MAYOR SIEMBRA DE MAÍZ DE TEMPORAL

Municipio	Superficie (ha)			Rendimiento (kg/ ha)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Pinos	18,250	32,572	40,600	400	350	600
Fresnillo	19,196	25,840	22,100	470	1,210	700
Sombrerete	11,146	25,411	24,950	2,001	2,370	2,210
Villanueva	19,773	18,022	19,370	540	660	650
Valparaíso	14,483	14,375	14,850	900	1,570	850
Francisco R. Murguía	14,716	12,971	9,052	1,500	1,880	1,520
Ojocaliente	9,363	9,722	8,600	400	350	600
Jerez	9,158	8,940	8,720	590	1,000	1,000
Río Grande	9,963	8,638	7,403	1,910	2,600	1,320
Nochistlán	8,687	8,762	8,800	1,600	1,910	1,400
Pánfilo Natera	7,062	6,400	8,944	510	490	300
Chalchihuites	9,050	5,402	6,130	1,940	2,550	2,410
Promedio	150,847	177,055	179,519	958	1,302	990
Estatal	287,400	320,000	295,800	890	1,230	1,000

Fuente: Oeidrus, 2006.

Número y tipo de productores

La Delegación Estatal de SAGARPA indica que cada año alrededor de 8 mil productores siembran maíz de riego en el Estado; de los años 2002 al 2004 se sembraron 32 mil ha y la superficie media por productor fue de 4 ha. Según Luna

y Zárate (1994), la mayoría de los productores agrícolas de riego siembran de 2 a 4 ha con maíz; son pocos los que tienen entre 5 y 19 ha y un número limitado supera dicha cantidad. Los productores siembran en mayor proporción frijol, chile, diferentes hortalizas y, en algunas regiones, alfalfa. Salazar (2000) señala que el 90.1% de los productores de riego de la entidad siembran poca superficie y sólo el 9.9% lo hacen en más de 20 ha; esta superficie incluye todos los cultivos.

Luna y Zárate (1994) mencionan que en el área de buen temporal del Estado (región de Los Cañones de Tlaltenango y Juchipila), la superficie media de maíz por productor varía de 3 a 5 ha; en el resto de su dotación media de tierra, la cual es de 8 a 12 ha, cultivan principalmente guayabos y hortalizas. En el área de temporal regular (DDR de Río Grande, Valparaíso, Monte Escobedo, etcétera), los productores siembran en promedio entre 10 y 30 ha con maíz (en Río Grande el cultivo principal es el frijol). No ocurre lo mismo en el área de temporal deficiente (Centro del Estado: Calera, Fresnillo, Francisco R. Murguía, Guadalupe, Jerez, Morelos, Ojocaliente, Villanueva, entre otros), donde el promedio de siembra de cada uno es menor a las 2 ha con maíz y el cultivo predominante es el frijol.

La mayoría de los productores agrícolas de Zacatecas son considerados por la superficie que poseen y siembran como de pequeña escala: 85.6% tienen entre 1.5 y 9.5 ha en total, en temporal la proporción es semejante. Muchas de las parcelas bajo riego no cuentan con agua suficiente para lograr los mejores resultados en cuanto a potencial de rendimiento económico, como ocurre en los predios regados con agua de presas, bordos y pozos colectivos (Salazar, 2000). El mismo autor indica que entre menor es la superficie sembrada, lo es también la venta de los productos agrícolas, es decir, mayor es la producción para autoconsumo. De 355 mil 751 personas que se dedicaron a las labores del campo en 1991, únicamente 42 mil 728 recibieron alguna remuneración; lo que significa que el 88% trabajaron sin mano de obra asalariada.³ Un caso similar ocurrió con el uso de insumos: 59.5% de las unidades de producción de 1991 eran total o parcialmente mecanizadas y un porcentaje semejante utilizaba otros insumos, en su mayoría el fertilizante.

³ A medida que el tamaño del predio es mayor, lo es también la cantidad de mano de obra asalariada.

En una encuesta realizada a 559 productores agrícolas de la Franja Agrícola Central del Estado, Ramírez (1993) encontró que 26.5% de ellos se clasificaron como de infrasubsistencia (IS), 38.5% de subsistencia (SU), 24% como excedentarios (EX) y 11% empresariales (EM). La distribución se basó de acuerdo con el valor de la producción que obtenían, relacionada con el salario mínimo; los dos primeros niveles recibían apoyo económico de familiares emigrados. El autor señala que de los IS, 23% realizan únicamente actividades agrícolas, 73% son además asalariados y 6% trabajan también en la construcción o servicio; en el mismo orden, los de SU: 43%, 50% y 7%; EX: 56%, 34% y 10% y los EM: 68%, 16% y 16%. Luna y Zárata (1994), Ramírez (1995), Cervantes (1996) y otros autores, han indicado que la mayoría de los productores agrícolas no pueden sobrevivir sólo de lo que obtienen de sus terrenos, ya que éstos son muy pequeños y sus condiciones de cultivo son limitadas. Por lo tanto, tienen que realizar otro tipo de actividades para sobrevivir o dependen en gran medida de los recursos que reciben de sus familiares emigrados.

Usos

Antes de 1995 todos los productores que sembraban maíz en la entidad lo hacían con la finalidad de obtener grano y rastrojo (Luna y Zárata, 1994). Si se toma en cuenta que el consumo humano medio de grano de maíz *per cápita* era de 120 kg, teóricamente se requerían 156 mil ton por año para satisfacer la demanda estatal; sin embargo, en promedio se alcanzaban 256 mil ton por lo que restaban 100 mil. A esta cantidad se sumaban en promedio 60 mil ton que DICONSA importaba cada año en otras entidades, pues tenía el compromiso de surtir a las tortillerías.

Si bien el «sobrante» era de 100 mil ton, dicha importación se debió a que la mayoría de la cosecha de maíz en la entidad se realizaba a partir de la unión de la planta y el grano. Ambos se molían y eran utilizados como alimento de ganado, lo que proporcionaba una mayor ganancia que si cortaban o se vendían por separado. Esta práctica era más común en las siembras de temporal que en las de riego y era norma en la región de Los Cañones y de regular temporal (Monte Escobedo, Río Grande, Valparaíso, etcétera). Desde 1995, la siembra de maíz en Zacatecas se hizo con la intención de producir forraje.

En la actualidad pocas familias siguen elaborando tortillas como se hacía en el pasado ya que ahora, por comodidad, las adquieren en tiendas o tortillerías. Los productores que tienen animales y terreno de siembra se autoabastecen de forraje para alimentar a su ganado y de semilla para la siembra, de tal manera que por lo menos en los dos años siguientes puedan contar con una reserva. De igual modo, ellos mismos consumen algo de grano a través de la preparación de tamales y atole, en ocasiones guardan provisiones para vender a las tortillerías. Muchos productores siembran maíz para molerlo y venderlo como forraje.

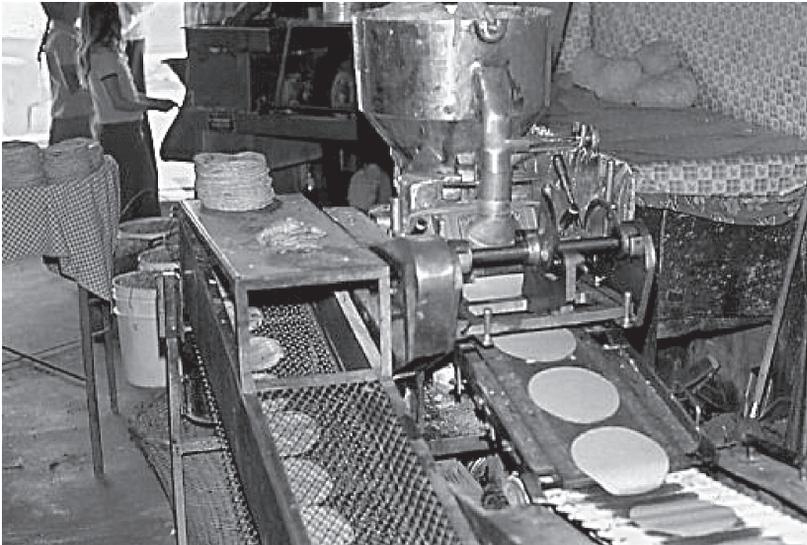


Figura 1. Pocas familias del estado de Zacatecas continúan elaborando tortillas caseras, ya que por comodidad las compran en tiendas o tortillerías.

De la cosecha de maíz de riego gran parte de grano, rastrojo y una pequeña porción de la de temporal (principalmente en la región central del Estado) se vende por separado. Según la delegación estatal de la SAGARPA, en 1999 el precio del grano fue de mil 700 pesos por tonelada, el del rastrojo sin grano de 500 a mil pesos, y el rastrojo con grano de 2 mil a 3 mil pesos.⁴

⁴ Para separar el grano del rastrojo se requirió más trabajo e inversión económica, que si se hubieran triturado juntas la planta y la mazorca.

Cuando se siembran superficies grandes es posible contar con maquinaria para hacer todas las labores de forma mecánica, por lo que se gasta menos que con el trabajo manual. Si en una siembra de maíz de temporal de Sombrerete se obtiene 1 ton/ha de grano y una de rastrojo sin grano, a un precio de venta de mil 700 pesos por tonelada de grano y mil pesos por tonelada de rastrojo sin grano, el productor conseguiría 2 mil 700 pesos en total. En cambio, a un precio de venta de 2 mil pesos de rastrojo con grano, alcanzaría 4 mil pesos; no obstante, en el primer caso el productor gastaría más debido a las maniobras que deben hacerse para separar el grano del rastrojo. Esto no siempre sucede así, a veces aunque el precio del rastrojo con grano sea bajo, la cosecha se transforma en productos remunerativos como carne, leche, queso, requesón, huevo, entre otros.



Figura 2. La mayoría de las siembras de maíz en Zacatecas tiene como fin el uso forrajero.

CAPÍTULO II



BOTÁNICA Y ECOLOGÍA



Clasificación lineana y reproductiva

El maíz corresponde al reino vegetal, división *tracheophyta*, subdivisión *pteropsidae*, clase *angiospermae*, subclase *monocotyledonae*, grupo *glumiflora*, orden *graminales*, familia *gramineae*, tribu *maydeae*, género *zea* y especie *zea mays* (Luna, 2006). El maíz es una planta alógama porque es monoica, esto significa que es de polinización cruzada, lo que permite que tenga una gran diversidad genética.

Las flores del maíz son incompletas: las masculinas están localizadas en la parte superior de la planta y las femeninas más abajo, ambas en inflorescencia en panícula. En México es común llamarle espiga a la inflorescencia masculina. Por lo general la planta es *protandra*, es decir, que maduran primero los gametos masculinos que los femeninos.

Diversidad genética

Hasta 1987 existían en el banco de germoplasma de maíz de México casi 10 mil colectas mexicanas de tal especie y unas 2 mil de maíz extranjero (Ortega *et al.*, 1991); éste es un ejemplo de la gran diversidad genética existente del cereal. Puesto que 12 mil poblaciones diferentes de maíz eran una cantidad muy grande para reconocimiento y uso, las colectas se dividieron en razas. La clasificación se hizo en un principio basándose en las características morfológicas de la mazorca, el grano, el olote y la espiga; posteriormente se consideraron el número de nudos del tallo principal, número de hijos, etcétera. Las primeras 25 razas son resultado del estudio de Welhausen, *et al.* (1951) y se enuncian a continuación.

- *Razas indígenas antiguas*: palomero toluqueño, arrocillo amarillo, chapalote, Nal-Tel.
- *Razas exóticas precolombinas*: cacahuacintle, harinoso de ocho, olotón, maíz dulce.
- *Razas mestizas prehistóricas*: cónico, reventador, tabloncillo, tehua, tepecintle, comiteco, jala, zapalote chico, zapalote grande, pepitilla, olotillo, tuxpeño, vandeño.
- *Razas modernas incipientes*: chalqueño, celaya, cónico norteño, bolita.

Sánchez y Goodman (1992) señalan 50 razas clasificadas de maíz en México: apachito, azul, onaveño, conejo, musito, blando de Sonora, dulcillo del noroeste, elotes cónicos, palomero de Chihuahua, dulce de Jalisco, serrano de Jalisco, cristalino de Chihuahua, gordo, perla, bofo y elotes occidentales; además de las que se mencionaron con anterioridad.



Figura 3. La diversidad genética, morfológica y fisiológica del maíz es única.

*Morfología*⁵

Raíz

Al germinar una semilla de maíz se forma de una a cuatro raíces pequeñas, pero en la mayoría de los casos se producen tres, a tal conjunto se le conoce como radícula. Esta última deja de funcionar en pocos días y muere, pero antes comienza a generarse gran cantidad de raíces a partir del cuello o corona de la plántula, lo que constituirá una raíz fibrosa. De las raíces se crean ramas primarias, de ellas secundarias, luego terciarias, y así sucesivamente. En algunas se forman pelos radicales mediante los que se lleva a cabo casi el total de absorción de agua y nutrimentos que la planta necesita para su desarrollo y crecimiento, por cada planta se generan millones de estos pelos. La raíz también sirve de «enclaje» y sostén a la planta. En general,

⁵ La información empleada en este apartado fue extraída de Luna, 2006. México, pp. 4–50; Madrid, 2003. México, pp. 8–19; Faiguenbaun, 1990. Chile, pp.51–73.

del primero o primeros nudos del tallo se producen raíces adventicias gruesas y de pequeña longitud, que tienen la propiedad de absorber agua y nutrimentos así como ayudar a que la planta permanezca vertical.

Tallo

Aproximadamente veinticuatro horas después de emergida la raíz se aprecia la plúmula que da origen al tallo(s), a las hojas e inflorescencias. A través del tallo se transporta el agua, los nutrimentos y las sustancias nutritivas de la planta; también sirve como almacén de éstos y sostén de las hojas, flores y frutos. Del tallo principal de la planta de maíz se pueden desarrollar varias ramas o «hijos», que en la mayoría de los casos nacen del nudo inferior y son capaces de producir espiga y mazorca. Existe la posibilidad de que haya ramas que se desarrollen de nudos superiores.

Un tallo principal maduro tiene de 8 a 21 nudos; en cada uno existe una yema axilar que rara vez desarrolla, excepto la(s) que da origen a la mazorca. Los entrenudos más bajos son en general más gruesos y cortos que los superiores, y llegan a medir entre 5 y 40 cm de longitud. Por su parte, el tallo principal de una planta madura llega a medir desde menos de 50 cm, hasta más de 6 m de longitud. En su nivel medio, el diámetro en una planta madura puede ser de menos de uno hasta más de cuatro centímetros. Un tallo bien desarrollado remata en una panícula masculina y forma una o más panículas femeninas o mazorcas.

Hojas

La función primordial de las hojas es la fotosíntesis, origen de las sustancias nutritivas necesarias para el desarrollo y crecimiento de las células, tejidos y órganos de la planta, como de los productos que el hombre obtiene de ella: carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas, madera, entre otros. Sirven también de almacén y transporte de agua y sustancias nutritivas, ayudan a regular el contenido de agua de la planta, entre otras propiedades. Las hojas de la planta de maíz emergen alternadamente de los nudos de cada tallo, por lo tanto el número de hojas es igual al de nudos. A los treinta días de la germinación ya se han generado los nudos y las hojas. Al principio, las hojas crecen de manera apical y después en todos sentidos, hasta llegar a la forma final.



Figura 4. Una planta de maíz puede llegar a medir desde menos de 50 cm hasta más de 6 m de altura.

La hoja de maíz es paralelinerve y está constituida por vaina, lígula, limbo o lámina. La vaina es envolvente y con extremos desunidos, puede ser de color verde oscuro, verde limón, o con ciertas tonalidades moradas y presentar o no pilosidad. La lígula es incipiente. El limbo es sésil (no tiene pecíolo), plano y de longitud y anchura variable. La hoja madura de la mazorca mide desde menos de 30 cm hasta más de 15 m de largo y de 2 cm hasta superar los 15 cm de anchura en la parte más amplia. Las hojas del nivel inferior y superior de la planta son más pequeñas que las de en medio.

Flores

Dentro de las flores se forman los óvulos y los granos de polen, en los que a su vez se encuentran los gametos femeninos y masculinos, respectivamente. De la fusión y crecimiento de estos se formarán las semillas o frutos (en el maíz la semilla es también el fruto). La planta de maíz es monoica: produce inflorescencia masculina en la parte extrema de cada tallo y una o más femeninas en algunos nudos inferiores de uno o más tallos. Dos o tres días después de formadas las hojas y nudos de la planta de maíz, comienza a diferenciarse la inflorescencia masculina, la cual queda desarrollada por completo en seis u ocho días. Las flores estaminadas (masculinas) se ubican en espiguillas que se localizan en ramas de la inflorescencia denominada «espiga», pero que en realidad es una panícula abierta. Cada flor consta de lema y palea, que están insertadas de dos en dos y contienen tres estambres, los que a su vez constan de filamento y antera, en esta última se desarrollan los granos de polen.



Figura 5. Inflorescencias masculina y femenina del maíz.

Las flores femeninas o pistiladas están distribuidas alrededor de un soporte central llamado «raquis» (olote cuando la planta ha madurado); que representa una panícula cerrada en la que las ramas están unidas. Asimismo se encuentran divididas de dos en dos, por esa razón la mazorca consta siempre de un número par de hileras. Cada flor está formada de un ovario y un estilo con gran cantidad de estigmas en todo su largo. La inflorescencia femenina, antes de la polinización se denomina «jilote», después «estado lechoso», porque el grano guarda tal aspecto. Poco antes del estado «lechoso–masoso» se nombra elote y cuando ha alcanzado la madurez «mazorca». Los jilotes están cubiertos por espatas, hojas modificadas que nacen de nudos muy cortos y que constituyen una rama. En algunas variedades de maíz de Zacatecas se han contado de siete a nueve espatas.

Fruto

El fruto del maíz es igual al grano o semilla y botánicamente corresponde a un *cariópside*. Para su formación debe haber polinización, germinación del grano de polen en el estilo o estigma, crecimiento del tubo polínico, fertilización, fecundación, además del aumento del tamaño y división de las células huevo, que darán origen al embrión y al endospermo. El pericarpio se formará a partir de los tegumentos del saco embrionario.

La semilla de maíz está integrada por pericarpio, capa de células de aleurona, endospermo y embrión. El último consta de *escutelum* o cotiledón, coleoptilo, plúmula, primeras hojas, células epiteliales, radícula, cofia o pilorriza, coleorriza y *asculentum* (Figura 6).

El pericarpio es la pared del ovario desarrollado y maduro. La aleurona se forma de células ricas en proteína y se consume durante la germinación. El endospermo es un tejido nutritivo que se produce en el saco embrionario a partir de la unión de un gameto masculino y el núcleo polar $2n$; por lo tanto, tiene células $3n$. Éste se constituye principalmente de almidón y se consume durante las primeras etapas de crecimiento de la planta. El embrión se compone por el coleoptilo, la plúmula, la radícula, entre otros tejidos y es el que más tarde dará lugar a la nueva planta.

Los granos se encuentran adheridos a un receptáculo conocido como olote, tal conjunto forma la mazorca. Una mazorca tiene de ocho a más de 30 hileras de granos, si se genera en un cultivo de riego presenta de 500 a 700 granos en total, y en un cultivo de temporal como el del altiplano del Estado, de 250 a 400 granos.

Normalmente una planta tiene una o dos mazorcas pero llegan a tener más; pueden no amacollar o tener hasta quince tallos en promedio («hijos»).

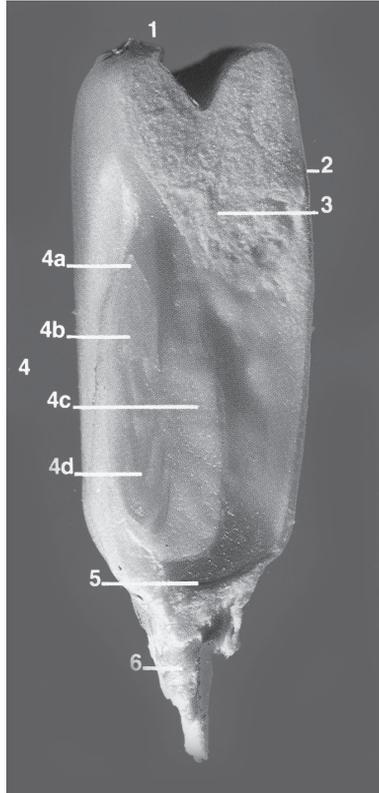


Figura 6. Corte del grano de maíz (1= cicatriz del estilo, 2= pericarpio, 3= endospermo, 4= embrión, 4a= coleoptilo, 4b= plúmula, 4c= *escutelum*, 4d= radícula, 5= capa negra, 6= pedicelo) (Iowa State University, 1982).

El peso de un grano de maíz comercial para forraje o tortillas es de 0.15 a 0.25 gr; su textura puede ser cristalina, opaca, harinosa, o intermedia. Los granos que más se cultivan son de testa blanca o amarilla de diferentes tonalidades, aunque existen también rojos, guinda, azules, negros, rosas, jaspeados; además de que pueden tener diferente forma. Una mazorca mide desde menos de 10 cm de longitud hasta más de 50 (como por ejemplo las de la raza jala), pero la longitud más común en los maíces comerciales es de 14 a 18 cm.

Fenología⁶

Cuando existe humedad, oxígeno y una temperatura ambiente de 20 °C, una semilla viable de maíz comienza de inmediato a imbibirse, este proceso dura unas 36 horas hasta que alcanza el máximo de agua absorbida (35 a 40% de su peso). En cuanto se presenta más humedad en el grano, inicia una actividad enzimática que desencadena una serie de reacciones químicas, entre las que destaca la hidrólisis de las sustancias de reserva del grano.

Después empieza el transporte de sustancias alimenticias a los puntos de crecimiento del embrión y en ellos la división celular; comienza también el crecimiento de la radícula y luego el de la plúmula. Alrededor de 48 horas, una vez que ha iniciado la imbibición, la radícula rompe la testa del grano y continúa su crecimiento hacia fuera, este fenómeno es conocido como germinación, aproximadamente al siguiente día emerge la plúmula.

Si una semilla de maíz de 250 mg de peso está sembrada a 8 cm de profundidad y cuenta con las condiciones ambientales ya indicadas, la plántula emerge de seis a ocho días después de la siembra. Unos milímetros antes que la plántula emerja comienza a formar clorofila, lo que producirá casi de inmediato la fotosíntesis. A partir de ese momento podrá valerse por sí misma como individuo independiente y cada vez hará menos uso de las sustancias de reserva de la semilla (Figura 7).

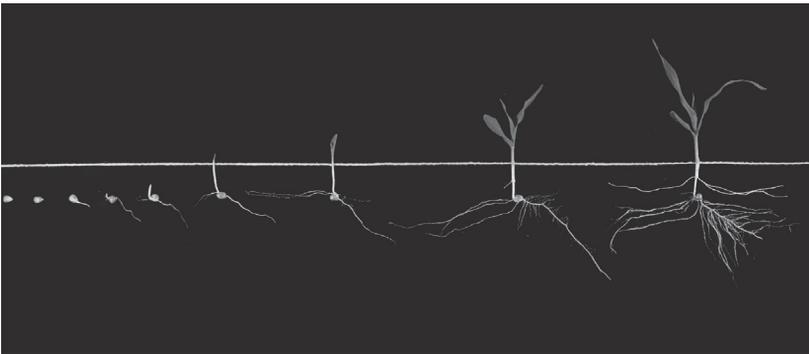


Figura 7. Germinación y emergencia del maíz
(Iowa State University, 1982).

⁶ Este apartado se elaboró con base en los siguientes autores: Luna, 2006. México, pp. 5–50; Rosengurt *et al.*, 2001, pp. 154–159; Faiguenbaun, 1990. Chile, pp. 51–75; Hanway, 1966. EUA, p. 17.

En las dos primeras semanas las hojas de la planta de maíz se forman de una cada tres días, la siguiente semana una por día, la cuarta 1.5 por día y después hasta tres por día, durante este proceso la raíz continúa creciendo. Luego de 15 a 18 días de la siembra la plántula se afianza y su constitución es de cinco a seis hojas, por lo que ya no depende de la semilla. A las cuatro o cinco semanas de la siembra, la planta cuenta con su sistema radical definitivo, se ha arraigado y desarrollado el total de hojas y nudos. Cuando la planta alcanza los 50 cm de altura, sus raíces se cruzan con las de las plantas vecinas, y alcanzan una profundidad de casi 50 cm.



Figura 8. A las cuatro semanas de sembrada, una planta de maíz ha formado sus hojas, entrenudos y espiga masculina; sólo les falta crecer (Iowa State University, 1982).

De acuerdo con la precocidad del genotipo y la disponibilidad de agua, nutrientes, luz solar, bióxido de carbono y calor, la inflorescencia masculina se genera de 20 a 40 días después de la siembra. La planta mide entonces entre 30 y 50 cm de alto, de 5 a 6 días se forma la panoja masculina e inicia su «crecimiento rápido». Una planta de una variedad precoz de maíz, de 90 a 100 días a madurez fisiológica, forma sus órganos más rápido que una muy tardía, de 140 a 150 días.

La inflorescencia femenina se desarrolla de ocho a diez días, luego de la masculina a partir de una yema axilar, en realidad pueden generarse dos o más. Desde el origen de la espiga hasta que la planta comienza a liberar polen, se necesitan de cuatro a seis semanas para que sean visibles los primeros estilos o estigmas. Esa etapa se denomina de «crecimiento rápido o vegetativo», que es cuando crecen los entrenudos ya formados o diferenciados, así como las hojas.

La tasa de crecimiento de la etapa vegetativa disminuye lentamente después de que se aprecia la aparición de la inflorescencia masculina, en este momento, salvo los dos entrenudos superiores, el resto ha alcanzado su máxima longitud. En los días previos a la liberación del polen, la planta utiliza la mayor parte de su energía en la producción de polen maduro y constitución de la estructura de la mazorca. En esa etapa la planta se encuentra más expuesta a sufrir daños por falta de agua, calor, nutrimentos, CO_2 o luz solar. La planta emplea casi toda su energía en la formación del grano, es entonces cuando desarrolla su actividad fotosintética y metabólica a una velocidad y capacidad superior que coincide con la máxima área foliar.

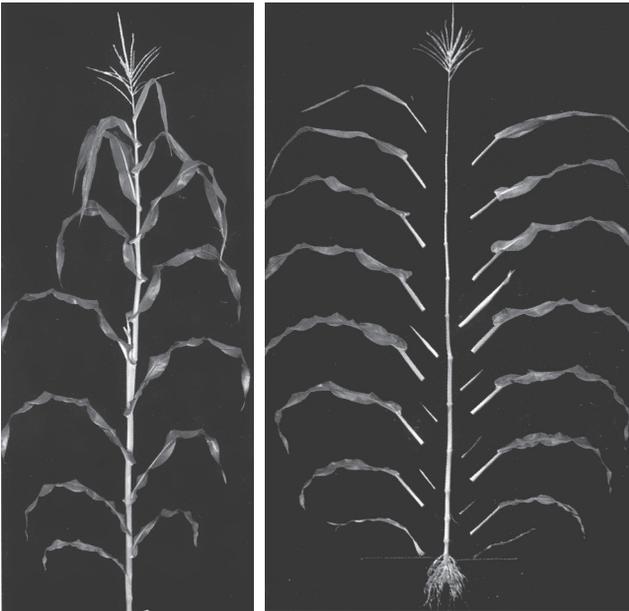


Figura 9. Planta de maíz desarrollada y crecida (Iowa State University, 1982).

Por lo común, una espiga genera polen de seis a doce días y logra su máxima producción del tercer al cuarto día de iniciada; primero comienza a liberarlo en el área apical y termina en la basal. La generación de polen se afecta por sequía o calor excesivos, que se presentan dos o tres semanas antes de su liberación. Se producen de dos hasta más de diez millones de granos de polen por espiga.

En una espiga femenina bien formada, de una variedad de maíz comercial de riego o buen temporal, existen entre 600 y 800 óvulos. En los maíces criollos de temporal de Zacatecas, el número es de 200 a 600. De cada óvulo desarrolla un estilo que se observa en el «jilote» de dos o tres días posteriores al inicio de la liberación de polen; aunque, es necesario resaltar que hay genotipos en los que aparecen primero los jilotes y luego la liberación de polen *protoginia*. En primer lugar, surgen los estilos de los óvulos de la base del jilote y al final los del ápice; de tres a cinco días emerge el total de los estilos. En promedio, en una siembra comercial 90% o más de los estilos de un jilote son polinizados con plantas vecinas, esto se lleva a cabo mediante cruzamiento natural, el resto con polen de la misma planta mediante autofecundación.



Figura 10. Una espiga grande de maíz puede producir hasta más de 10 millones de granos de polen (Iowa State University, 1982).

Cuando hay sequía durante la liberación de polen o desde unos días antes, suele acentuarse la protandria y ocasionar deficiencias en la polinización; esto por falta de polen al momento de la emergencia de los estilos. Unos minutos después de que los granos de polen caen sobre el estilo, ocurren reacciones enzimáticas que muestran la compatibilidad genética entre ellos y comienza a crecer el tubo polínico; en la punta de él se encuentran dos núcleos generativos. Varios granos de polen germinan y desarrollan a través del estilo, el del gameto más vigoroso llega primero al micrópilo del óvulo, penetra a través de una sinérgida y deposita los gametos o núcleos generativos al saco embrionario (fertilización). Un gameto se une con la ovocélula (fecundación) y da lugar al cigote o huevo, el cual de inmediato comienza a crecer y dividirse para formar el embrión. Por lo regular, el otro núcleo generativo se fusiona con el polar (a veces con los dos núcleos polares); ambos forman el endospermo mediante crecimiento y división celular. De la polinización a la fecundación pasan de uno a dos días.

A la semana de la fecundación se pueden observar en el jilote granitos de maíz que inician su crecimiento, como vejigas acuosas. Dos semanas después se distingue el embrión en los granos y la mazorca alcanza su longitud potencial, esto es conocido como estado de elote. A los 40 días de la fecundación, en la parte basal del elote, el grano comienza a acumular almidón y disminuye rápidamente la cantidad de azúcares. Baja también la velocidad de almacenamiento de sustancias nutritivas o materia seca en el grano. En esta etapa, denominada «llenado de grano», es importante el suministro de agua a la planta; su escasez reduce en gran cantidad el rendimiento final de grano, pero no de forma tan drástica como cuando escasea poco y durante la floración.

De los 50 a 60 días de la fecundación, el grano logra el máximo de acumulación de materia seca. En ese momento se genera una capa celular hermética denominada «capa negra» en el punto de inserción del grano con el olote. Ésta impide la salida o entrada de fotosintatos y por tanto la acumulación de materia seca, es entonces cuando el grano y la planta alcanzan la madurez fisiológica. En la etapa de la fecundación a la madurez fisiológica, la planta usa su energía casi exclusivamente para formar el grano. En la madurez fisiológica, el grano contiene 35% de agua con relación a su peso total. En adelante sólo perderá humedad hasta llegar de 14 a 18%, en cuyo caso se podrá cosechar; a esta etapa se le conoce como «secado». El grano comienza a secarse de la corona hacia la punta, el tiempo necesario para tal acción depende de las condiciones ambientales y del genotipo, pueden requerirse de 30 a 60 días para ello.



Figura 11. Maíz en madurez fisiológica.

Cuando el grano y la planta llegan a la madurez fisiológica cesa la actividad respiratoria y fotosintética. El ciclo vegetativo o biológico comprende de la siembra a la madurez fisiológica. Según la FAO (Anónimo, 2000) los maíces se clasifican tomando en cuenta su precocidad, como se indica en la Tabla 10. Ésta se determina por el genotipo de cada planta o variedad, pero puede ser modificada por factores ambientales. Por ejemplo, una variedad de maíz en Calera llega a su madurez fisiológica en 145 días (17 °C de temperatura media en el ciclo de cultivo), y en Tlaltenango lo hace en 135 días (22 °C). La afectan también otros factores como la disponibilidad de agua, de nutrimentos, la cantidad y calidad de la luz.

TABLA 10. CLASIFICACIÓN DE LAS VARIEDADES DE MAÍZ POR SU CICLO VEGETATIVO SEGÚN LA FAO

Denominación	Días entre la nacencia y la madurez fisiológica	Denominación	Días entre la nacencia y la madurez fisiológica
Ultraprecoces	< 80	Ciclo medio	120–130
Muy precoces	80–90	Tardíos	130–140
Precoces	90–100	Muy tardíos	140–150
Semiprecoces	100–120	Ultratardíos	>150

Fuente: Veríssimo (1999).

Genética y genotecnia

El número haploide de cromosomas del maíz es $n=10$. Los cromosomas del maíz son tal vez los más estudiados del reino vegetal. Se han analizado genes para enanismo, albinismo, resistencia a enfermedades, color y forma de grano, androesterilidad, etcétera. En la actualidad se conoce el efecto de varios de los genes.

Un híbrido comercial de maíz está formado con «líneas autofecundadas», las cuales son una población de individuos provenientes de semillas generadas con óvulos y granos de polen de la misma planta. Para obtener las líneas, antes de que los estilos comiencen a emerger del jilote, éste se cubre para evitar su polinización natural.

Cuando los estilos han emergido se polinizan por la mañana con la misma planta y se vuelven a cubrir para evitar que les caiga polen de una planta distinta. El grano formado en la mazorca de la planta constituye la línea de una autofecundación, que se denomina s_1 . Si algunos granos se siembran y en la mejor de las plantas generadas a partir de ellos se realiza la autofecundación, su mazorca constituirá la línea autofecundada s_2 y así sucesivamente. Se considera que a partir de siete autofecundaciones (s_7) la línea es pura, ya que todos sus pares de genes alcanzan la homocigocidad.

Un híbrido de maíz de los que el productor siembra con fines comerciales es la cruce de otros dos híbridos, conocida como híbrido doble o de cuatro líneas. También existen híbridos triples, en este caso un progenitor es una línea o variedad y el otro es un híbrido de dos líneas. En los últimos años se han comenzado a usar híbridos de dos líneas. En México, los híbridos comerciales se originan de líneas s_3 a s_5 , para que se adapten a una amplia gama de ambientes. Lo anterior no sucede en Estados Unidos de Norteamérica pues se originan de líneas s_7 o más autofecundaciones.

En el país, en siembras comerciales de maíz, se usan muchas variedades de polinización abierta o libre. Las variedades son cualquier genotipo que no es híbrido, por ejemplo, una generación avanzada de una línea autofecundada o de un híbrido; una criolla de determinado productor, o una obtenida mediante selección masal o familiar. Una modalidad de variedad de polinización libre es la sintética, la cual se forma al mezclar diversas líneas autofecundadas (normalmente de ocho a doce) o híbridos.

Se conoce como «generación avanzada» a una población de plantas que proviene de las semillas de la cosecha anterior, sin realizar selección genética. La semilla de un híbrido se debe ad-

quirir cada vez que se va a sembrar y no tomarla de generaciones avanzadas, puesto que el potencial de rendimiento es menor y la heterogeneidad de la población de plantas en cuanto a su estructura, resistencia o susceptibilidad genética a diferentes factores, es mayor que la del híbrido original. A tal fenómeno se le nombra «degeneración». Una variedad de polinización libre no se degenera si no se contamina con el polen o la semilla de otra población y se evitan las selecciones dirigidas que pudieran conducir a ello.

Maíces mejorados en México

El mejoramiento genético de maíz en México comenzó de manera formal en los años cuarenta y continuó así, prueba de esto fue la creación de la Oficina de Estudios Especiales (1943) y el Instituto de Investigaciones Agrícolas (1947), hoy desaparecidos. Para 1907 se había fundado el primer campo experimental donde se trabajó el maíz, incluso antes de ese tiempo la Escuela Nacional de Agricultura (ahora Universidad Autónoma Chapingo) ya lo había hecho (Luna y Gutiérrez, 1998). Desde la década de los cuarenta se hizo énfasis que las condiciones ambientales asociadas a la altitud, influían sobre el comportamiento de los genotipos de maíz. Se observó que los genotipos que mostraban un buen comportamiento en el Trópico Húmedo (TH), no lo hacían en Valles Altos (VA) y a la inversa; lo mismo pasaba con genotipos del Bajío en el Trópico o en Valles Altos (Véase Tabla 11).

Desde aquellos años se han llevado a cabo programas de mejoramiento genético específicos para cada región. A los maíces mejorados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias (INIFAP), se les asigna un número de acuerdo con la altitud y tipo de siembra: se antepone una «H» si el maíz mejorado es híbrido, una V si es variedad o VS si es variedad sintética; rara vez un maíz mejorado lleva un nombre especial, como la variedad Cafime que se siembra en temporal en Zacatecas.

La región TH consta de los estados de Campeche, Chiapas, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, gran parte de Veracruz, Yucatán, entre otros. El Trópico Seco (TS) incluye zonas de Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Sonora, Tamaulipas, etcétera. El Bajío comprende principalmente áreas de Guanajuato, Jalisco, Michoacán, y Querétaro. La Zona de Temporal Deficiente (TD), también llamada región Templada Semiárida y Árida, abarca Aguascalientes, y las partes de Chihuahua, Durango, Guanajuato, Jalisco, San Luis Potosí y Zacatecas, con alti-

tudes de 1800 a 2200 msnm. La región de VA engloba grandes superficies del Estado de México, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y pequeñas zonas de Chihuahua, Morelos, Veracruz, entre otras.

En las tres últimas regiones y en el área de TS del norte del país, solamente se siembra maíz en el ciclo Primavera–Verano, ya que en el de Otoño–Invierno las temperaturas son muy bajas. En la región TH se puede hacer en ambos ciclos de cultivo, aunque por lo normal en O–I se registra menor precipitación y temperatura que en el P–V. En la región TS de la costa y sur del país también se puede sembrar maíz en el ciclo O–I, pero bajo riego, debido a que prácticamente no llueve. El maíz que se cultiva en esta zona en el ciclo P–V es de temporal; no así en el Norte de México, donde es de riego. En las regiones del país con las altitudes señaladas se adaptan los maíces mejorados con la numeración indicada en la Tabla 11, según sea para riego o temporal. Existen varios maíces recomendados para cada región.

En México, regiones con características específicas han requerido programas especiales de mejoramiento genético de maíz (Ortega, 1976). Un caso es el de la Sierra de Chihuahua, en la que año con año se siembran casi 250 mil ha, de las cuales el 50% aprovecha la humedad residual proveniente de nevadas ocurridas en invierno. Más o menos la mitad de aquella región se ubica a una altitud mayor a los 2 mil 100 msnm y la otra entre mil 700 y 2 mil 100. En la de mayor altitud, la siembra se hace casi siempre de 15 a 20 cm de profundidad para que el grano quede en contacto con el suelo húmedo, producto de las nevadas invernales. De esta manera, los genotipos deben tener la capacidad de producir un *mesocotilo–coleoptilo* suficientemente largo y vigoroso para que logre emerger. La siembra se hace a fines de abril o principios de mayo, con temperaturas medias inferiores a los 10 °C. El ciclo agrícola termina en septiembre o la primera quincena de octubre, en esa época la temperatura media no rebasa los 14 °C; lo anterior ocasiona que sólo los genotipos locales estén adaptados para desarrollarse en la región.

TABLA 11. NOMENCLATURA DE LOS MAÍCES MEJORADOS EN MÉXICO DE ACUERDO CON LA ALTITUD Y TIPO DE SIEMBRA

Altitud (msnm)	Tipo de siembra	Numeración	Región	Ejemplo
0–1000	Temporal	501–599	Trópico Húmedo	H–513, H–515, V–521
0–1400	Riego	401–499	Trópico Seco	H–414, H–422, V–415

1400–1800	Temporal	301–350	Bajío	H–220, VS–201
	Riego	351–399	Bajío	H–303, H–366, H–311
1800–2200	Temporal deficiente	201–299	Temporal	H–204, VS– 202, VS–201, Cafime, V–209
> 2200	Temporal	1–100	Valles Altos	V–21, V–26, H–32
	Riego	101–199	Valles Altos	H–129, H–135, H–149

Tomado en parte de: Ángeles, 2000.

Otras zonas con rasgos ambientales específicos son la Sierra Tarasca y el Cofre de Perote. En ellas se dispone de pocas horas luz por exceso de nubosidad y se presenta una humedad relativa muy alta. Debido a lo anterior, prácticamente ningún maíz mejorado en diferentes condiciones ha superado a los criollos locales. Existen áreas o sistemas de producción con dichas características que obligan a la creación de programas de mejoramiento genético: las siembras de «maíz de húmedo», «de cajete» y de «busca suelo» en Yucatán, las cuales son muy importantes en conjunto con el frijol.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES Y ADAPTACIÓN

Latitud, longitud y altitud

El maíz se cultiva desde 60° latitud norte hasta 55° latitud sur alrededor del mundo; sin embargo, el grueso de la producción se obtiene entre 30° y 55°, sobre todo en el hemisferio norte (Fao, 2006; Jugenheimer, 1981; Mangelsdorf y Reeves, 1939). En cuanto a altitud, se cultiva desde el nivel del mar hasta 4 mil msnm (Mangelsdorf y Reeves, 1939). En México, el maíz se cultiva prácticamente a lo largo del territorio desde 0 hasta casi 3 mil msnm en las faldas de los volcanes; aunque en las regiones más altas se aprecia poca superficie (Luna, 1993). En el estado de Zacatecas se siembra desde mil 150 msnm en Moyahua, hasta más de 2 mil 200 en otros municipios.

Clima

El maíz se cultiva en poca cantidad en los territorios donde la temperatura media de verano es inferior a 19 °C, o por la noche a 13 °C (Shaw, 1977) como sucede en los Valles Altos. La producción mayor se alcanza cuando las isotermas del mes más caluroso oscilan entre 21 y 27 °C y el periodo libre de heladas es de 120 a 180 días. En general, en las regiones maiceras de México se encuentran esas características, salvo en Valles Altos y Templada Semiárida y Árida, en las que las temperaturas medias de verano y del mes más caluroso son inferiores a las antes mencionadas.

Asimismo, en la mayoría de los años el periodo libre de heladas y con lluvia, para los cultivos de temporal en la región Templada Semiárida, es de 90 a 120 días. No obstante, existen variedades mejoradas y adaptadas a esas condiciones, con las que se han obtenido altos rendimientos de grano (Luna, 1993): en riego 16 t ha⁻¹ y bajo temporal 4–6 t ha⁻¹ con 500 mm de precipitación en 110 días, 3–5 con 400 mm en 90–100 días y 1–2.5 con 250–300 mm en 80–90 días (Luna y Gutiérrez, 2000; Luna y Galindo, 1997).

La literatura indica que la precipitación adecuada para un buen cultivo de maíz es de 500 a 800 mm, distribuidos en el ciclo de cultivo, pero se llega a cultivar en regiones con precipitaciones de 150 mm (Shaw, 1977), aunque con menos de 300 mm los rendimientos son bajos. En México existen regiones maiceras con las condiciones de humedad descritas, tal es el caso de algunos lugares del Sureste con precipitaciones mayores a los 2 mil mm en el ciclo de cultivo y de 150–250 mm en el Centro–Norte (Luna, 1993). En cuanto al fotoperiodo, los mejores rendimientos de maíz se consiguen con un promedio de entre once a catorce horas luz.

Suelo

El maíz, como casi todos los cultivos, se desarrolla mejor en suelos de textura franca o cercana a franca, con pH de 6 a 8 y alto contenido de materia orgánica, pero puede prosperar con pH inferior a 5.5 o superior a 8.5 y con sales. El suelo debe tener la suficiente profundidad (más de 1.50 cm) para un desarrollo radical apropiado (Jugenheimer, 1981; Sprague, 1977; Poehlman, 1976).

ORGANISMOS DAÑINOS DEL MAÍZ⁷

Existe gran variedad de organismos que dañan los cultivos como hierbas, plagas y microorganismos. Tal abundancia responde, entre los factores del medio ambiente, a la diversidad genética natural entre ellos y las diferencias que manifiestan de región a región. Los organismos dañinos atacan al cultivo o compiten con él por espacio, luz, agua y nutrimentos; con esto, afectan su crecimiento y desarrollo, lo que ocasiona que no se alcance el rendimiento económico potencial del cultivo.

Maleza

La maleza o «malas hierbas» son las especies vegetales que ocasionan deterioro al cultivo. A la vez pueden ser hospederas de otros organismos dañinos como virus, hongos, arácnidos e insectos. Sin embargo, existen también especies vegetales benéficas a un cultivo, por ejemplo las que sirven de abono verde, las que mejoran la estructura del suelo, las hospederas de organismos benéficos, etcétera. Las malas hierbas pueden ser de especies cultivadas o no, causan la formación de plantas débiles más susceptibles al ataque de enfermedades y plagas, disminuyen la producción y calidad del producto, dificultan y encarecen el manejo del cultivo y de la cosecha, por último, pueden favorecer el acame de las plantas cultivadas

Algunas malas hierbas comunes del cultivo de maíz en México son las siguientes: zacate Johnson (*Sorghum balapense*), coquillo o coyolillo (*Cyperus* spp.), *Agropiron repens*, *Cirsium arvense*, girasol (*Helianthus annuus*), mala mujer (*Solanum rostratum*), quelite o bledo (*Amaranthus* spp.), chual (*Chenopodium* spp.), correhuela, bejuco o gloria de la mañana (*Ipomoea* spp.), *Convolvulus* spp., lechosilla (*Euphorbia* spp.), mostacilla (*Brassica campestris*), abrojo o cadillo (*Cenchrus ciliaris*), zacate (*Panicum* spp.), tomatillo (*Physalis* spp.), toloache (*Datura stramonium*), verdolaga (*Portulaca oleracea*), quesito (*Anoda cristata*), zacate grama (*Cynodon dactylon*), mala mujer (*Jatropha urens*), amargosa (*Caperonia palustris*), lengua de vaca (*Rumex crispus*), challotillo o calabacilla (*Echinocystis lobata*), muela de caballo (*Sonchus* spp.), copete

⁷ Casi toda la información de este apartado se obtuvo de: Aldrich y Leng (1974), Sprague (1977), Jugenheimer (1981).

de grulla (*Castilleja arvensis*), cadillo (*Xanthium* spp). Una clasificación de los expertos en maleza indica que los zacates y el coquillo son de «hoja angosta», el resto son de «hoja ancha»; esto para fines de aplicación de herbicidas.

Plagas⁸

Se conoce como plagas a los animales que ocasionan daños en los cultivos agrícolas; los que más atacan al maíz son los insectos pero lo hacen también los arácnidos, roedores y otros. Algunos autores (Ortega, 1987) agrupan a los insectos según el grado de perjuicios que causan al maíz en el mundo en tres grandes categorías: el primero es el de las palomillas, que incluye gusanos cortadores, barrenadores, soldados, eloteros y palomillas del grano. El segundo es el de los escarabajos, que contiene a los gusanos de la raíz, gusanos de alambre, gallinas ciegas, barrenadores del grano y gorgojos. El tercero lo conforman insectos que actúan como portadores de organismos patógenos (virus, micoplasmas, spiroplasmas, bacterias y hongos). Éstos pueden infectar a las plantas de maíz al succionar su sabia, los más dañinos son las chicharritas y pulgones.

Plagas que deterioran la raíz y la plántula (generalmente se combaten con tratamientos al suelo): gusanos de alambre (los géneros más importantes son *Melanotus*, *Agriotes*, *Dalopius* y *Tenebrionidae*); pulga negra y sus larvas (*Chaetocnema pulicaria* y *Ch.* spp.); catarinitas y gusanos del género *Diabrotica* (*D. Balteata*, *D. Virgifera*, *D. Longicornis*, *D. Speciosa* y *D.* spp.); picudos del maíz y sus larvas (*Nicentritis testaceipes* y *Geraeus senilis*); gallinas ciegas (*Phyllophaga* spp. y *Cyclocephala* spp.); gusanos trozadores o cortadores (*Agrotis ipsilon*, *A.* spp., *Peridroma saucia*, *Chorizagrotis auxiliaris* y otras especies); trips (*Frankiniella* spp., *Anaphothrips* spp., *Hecothrips* spp. y *Coliothrips* sp.); gusano saltarín (*Elasmopalpus lignosellus*). Además de estas plagas, que son insectos, existen nemátodos de los géneros *Meloidogine*, *Nacovus* y otros; roedores, en particular ratas de campo; tuzas, liebres y pájaros. Estos últimos pueden comer el grano recién sembrado o bien una vez que emerge la plántula y la mazorca en formación.

⁸ Además de los autores señalados, para este apartado también se utilizó el folleto escrito por Ortega (1987).

Plagas del tallo y las hojas: gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano soldado (*Spodoptera* spp., y *Pseudaletia* spp.), pulgón (*Rhopalisiphum maidis*), cresas del cogollo (*Euxesta* spp.), gusano medidor (*Mocis latipes*), salivazo de la caña de azúcar (*Aneolamia* spp. y *Proapia* spp.), frailecillo (*Macrodactylus* spp.), escarabajos japoneses (*Popilia japonica*), saltamontes (*Sphenarium* spp.), langostas (*Schistocerca* spp.) y chapulines (*Melanoplus* spp.). Todas estas plagas son insectos. Las hojas son atacadas por araña roja (*Tetranychus* spp., *Paratetranychus* spp. y *Olygonychus* spp.) y chicharritas de los géneros *Dalvulva* y *Cicadulina*. El primero es transmisor del spiroplasma del achaparramiento del maíz raza Río Grande, del micoplasma del achaparramiento del maíz raza Mesa Central y del virus del rayado fino del maíz; el segundo transmite el virus del rayado de varias gramíneas, entre ellas el maíz. El pulgón también es transmisor de microorganismos dañinos del maíz.

Plagas que dañan tallo, mazorca y espiga: termitas (*Microtermes* spp., *Mocrotermes* spp., *Allodoterms* spp. y *Odontotermes* spp.), barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis*), barrenador grande del maíz (*Diatraea grandioseella*), barrenador neotropical del maíz (*Diatraea lineolata*), barrenador europeo del maíz (*Ostrinia furnacalis*), barrenador moteado del sorgo (*Chilo partellus*), barrenador africano del tallo del maíz (*Busseola fusca*), barrenador rosado africano (*Sesamia calamistis*), barrenador africano de la caña de azúcar (*Eldana saccharina*) y picudo barrenador del tallo del maíz (*Sphenophorus* spp.).

d) *Plagas de la mazorca:* gusanos de la mazorca (*Euxesta* spp.), gusanos eloteros (*Heliothis zea* y *H. Armigera*) y chinches apestosas (*Nezara viridula*, *Acrosternum marginatum* y *Euchistus servus*).

e) *Plagas del grano y harina:* palomilla dorada del maíz (*Sitotroga cerealella*), palomilla india de la harina (*Plodia interpunctella*), gorgojos (*Sitophilus zeamais*, *S. oryzae*, *S. granarius*), barrenadores del grano (*Rhyzopertha dominica* y *Prostephanus truncatus*).

f) *Insectos benéficos.* Algunos insectos útiles al cultivo de maíz, por la ayuda que brindan al control de plagas, son los siguientes: chinche pirata (*Orius* spp.), crisopa (*Chrysopa* spp.), chinches asesinas (*Castolus* spp.), catarinas (*Hippodamia* spp. y *Ceratomegilla* spp.), las moscas del género *Paratherecia* y las avispas de los géneros *Aphidius*, *Quelonus*, *Trichogramma*, *Iphiaulax* y *Apanteles*.

Enfermedades⁹

Se conoce como enfermedad a la alteración del equilibrio del funcionamiento normal de los órganos causada por uno o más microorganismos, debido a ciertas deficiencias fisiológicas, por la falta o exceso de algún mineral o de agua, por mencionar algunos.

Enfermedades ocasionadas por hongos. Mancha café o peca (*Phyoderma maydis*); mildiús vellosos: punta loca (*Sclerophthora macrospora*), mildiú rayado café (*S. rayssiae* variedad *zeae*), mildiú del maíz (*S. graminicola*), mildiú java del maíz (*Peronosclerospora maydis*), mildiú filipino del maíz (*P. philippinensis*), mildiú sorgo del maíz (*P. sorghi*); roya común (*Puccinia sorghi*), roya polysora (*P. polysora*), roya tropical (*Physopella zeae*); mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*), mancha bandeada (*Rhizoctonia solani* f.sp. *sasakii*); manchas foliares: zonal (*Gloeocercospora sorghi*), por *Leptosphaeria michotii*, por *Phaeosphaeria maydi*, por *Cercospora zeae-maydis*, por *Septoria maydis*, por *Kabatiella zeae* y por *Curvularia lunata* y *C. pallescens*; tizones foliares (*Helminthosporium carbonum*, *H. Maydis* y *H. Turcicum*), tizón amarillo (*Phyllosticta maydis*); rayado foliar por diplodia (*Diplodia macrospora*), antracnosis foliar (*Colletotrichum graminicola*); pudriciones del tallo por *Pythium aphanidermatum*, *P. spp.*, *Macrophomina phaseoli*, *Botryodiplodia theobromae*, *Diplodia maydis* y *Fusarium spp.*, pudriciones del grano y la mazorca por *Diplodia maydis*, *D. macrospora*, *Botryodiplodia theobromae*, *Gibberella zeae*, *G. Fujikuroi*, *Macrophomina phaseoli*, *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Physalospora zeae*, *Nigrospora orizae*, *Cladosporium herbarum*, *Ustilago maydis* y *Claviceps gigantea*; carbón de la espiga (*Sphacelotheca reiliana*), falso carbón de la espiga (*Ustilago noidea virens*); necrosis vascular o marchitez tardía (*Cephalosporium acremonium* y *C. maydis*).

Enfermedades causadas por bacterias: pudrición del tallo (*Erwinia carotovora*), marchitez de Stewart (*Erwinia stewartii*) y rayado foliar bacteriano (*Pseudomonas rubrilineans*).

Enfermedades ocasionadas por virus, spiroplasmas o micoplasmas: enanismo arbustivo del maíz (transmitida por la chicharrita *Dalbulus maydis*); enanismo clorótico del maíz (por la chicharrita *Graminella nigrifrons*) moteado clorótico del maíz (transmitido por varios insectos principalmente por *Chaetocnema pulicaria* y *Diabrotica spp.*); mosaico del enanismo del maíz (por

⁹Gran parte de este apartado se obtuvo de De León (1984).

Rhopalosiphum maydis); necrosis letal del maíz; mosaico I del maíz (por *Peregrinus maydis*); virus bandeado del maíz (por *Perigrinus maydis*); virus del rayado fino del maíz (por *Dalbulus maydis*); virus del rayado del maíz (por las chicharritas *Cicadulina mbila* y otras); achaparramiento del maíz raza Río Grande causada por un spiroplasma o micoplasma helicoidal (por chicharritas: la *Dalbulus maydis*, *D. elimatus* y *Draminella nigrifrons*).

CAPÍTULO III



EL MAÍZ EN EL
ESTADO DE ZACATECAS



CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS

Localización geográfica

El estado de Zacatecas se localiza entre 21° 03' y 25° 09' latitud norte, 100° 49' y 104° 19' longitud oeste y altitudes que van desde mil 150 msnm en el sur, hasta más de 3 mil 200 msnm en la Sierra del Astillero en el municipio El salvador (INEGI, 2006). Colinda al norte con Coahuila, al noreste con Nuevo León, al este con San Luis Potosí, al sureste con Guanajuato, al sur con Aguascalientes y Jalisco, al suroeste con Nayarit y al oeste con Durango.

Fisiografía y geología

El territorio del Estado está conformado por llanuras, lomeríos y sierras en la Mesa del Centro y entre las sierras Madre Occidental y Oriental (Tabla 12). Según INEGI (2006) casi toda el área agrícola de la entidad, así como una gran parte de la superficie cultivada con maíz se localiza en las provincias V y IX. La mayoría de los suelos provienen de rocas ígneas extrusivas de la era Cenozoica, periodos Cuaternario y Terciario; una menor superficie, aunque importante, proviene de la era Mesozoica, periodos Cretácico, Jurásico y Triásico.

TABLA 12. FISIOGRAFÍA DEL ESTADO DE ZACATECAS

Provincia	Subprovincia	% de la superficie estatal
III Sierra Madre Occidental	Sierras y Llanuras de Durango	2.01
	Gran Meseta y Cañones Duranguenses	1.16
	Mesetas y Cañadas del Sur	8.32
	Sierras y Valles Zacatecanos	29.00
V Sierra Madre Oriental	Sierras Transversales	14.71
IX Mesa del Centro	Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande	14.17
	Sierras y Llanuras del Norte	10.34
	Llanuras y Sierras Potosinas-Zacatecanas	13.03
	Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes	6.44
X Eje Neovolcánico	Altos de Jalisco	0.82

Fuente: INEGI, 2006.

Suelos

De acuerdo con la clasificación de la FAO, 39% de los suelos de la entidad se clasifican como Xerosol, 14.2% Litosol, 14.1% Feozem, 12.2% Regosol y 10.3% Castañosem (INEGI, 2006). De ello se deriva que casi todos los suelos sean de poca profundidad, con tepetate superficial y colores claros o rojizos; que más del 50% tengan menos de 50 cm de profundidad, 40% entre 51 y 100 y de 5 a 6% más de 100 (Luna y Zapata, 1988; CIANOC, 1982). Prevalecen las texturas arcillo-arenosa, areno-arcillosa y franca y en menor cantidad la arcillosa. El área por lo regular es plana o con pendientes inferiores a 6%, otra gran superficie es de lomeríos y la menor es de pendientes superiores a 20 y 30%. Estas últimas se encuentran en las sierras, principalmente en los municipios de Chalchihuites, Monte Escobedo, Valparaíso, y la región conocida como Los Cañones de Tlaltenango y Juchipila. En las zonas del Cañón de Juchipila y Valparaíso es común la pedregosidad, aún en las áreas agrícolas. La salinidad es un problema presente en Concepción del Oro, Fresnillo, Jerez, Río Grande y Villa de Cos. Predomina en el suelo del Estado el pH cercano a 7.0; sólo en los salinos tiende a ser alcalino, entre 8 y 8.5.

Por lo regular, el contenido de materia orgánica es muy bajo y en las áreas que se cultivan de temporal el contenido es de 0.3 a 0.8%; rara vez sobrepasan el 1% (Luna y Zapata, 1988; Luna, 1993). En las regiones de riego el contenido es de 1 a 2%. Por la escasez de materia orgánica y la baja profundidad, la capacidad de retención de humedad en el suelo agrícola de Zacatecas es de un tercio a un medio inferior a la de uno de más de un metro de profundidad y 4% de contenido de materia orgánica. La capacidad de campo varía en general de 16 a 24% y el porcentaje de marchitamiento permanente de 8.5 a 13%. Los suelos son deficientes en nitrógeno y fósforo aprovechables y ricos en potasio; en ocasiones se observan deficiencias de micronutrientes en las plantas desarrolladas en suelos salinos.

Clima

De acuerdo con García (1988), Medina *et al.* (1998) e INEGI (2006), en el Estado predominan los climas semisecos BS₁ y secos BS₀, el semiseco templado BS₁k y el seco templado BS₀k (Tabla 13). En la región de Los Cañones domina el clima c(w).

TABLA 13. CLIMAS EN EL ESTADO DE ZACATECAS

Símbolo	Tipo o subtipo	% de la superficie estatal
A(w)	Cálido subhúmedo con lluvias de Verano	0.20
AC(w)	Semicálido subhúmedo con lluvias de Verano	3.97
C(w)	Templado subhúmedo con lluvias de Verano	17.36
C(E)x	Semifrío subhúmedo con lluvias escasas todo el año	0.08
BS ₁ (h')	Semiseco muy cálido y cálido	0.53
BS ₁ h	Semiseco semicálido	3.86
BS ₁ k	Semiseco templado	44.70
BS ₀ h	Seco semicálido	4.81
BS ₀ k	Seco templado	18.57
B _w h	Muy seco semicálido	5.92

Fuente: INEGI, 2006.

El clima BS₁k abarca la franja agrícola central del Estado, a pesar de que en la región de Chalchihuites, Sombrerete, Miguel Auza y otras, se registra una mayor precipitación que en el resto del Altiplano. Las temperaturas medias anuales en el área agrícola de la región de Sombrerete oscilan de 17 a 18 °C y en el ciclo de cultivo de verano entre 20 y 21 °C; en el resto del Altiplano la temperatura media anual es de 15 a 17 °C y en el ciclo de verano de 17 a 19 °C. En la región de Los Cañones las temperaturas medias anuales del área agrícola son de 19 a 22 °C y en el ciclo de cultivo de verano de 20 a 24 °C. Los meses más calurosos son junio y mayo, normalmente la temperatura comienza a descender en septiembre. El mes más frío es enero, seguido de diciembre y febrero (Ortiz, 1990).

En el área agrícola de la región de Los Cañones rara vez se registran heladas, conforme se avanza de ésta hacia el Altiplano las temperaturas son menores, la probabilidad de ocurrencia de heladas es mayor y el periodo libre de heladas menor. Asimismo en Apozol, Juchipila y Moyahua, que se encuentran a menos de mil 300 msnm, se presentan pocas he-

ladas; en Huanusco, Momax, Tepechitlán y Tlaltenango, con cerca de mil 700 msnm, suceden entre el 15 y 28 de febrero; en el Altiplano, con más de 2 mil msnm, ocurren del 20 a 30 de octubre a la primera quincena de abril y en algunos años la primera helada tiene lugar a finales de septiembre. En el Altiplano se cuenta con un periodo libre de heladas de 180 a 210 días, para desarrollar cultivos de verano que sean susceptibles a ellas. En la zona cercana a mil 700 msnm el periodo es de 240 a 270 días, mientras que en la región de menor altitud se dispone, por lo regular, de los 365 días del año.

Dentro de la literatura mundial se conoce como ciclo de cultivo de Primavera–Verano al periodo sin heladas y como Otoño–Invierno en el que ocurren éstas. El primero coincide con espacios de tiempo largos de luz solar, casi siempre entre trece y catorce horas; en el segundo se registran periodos cortos de luz, alrededor de once horas. En Zacatecas, cuando se cultiva una especie vegetal anual en el ciclo Otoño–Invierno se abarcan varias semanas del de Primavera–Verano, sobre todo en las áreas de menor altitud. En Otoño–Invierno, las temperaturas medias oscilan entre 9 y 17 °C en el Altiplano Central, de 12.5 a 18 °C en la región Sombrerete–Juan Aldama y de 13.5 a 20 °C en la región inferior a mil 800 msnm (Tabla 14). Mientras desciende la altitud, aumenta la temperatura.

TABLA 14. TEMPERATURAS (°C) MEDIAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS ANUALES Y RANGOS DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS EN LOS CICLOS DE CULTIVO PRIMAVERA–VERANO Y OTOÑO–INVIERNO EN ALGUNAS REGIONES DEL ESTADO DE ZACATECAS

Municipios	Altitud (msnm)	Temperatura media máxima	Temperatura media mínima	P–V	O–I
Fresnillo, Calera, Ojocaliente	2,100–2,250	26–29	1.0–2.5	15–20	9–14
Villa de Cos, Jerez, Sombrerete, Juan Aldama	1,900–2,100	30–33	4.5–5.0	18–24	12–18
Nochistlán	1,950	31	5.2	20–23	14–19
Tepechitlán	1,720	33	4.1	24–27	17–22
Tlaltenango	1,625	32	3.1	19–23	14–18
Jalpa	1,575	34	6.4	21–25	15–20
Huanusco	1,495	35	6.0	20–25	15–20
Juchipila	1,250	37	6.6	24–27	17–22

Fuente: Ortiz, 1990; INEGI, 2006.

Los valores provienen de medias decenales.

A medida que se avanza del Norte y Este de Zacatecas al Sur y al Oeste, la precipitación es más abundante, ya que pasa de 300 y 400 mm anuales a 700 y 800 mm. El área agrícola de temporal con mayor importancia se localiza en las partes Central, Sur y Oeste, donde el gradiente de precipitación anual va de 400 a 800 mm. El ciclo de cultivo lo determina el temporal, no así su inicio y las heladas tempranas, como se señalaba hace más de diez años. En las áreas de menor precipitación, en el Sureste por ejemplo, la mayoría de los años llueve un periodo de 50 a 60 días, causa por la que sólo terminan su ciclo biológico especies vegetales muy precoces de 60 a 80 días. En la región central del Estado el periodo normal de lluvias es de 70 a 80 días, en ella las especies son de 90 a 100; en el noroeste es de 80 a 100 días y las especies de 110 a 120.

En la primera de las áreas mencionadas, durante la etapa pluvial se registra de 60 a 70% de la lluvia anual; en la segunda de 65 a 75% y en la tercera de 70 a 75%. Esto indica que la distribución pluvial en el ciclo de cultivo es gama, de tal manera que con las variedades de maíz que se siembran actualmente, 70% de la lluvia se presenta antes de que se alcance el 50% de la antesis y el 30% después de ella. Dicha escasez ocasiona que la parte de la etapa fenológica de floración y la de llenado se vean afectadas (Luna y Gutiérrez, 2000). Según Martínez (1989), en un estudio en maíz de temporal en Aguascalientes, con 280 mm de precipitación en el ciclo de cultivo, estimó un déficit de lluvia de 35 mm durante la floración y 47 mm en el llenado de grano (Tabla 15); Ortiz y Ruiz (1987) encontraron déficits más altos.

TABLA 15. DÉFICITS DE HUMEDAD Y ESCORRENTÍAS EN MAÍZ DE TEMPORAL EN AGUASCALIENTES

Etapa de crecimiento	Lluvia en el ciclo (mm)	Déficit (mm)	Escorrentía (mm)–
0–45 días	160	38	29
46 a floración	56	28	16
Floración	2	35	0
Llenado de grano	18	47	0

Fuente: Martínez, (1989).

En la Figura 12 se muestra el promedio de precipitación decenal del 20 de junio al 10 de octubre, de una localidad que

registra alta precipitación (Tlaltenango), una entre regular y deficiente (González Ortega) y otra de temporal deficiente (Calera). También se presenta la curva de cómo se estima debería llover para que un cultivo de maíz del Altiplano de Zacatecas rinda adecuadamente. Puede observarse que en general llueve bastante al principio de la etapa pluvial y menos de la mitad de ella hasta el final; se aprecia además un déficit de lluvia de entre 20 y 30 mm en las decenas que coinciden con las etapas de floración y llenado de grano.

Las temperaturas medias en el ciclo de cultivo de maíz de temporal de casi toda la entidad son inferiores a las indicadas por la literatura escrita para la Faja Maicera de Estados Unidos (21 a 27 °C y más de 13 °C en la noche) (Shaw, 1977; Sprague, 1977; Aldrich y Leng, 1974); sin embargo, se considera que existen variedades adaptadas a ellas (Luna, 1993). En la zona semicálida (h) del Estado se manifiestan temperaturas superiores a 18 °C y la templada (k) inferiores a ésta.

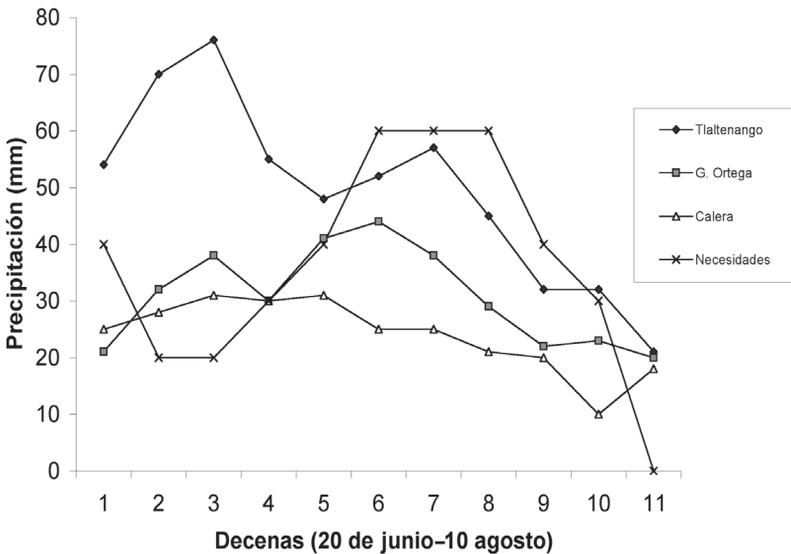


Figura 12. Precipitación decenal registrada en tres localidades y necesidades de agua para un buen cultivo de maíz de temporal en el altiplano de Zacatecas.

De acuerdo con el mapa de regionalización de Zacatecas de Ortiz (1990) y del potencial productivo de maíz de temporal del INIFAP (1993), se seleccionaron las localidades que se indican en el Tabla 16, donde Tlaltenango representa el área de mejores condiciones para el cultivo de maíz de temporal, González Ortega condiciones regulares y Calera deficientes. En la primera llueve 30% más que en la segunda y en ésta 16% más que en Calera. En Tlaltenango se registra 79% de la precipitación anual del 21 de junio al 10 de octubre, en González Ortega 71% y en Calera 69%. Conforme llueve menos en el año, menor es el porcentaje de lluvia registrada en el ciclo de cultivo y, por tanto, es menor la posibilidad de obtener un buen cultivo de maíz de temporal; además, el ciclo de cultivo es más corto.

Las mejores condiciones de Tlaltenango sobre González Ortega y Calera para cultivar maíz de temporal, no sólo las ofrecen las mayores precipitaciones y el ciclo de cultivo, también se puede sembrar antes y aprovechar el calor de finales de junio. En la Tabla 16 se aprecia que en González Ortega y Calera se registran más años con precipitación deficiente en el ciclo de cultivo que en Tlaltenango.

TABLA 16. PRECIPITACIÓN Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DADAS POR LA PRECIPITACIÓN EN TRES LOCALIDADES REPRESENTATIVAS DE TEMPORAL DEL ESTADO DE ZACATECAS

Concepto	Tlaltenango	González Ortega	Calera
Precipitación media anual (mm)	683	472	398
Precipitación media del 21 de junio al 10 de octubre (mm)	542	338	273
Inicio medio del temporal	20 de junio	1 de julio	1 de julio
Promedio de días con lluvia	110	110	90
Años con siembra temprana (%)	23	55	64
Años con siembra intermedia (%)	63	18	7
Años con siembra tardía (%)	14	27	29
Años con precipitación deficiente (%)	30	64	42
Años con precipitación regular (%)	49	14	32

Años con precipitación buena (%)	21	22	26
Años con ciclo de cultivo corto (%)	16	32	29
Años con ciclo de cultivo medio (%)	35	32	43
Años con ciclo de cultivo bueno (%)	49	36	29

Fuente: Datos de Archivo del Campo Experimental Zacatecas (INIFAP).

Los porcentajes se obtuvieron dividiendo entre tres el rango de las variables.

PROBLEMAS DEL CULTIVO

Generalidades

Los problemas que afectan el comportamiento y, por tanto, el rendimiento de un cultivo cualquiera y en general de un ser vivo, se pueden ordenar siguiendo el modelo universal (Luna, 2006).

$$Y = G + E + GE$$

donde:

Y= comportamiento general del cultivo (rendimiento, producción de materia seca, calidad, entre otros)

G= genotipo

E= medio ambiente en el que se desarrolla el genotipo

GE= interacción entre elementos del medio ambiente o de éste con el genotipo (manejo)

En el caso de cultivos agrícolas, las interacciones son ocasionadas por los productores a consecuencia del manejo que brindan al cultivo. Si dos productores siembran la misma variedad, tienen el mismo clima, pero la profundidad del suelo, el contenido de materia orgánica, el pH, y otras características son distintas entre sus cultivos, el comportamiento de éstos y sus resultados serán diferentes. Algo semejante sucede si ambos productores siembran el mismo genotipo, sus condiciones de cultivo son iguales, pero uno fertiliza, controla plagas y la maleza, mientras el otro no. Siempre debe esperarse un comportamiento distinto en los cultivos, a causa de los cambios ambientales dados por uno o más elementos del medio ambiente y del manejo.

Normalmente las diferencias ocurren entre varios elementos, por ejemplo, del genotipo las hay en precocidad, calidad del producto, potencial de rendimiento, susceptibilidad a enfermedades, falta de agua, salinidad, acame, etcétera. Entre los suelos de cultivo se presentan en su profundidad, textura, contenido de materia orgánica, salinidad, pH, pendiente, pedregosidad, entre otros. En el manejo que los productores dan al cultivo, las hay entre la profundidad o época del barbecho, del rastreo, de las escardas, de la forma y control de la maleza y las plagas, de la densidad y época de siembra, del tamaño de la semilla, la cantidad de fertilizante aplicado, la época y el modo de aplicación. Cada una de ellas puede afectar el comportamiento y rendimiento del cultivo; la alteración dependerá del número de variantes.

Los tres problemas generales de un cultivo deficiente de maíz en Zacatecas son el bajo rendimiento, el alto riesgo de siniestro (pérdida de la cosecha) y el alto costo de producción. Los problemas específicos o situaciones que ocasionan esto, según Luna (1993), Luna y Zárate (1994) y Luna y Zapata (1988) pueden agruparse en los del genotipo, medio ambiente o manejo.

Del genotipo (G): uso de variedades inadecuadas por inadaptabilidad, más tardías o precoces de lo requerido; susceptibles a factores adversos como la poca agua disponible, salinidad, profundidad del suelo, enfermedades, al acame y la baja productividad. Otros problemas pueden ser el que las plantas no cuenten con las características necesarias para realizar una cosecha mecánica, como la resistencia al acame, el bajo porte y la madurez uniforme; una producción de semilla difícil y costosa.

Del medio ambiente (E): Clima. En siembras de temporal los problemas principales son la baja cantidad de lluvia (200 a 500 mm en el ciclo de cultivo) y la distribución irregular en el ciclo de cultivo. Éstos traen como consecuencia que en ocasiones se tenga que sembrar tardíamente, lo que aumenta el riesgo de daños al cultivo por carencia de agua en las etapas de floración y llenado de grano, o por heladas tempranas así como falta de calor. En el Estado las temperaturas son inferiores a las indicadas por la literatura como las mejores para el cultivo de maíz. La presencia irregular de las lluvias incluye su registro de 65 a 70% antes de la floración y sólo el resto durante ella y el llenado del grano (Luna y Gutiérrez, 2000), que es cuando el cultivo necesita más agua para producir un alto

rendimiento. Incluye de igual modo, la lluvia que se presenta en dos o tres aguaceros torrenciales que ocasionan pérdida de suelo, de nutrimentos, de materia orgánica, etcétera; otra cantidad se pierde por escorrentía, a causa de la poca profundidad de los suelos. Otro efecto negativo es que los acuíferos de la entidad no recuperan el agua extraída para fines de riego.

Las temperaturas que se registran durante el ciclo del cultivo son bajas; sin embargo, esto se ha resuelto en gran medida gracias a la generación de genotipos adaptados a esas temperaturas, toda vez que con ellos y un buen manejo se han obtenido rendimientos unitarios satisfactorios. En temporal, el comienzo de las lluvias y su terminación o el inicio de las heladas son causa de que el ciclo para el cultivo del maíz sea muy corto (90 a 120 días), en lugar de uno de 140 días que es el adecuado para alcanzar un buen rendimiento. Eventualmente se presentan granizadas en algunos lugares, lo cual afecta los cultivos de los productores para quienes es de suma importancia la merma en el rendimiento. Además, en ocasiones ocurren vientos fuertes que doblan o rompen las plantas.

Suelo: El problema de la escasa e irregular precipitación que se registra en el ciclo de cultivo en Zacatecas, se ve agravado por la baja capacidad de retención de humedad del suelo debido a su poca profundidad, ya que el 54% de ellos tienen menos de 50 cm y 25% entre 51 y 75 cm (CIANOC, 1982); una buena profundidad es superior a un metro. También influye el bajo contenido de materia orgánica (menos del 1%), el cual debería ser al menos del 4%; con esto, el suelo retiene menos del 50% de agua para el cultivo que si tuviera más de un metro de profundidad y 4% de materia orgánica. La fertilidad del suelo es baja, aunque se puede corregir con la fertilización; un porcentaje del área tiene pendientes fuertes, mayores del 6%, principalmente en los DDR de Fresnillo, Jalpa y Tlaltenango. En algunos lugares hay pedregosidad, la mayoría en el distrito de Jalpa y Valparaíso; en otros existe salinidad, es el caso de Concepción del Oro, Río Grande y Villa de Cos.

Maleza: Por lo regular, este problema no es significativo en Zacatecas, ya que el productor lo controla con pasos de arado y de forma manual. Las malas hierbas más comunes en el Estado son la aceitilla (*Bidens odorata*), gordolobo (*Helianthus annuus*), lampote o ruderal (*Simsia amplexicaulis*), quelite (*Amaranthus palmeri*), mostacilla (*Brassica campestris*), la grama, el coquillo y otras.

Plagas: En determinados lugares las plagas no se consideran un problema grave, como lo fue el chapulín (*Melanoplus diferencialis*, *Boopedon* spp.) de 1996 a 1998 en los municipios de Jerez y Villanueva. Entre las principales plagas del cultivo de maíz en el Estado se encuentran el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), sobre todo en las siembras de riego y en las de temporal de Los Cañones; el gusano elotero (*Heliothis zea*), el barrenador (*Diatraea* spp.), la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), el gusano soldado (*Pseudaletia unipuncta*), el pulgón (*Rhopalo siphum maidis* y otras especies) y la araña roja (*Oligonychus mexicanus*, *Paratetranychus stickney*, etcétera) en las siembras de riego. En siembras específicas, las tuzas, liebres y pájaros se alimentan de los granos recién sembrados. Cuando hay necesidad de control químico, comúnmente con una aplicación de plaguicida es suficiente. Las plagas más frecuentes del grano de maíz almacenado son el gorgojo o picudo (*Sitotiphilus zeamais*), la palomilla dorada (*Citotroga cerealella*) y los roedores.

Enfermedades: No han sido un problema fundamental del cultivo, ya que se siembran variedades adaptadas y resistentes a ellas. Las enfermedades que más se observan son las royas (*Puccinia sorghi* y *Puccinia polisorae*), tizón de la hoja (*Helminthosporium turcicum* y *H. maydis*), cuitlacoche (*Ustilago maydis*), achaparramiento por micoplasmas y pudriciones de la mazorca por *Fusarium moniliforme*, *Diplodia maydis* o *Gibberella fujikuroi*.

Manejo: Se refiere a las prácticas culturales y actividades que se llevan a cabo para que el cultivo prospere. Incluye la rotación de cultivos, subsoleo, barbecho(s), rastreo(s). En riego el trazo para ello, nivelación y riego de presiembra. Cabe mencionar que en ocasiones antes de sembrar se surca o se rastrea, se prefertiliza, se aplican plaguicidas, entre otros procedimientos. Los problemas atienden a la realización inoportuna y deficiente de una o más de esas prácticas, el no llevar a cabo alguna cuando se debe efectuar o hacerlo cuando no se justifique.

Para efectuar la siembra, el productor debe tomar en cuenta la variedad a cultivar y de ella su ciclo vegetativo, la calidad y tamaño de la semilla, las características de productividad, resistencia a factores adversos, calidad del producto, porte, uniformidad, etcétera. Tendrá que considerar además la densidad de siembra, la cual deberá ir acorde con las ca-

racterísticas de la planta y con las condiciones en que se va a cultivar. Si se dispone de poca agua, la densidad de plantas debe ser menor que si se tiene agua suficiente, lo mismo que la cantidad de fertilizante por aplicar. Si el porte de la planta es bajo o sus hojas erectas, la densidad de plantas puede ser mayor que si el porte es alto o las hojas caedizas. Será necesario también que el productor calibre de forma adecuada la sembradora y vigile que así se mantenga durante el proceso de siembra.

Asimismo deberá considerar el tamaño de la semilla, ya que 1 kg de semilla chica tiene más granos que uno de semilla grande; no obstante, la semilla grande es más conveniente porque da lugar a plántulas más vigorosas. La época de siembra debe ser pertinente al ciclo de cultivo que permite el medio ambiente y al ciclo vegetativo de la variedad, buscando evitar daños o mermas en el rendimiento por heladas y sequía. Normalmente se siembra de 8 a 10 cm de profundidad, sin dificultades de brote.

El productor de maíz tendrá que tomar en cuenta las consideraciones y aspectos anteriores para la preparación del terreno a sembrar, la fertilización, el riego, el control de maleza y plagas, etcétera. Deberá también estar pendiente de qué, cuándo, dónde y cómo sembrar; cómo, cuándo y con qué preparar el suelo y tener listo lo necesario para ello, como la maquinaria (o animales) y equipo, o bien la maquila, el diesel, la semilla y los agroquímicos. El productor tiene que valorar los mismos aspectos para fertilizar, regar, escardar, controlar maleza y las plagas (Luna y Galindo, 1997). Hacer todo con oportunidad y calidad es lo que lleva al cultivo a un buen comportamiento.

No sería tan difícil llevar a la práctica estas actividades, si el productor tuviera conocimientos suficientes sobre las diferentes opciones tecnológicas para su cultivo, contara con capacitación para efectuarlas con calidad, dinero, infraestructura y tiempo para realizarlas con oportunidad, facilidad para disponer de los insumos requeridos, entre otros factores. A falta de diversos factores como un nivel cultural y educativo conveniente, divulgación y promoción de las tecnologías de producción, liquidez económica, crédito suficiente y oportuno, administración de los recursos e insumos, entre otros, el productor realiza las labores con deficiencias, ocasionando con ello la obtención de bajos rendimientos (Luna y Galindo, 1997).

Riego (resumen de problemas)

Se ha observado que las causas más comunes que llevan a la obtención de malos rendimientos y deficiente calidad del grano de maíz de riego en la entidad, tienen que ver con el empleo de pequeñas dosis de fertilizante, pocos riegos y con láminas pequeñas, bajas densidades de plantas, siembra de variedades inadecuadas, con características de escasa productividad, susceptibles al acame, enfermedades y variables; aplicación inadecuada de fertilizante y riegos, época inoportuna de siembra, deficiente control de maleza y plagas, salinidad del suelo y del agua en algunas áreas (Luna y Zapata, 1988; Luna y Zárate, 1994; Luna y Galindo, 1997) .

Temporal (resumen de problemas)

En temporal las causas de los bajos rendimientos de grano de maíz son principalmente: la baja precipitación, sobre todo en las etapas de floración y llenado del grano; el corto ciclo de cultivo, la baja capacidad de retención de humedad del suelo, la escasa o nula fertilización, las bajas densidades de plantas, la aplicación inadecuada de fertilizante; la siembra de variedades de bajo potencial de rendimiento, variables y susceptibles a enfermedades; deficiencias en el control de la maleza y de la preparación del suelo para la siembra; no usar prácticas de captación de agua como curvas a nivel y pileteo; y el no agregar materia orgánica al suelo (Luna y Zapata, 1988; Luna y Zárate, 1994; Luna y Galindo, 1997).



Figura 13. En muchas ocasiones las labores culturales no se hacen con la oportunidad y la calidad necesaria.

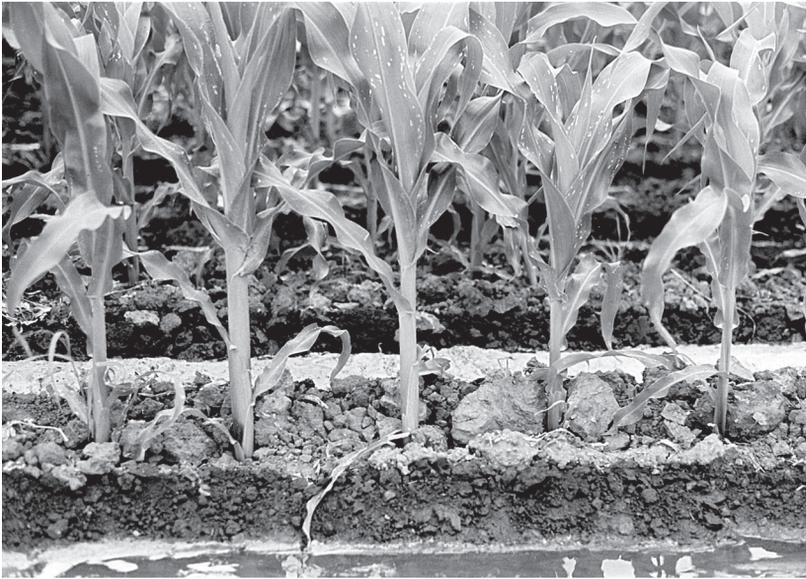


Figura 14. Las densidades de plantas de las siembras de maíz son de 20 a 30% inferiores a las adecuadas para un buen rendimiento.



Figura 15. La maleza es un problema para alcanzar el máximo rendimiento y obtener una cosecha de calidad.

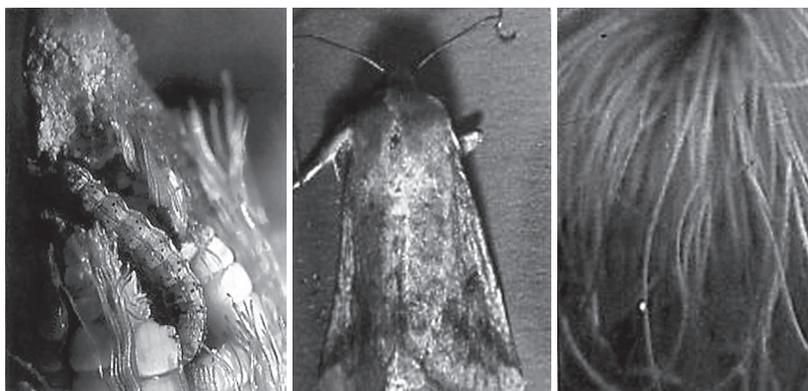


Figura 16. En Zacatecas el problema de plagas del maíz es controlable.

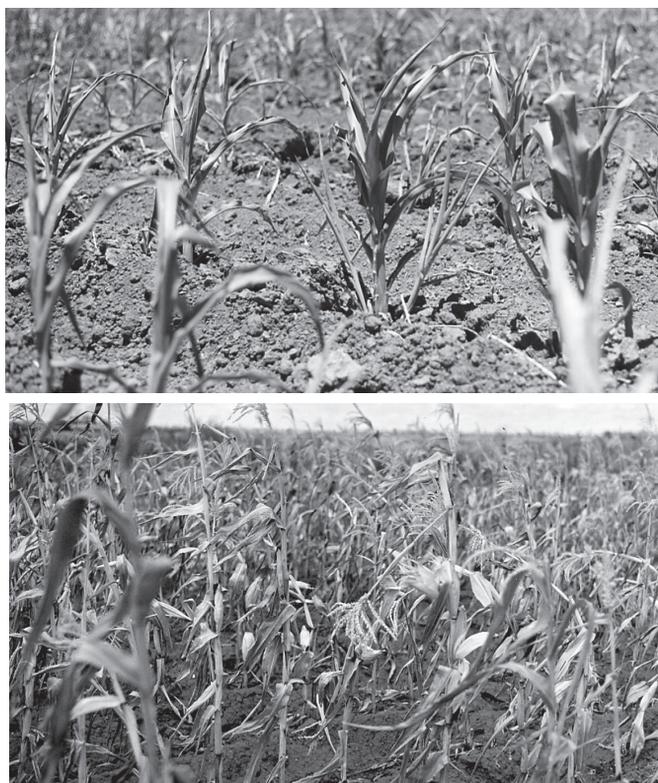


Figura 17. La sequía puede ocurrir en cualquier etapa de crecimiento del maíz de temporal en Zacatecas, aunque es más recurrente la «sequía terminal».

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Riego

Los sistemas de producción de maíz de riego en el Estado pueden agruparse en dos: Riego completo y Riego de auxilio. En el primero se proporciona al cultivo toda el agua que necesita para un buen crecimiento y desarrollo, con el objeto de alcanzar el máximo potencial de rendimiento. En el segundo sólo se aplican riegos de auxilio ya que no se cuenta con el agua suficiente para dar los riegos requeridos, por lo que el cultivo no podrá expresar su máximo potencial de rendimiento, a menos que se registren lluvias que proporcionen la humedad suficiente para ello.

Por lo regular, en el sistema de riego completo se usa agua bombeada del subsuelo y a veces de presas o ríos, mientras que en el de riego de auxilio se usa agua de presas, ríos, pozos de poca profundidad o de bombeo. En el primero se han alcanzado los rendimientos unitarios más altos de maíz en Zacatecas (8 a 10 ton/ha), con el uso de híbridos productivos de 140 a 150 días a madurez fisiológica, siembras de finales de abril o principios de mayo, altas densidades de plantas y fertilización adecuada, entre otras labores. Este sistema se practica en su mayoría en los distritos de Fresnillo, Jerez, Ojocaliente y Zacatecas por agricultores de tipo empresarial, quienes normalmente aplican de 6 a 7 riegos, incluyendo el de presiembra; algunos años ahorran de 1 a 3 riegos por las lluvias que se registran en el ciclo de cultivo.

El sistema de riego de auxilio se subdivide en los de medio riego y punta de riego. El de medio riego puede ocurrir por casualidad, cuando por descompostura del sistema no se aplican los riegos programados al cultivo, a pesar de haber sembrado con ese propósito. A veces el productor cuenta con otras siembras, principalmente de frijol, chile o alfalfa, a las que por ser más redituables que el maíz les proporciona más agua; con esto el cultivo no alcanza un buen desarrollo y, como consecuencia, reduce su rendimiento.

En los lugares donde se riega con agua de presa y bombeo por tandeo se practica el sistema de medio riego, obteniendo de 2 a 4 riegos en el ciclo de cultivo para atender la mayor cantidad de unidades de producción. En muchas ocasiones en este sistema se siembran variedades de maíz de ciclo vegetativo intermedio (130 a 140 días), así como siembras de mayo, densidades de plantas y fertilización inferiores a las de riego completo. Cuando se siembra tardíamente (finales de mayo) y llueve lo necesario, por lo regular cuando el maíz está en las etapas fenológicas de floración y llenado de grano (15 de

agosto a 30 de septiembre), el sistema de medio riego se convierte en el de punta de riego, porque sólo se dio el riego para la siembra.

Información proporcionada por los jefes de los DDR de la entidad en 1999, indicó que en el Estado se sembraban en promedio 10,105 ha de maíz de medio riego (Tabla 17). Los rendimientos medios son bajos comparados con los que se pueden alcanzar, como se verá en el capítulo siguiente.

TABLA 17. SUPERFICIE, RENDIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE MAÍZ DE MEDIO RIEGO EN ZACATECAS

D D R	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (ton)
Zacatecas	1,700	1,500	2,550
Fresnillo	2,300	2,000	4,600
Jerez	1,500	1,750	2,625
Jalpa	325	2,500	813
Río Grande	1,000	1,800	1,800
Concepción del Oro	–	–	–
Ojocaliente	1,530	1,750	2,678
Tlaltenango	1,750	3,000	5,230
Suma o promedio	10,105	2,010	20,296

DDR = Distrito de Desarrollo Rural.

Fuente: comunicación personal de los jefes de DDR de Zacatecas. 1999.

El sistema de de punta de riego se usa poco en Zacatecas y muchas veces es casual. Con éste normalmente se siembra a principios de junio, después de cosechar algún cultivo del ciclo Otoño–Invierno, con la esperanza de que llueva suficiente el resto del ciclo para no volver a regar; de no llover lo necesario se da uno o dos riegos de auxilio, convirtiéndose en el sistema de medio riego. Por lo general, en el sistema de punta de riego se siembran variedades precoces, de 120 días a madurez fisiológica, las densidades de plantas son bajas (aproximadamente 40 mil por hectárea), lo mismo que la fertilización. El jefe de distrito de Jalpa en 1999 señaló que con este sistema se obtienen de mil 850 a 2 mil kg/ha de grano de maíz; en tanto que el de Río Grande mencionó que en esta región se alcanzan los mil 800 kg/ha. Los rendimientos unitarios que se consiguen con el sistema de riego completo son de 30 a 40% más altos que los que se logran con riegos de auxilio; a su vez, los de éste son de 20 a 30% mayores que los de punta de riego.

Temporal

En temporal se distinguen dos grandes sistemas de producción de maíz en el Estado; el que comúnmente se conoce como maíz de temporal, que algunos autores llaman de «temporal típico» o temporal *in situ*, y el conocido como maíz «de húmedo».

Sistema de producción de temporal típico: Es el de mayor superficie de maíz, así como el que siembran casi los 80 mil productores que cultivan tal producto en Zacatecas. Con este sistema, el cultivo de maíz aprovecha exclusivamente la humedad que proporciona la lluvia de verano. Se siembra cuando el suelo ha acumulado el agua suficiente para que la semilla germine, emerja, crezca y desarrolle por 20 a 30 días sin más lluvia; por lo normal, esto ocurre entre finales del mes de junio y principios de julio. Las variedades que se utilizan son de ciclo vegetativo muy corto (90 a 120 días), porque el periodo normal de lluvias es de 70 a 100 días.

Entre el 40 y 45% de los productores de maíz de temporal del Estado fertilizan este cultivo en los lugares donde llueve en mayor cantidad: Los Cañones, el distrito de Río Grande y 35% del área de los distritos de Fresnillo y Jerez, aunque no se sabe la cantidad de fertilizante que aplican, la época ni la forma, lo cual influye en su aprovechamiento. Como se mencionó en páginas anteriores, cuando se fertiliza, el rendimiento por hectárea es económicamente mayor que cuando no se hace. El fertilizante es casi el único insumo tecnológico recomendado que se utiliza en las siembras de maíz de temporal en el Estado, además de maquinaria para las labores del cultivo.

Las variedades mejoradas se han sembrado poco, ya que los productores no disponen con facilidad de la semilla. Las densidades de siembra varían, en general, de 20 mil a 26 mil plantas por hectárea. La preparación del suelo consiste en barbechar y rastrear antes de sembrar. Por lo normal, se llevan a cabo dos escardas y un deshierbe manual donde hay mayor precipitación pluvial; en cambio, donde escasea la lluvia se realiza sólo una escarda y rara vez se deshierba. En casi toda el área se barbecha, rastrea, siembra y fertiliza de modo mecánico, aproximadamente un 50% se escarda a través de este medio y otro 50% con tracción animal.

La cosecha de grano es manual: la planta se corta y se deja en el terreno de siembra para que se seque, más tarde se usa como forraje y alimento humano. En una significativa área de Los Cañones y del distrito de Río Grande, así como en una menor de la Franja Central del Estado, se cosecha mecánicamente moliendo al mismo tiempo la planta y la mazorca, para obtener forraje. En otra parte

del área se muele la planta seca al sol durante mes y medio o dos meses después de haber sido cortada, o bien se acarrea al traspatio, se arsina y luego se muele.

Ramírez (1993) indica que en el Estado el 36% de los productores siembran maíz, considerado cultivo principal, como complemento del frijol; el 16% maíz y frijol en la misma proporción; el 10% maíz como cultivo principal; el 14% frijol complementado con maíz y otros cultivos; el 2% maíz asociado con frijol y el 18% restante no incluye maíz. También señala es sembrado por productores empresariales (en promedio 136.6 ha cada uno), excedentarios (35 ha), de subsistencia (14 ha) y de infrasubsistencia (10 ha), los más abundantes son los dos últimos. Prácticamente todos realizan más de una actividad productiva, la más importante, además de la agricultura, es la ganadería de bovinos, caprinos y ovinos.

Sistema de producción de maíz de húmedo. Este sistema difiere del de temporal típico en que se siembra de dos meses y medio a tres meses antes del inicio del periodo de lluvias de verano, para aprovechar humedad del suelo proporcionada por lluvias o nevadas de invierno. Tal humedad puede tener su origen en riegos dados *ex profeso* o de agua proveniente de escorrentías naturales.

El sistema de producción de maíz de húmedo tiene éxito cuando el suelo presenta más de 1.5 m de profundidad, es de textura franca a arcillosa y de preferencia debe contener 3% o más materia orgánica. Asimismo se necesita una variedad de maíz de 180 o más días de ciclo vegetativo y con características genéticas de «latencia» en la etapa fenológica de crecimiento vegetativo, para que resista el periodo sin lluvias desde la siembra hasta finales de junio o inicio de julio. Las variedades que se siembran en el sistema de maíz de húmedo, tienen una raíz que llega hasta más de 2 m, con ella se extrae agua del suelo desde esa profundidad (Osuna, 1981; Montañez, 1987).

Normalmente la preparación del suelo para esta siembra consiste en un barbecho «profundo» y rastreo. En numerosas ocasiones la siembra se hace con la ayuda de cinsel o arado de vertedera, al que se le adapta un tubo en el que se deposita de forma manual la semilla. Ésta puede quedar enterrada 15 cm porque es donde está la humedad del suelo, cuando no manifiesta dicha característica se siembra con sembradora común. Por lo general, las siembras no se fertilizan, aunque en los últimos años algunos productores lo hacen al inicio de las lluvias (a fines de junio o principios de julio). Gran cantidad de las siembras se pierden por completo, sobre todo las de suelos poco profundos, ya que las plantas no soportan la falta de agua.

Aguirre *et al.* (1982), Charcas (1984) y Ledesma *et al.* (1993) han distinguido dos variantes dentro de este sistema de producción de maíz en el Altiplano templado de México: el de Bajíos y el de Abanicos Alubiales. Con frecuencia no es necesaria ninguna de las anteriores condiciones para la práctica del sistema, como sucede en varios terrenos de Sombrerete.

POTENCIAL PRODUCTIVO

Generalidades

El potencial productivo de un cultivo agrícola como el maíz es el máximo rendimiento que se puede alcanzar por unidad de superficie. Si lo que importa es el grano, el potencial será el máximo rendimiento comercial que se pueda obtener de él. El rendimiento de grano, forraje y en general el comportamiento de un cultivo, depende de varios aspectos: el acervo genético de la variedad de planta cultivada, las condiciones ambientales naturales de cultivo, el efecto combinado o interacción de elementos de los factores del medio ambiente y de éstos con la variedad utilizada.

Tratándose de un cultivo como el maíz, el productor genera las interacciones de acuerdo con el manejo que le da. Por ejemplo, si dos productores siembran maíz bajo riego en iguales condiciones ecológicas y de manejo, pero uno usa un híbrido y el otro una variedad de polinización libre, es casi seguro que obtendrán rendimientos distintos. Teóricamente los híbridos rinden más que las variedades de polinización libre, aun y cuando sean del mismo ciclo vegetativo. Hecho semejante se esperaría si siembran híbridos, pero uno sería muy precoz y otro tardío, porque los últimos rinden más que los primeros. Podrían brindarse más ejemplos según la variación de la época y forma del barbecho, de la siembra, de la fertilización, de cuándo, cuánto y cómo se aplica, pero bastan los mencionados para entender que al modificar un solo elemento de la tecnología de producción variaría el resultado.

Las interacciones también se dan de un lugar a otro y de un año a otro, puesto que las características de los elementos del clima y del suelo nunca son exactamente iguales. Si un productor siembra maíz en dos terrenos distintos el mismo año, con la misma variedad y manejo, o bien en dos años seguidos, puede tener resultados distintos por las diferencias que se registran entre los tipos de suelo y clima.

Son muchos los aspectos que tienen que ver con la expresión potencial de un cultivo; esto es, para que la variedad exprese su

máximo potencial genético. Se han delimitado rangos de magnitudes de elementos del clima y suelo de cultivo, dentro de los cuales una especie y variedad vegetal puede expresar su potencial genético. Un híbrido de maíz tiene un rango de adaptación ambiental más limitado que una variedad de polinización libre. A la vez se han generado híbridos y variedades adaptadas a múltiples cambios ecológicos y de manejo, debido a que el maíz se cultiva bajo diferentes condiciones. En la medida que la magnitud de un elemento del medio ambiente o de la tecnología de producción no sea la adecuada para la máxima expresión de la variedad, o algún elemento de la tecnología se aplique inoportuna o ineficazmente, las condiciones y la expresión genética del cultivo no serán las óptimas.

Riego

El INIFAP ha regionalizado cada estado del país con base en características ecológicas y ha realizado mapas con las áreas potenciales para la producción del maíz. La Figura 17 muestra el mapa de Zacatecas con las áreas potenciales para la siembra de maíz de riego (INIFAP, 1993).

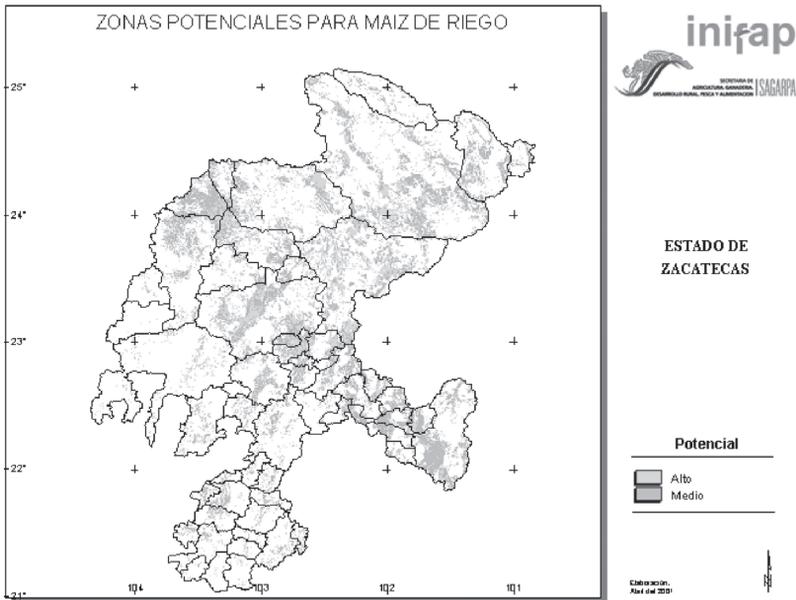


Figura 18. En el estado de Zacatecas existe una gran área con alto potencial de rendimiento de maíz de riego, pero no en toda ella se dispone de agua para su cultivo (INIFAP, 1993).

En términos generales se puede decir que las áreas indicadas en el mapa cotejan con las que en la actualidad siembran maíz de riego en el Estado, como son Fresnillo, Ojocaliente, Zacatecas, entre otros. Puede decirse que si las temperaturas son apropiadas, el suelo y agua de riego no son salinos o ácidos, no hay demasiadas piedras, no existe una fuerte pendiente, ni excesos de arena o arcilla, las áreas tendrán buen potencial para siembras de maíz de riego, puesto que los demás elementos que entran en juego para obtener una buena producción pueden controlarse. Por ejemplo, si el suelo es de textura ligera se hacen surcos cortos y se da un mayor número de riegos con láminas menores que en un suelo de textura media o pesada, en los que los surcos pueden ser muy largos.

Se espera proporcionar al cultivo el agua suficiente para alcanzar el mayor rendimiento posible, de acuerdo con diferentes aspectos como la fertilización, la densidad de plantas, la variedad sembrada, etcétera. Si no se dispone de agua para dar cinco o seis riegos de auxilio deberá sembrarse una variedad más precoz, aplicar menos fertilizante y tal vez dejar menos plantas por hectárea. Con pocos riegos se espera menor rendimiento que con cinco o seis, pero se obtendrá el máximo rendimiento por las prácticas de cultivo llevadas a cabo. La investigación realizada sobre el cultivo de maíz en Zacatecas ha determinado las prácticas de cultivo más convenientes para lograr el mejor resultado, tomando en cuenta la disponibilidad de agua para riego y otras características de suelo y de tipo socioeconómico.

En el Campo Experimental Zacatecas (CEZAC) se han obtenido experimentalmente hasta 16 ton/ha de grano de maíz bajo riego completo y 12 ton/ha en parcelas de validación (Luna y Gutiérrez, 1999 y 2000), mientras que en los CBTA de Villanueva, Ojocaliente y Valparaíso, de 10 a 12 ton/ha de grano. En la mayoría de los DDR del Estado hay productores que han obtenido de 8 a 10 ton/ha. En la Tabla 18 se muestran los rendimientos potenciales observados en parcelas de validación con productores, conseguidos en los ocho distritos. Se han superado además las 80 ton/ha de forraje verde y las 30 ton/ha de forraje seco, cuando la media estatal es 30% inferior. En la Tabla 19 se muestran rendimientos potenciales de grano de maíz de medio riego y punta de riego en los DDR de la entidad.

TABLA 18. POTENCIAL PRODUCTIVO DE MAÍZ DE RIEGO COMPLETO EN EL ESTADO DE ZACATECAS

Distrito de Desarrollo Rural	Superficie potencial (ha)	Superficie actual (ha)	Rendimiento potencial (ton/ha)	Rendimiento actual (ton/ha)
Zacatecas	322,866	9,762	8-10	3.5
Fresnillo	99,000	8,670	9-11	4.4
Jerez	0	5,642	8-10	3.4
Jalpa	1,053	2,809	7-9	3.0
Río Grande	118,830	1,151	6-8	2.2
Concepción del Oro	208,737	33	5-6	1.1
Ojocaliente	90,880	4,320	8-10	3.6
Tlaltenango	2,835	1,197	7-9	3.7
Estado	844,201	32,868	3.7	-

Fuente: INIFAP, 1993.

TABLA 19. RENDIMIENTOS POTENCIALES (TON/HA) DE MAÍZ DE MEDIO RIEGO Y PUNTA DE RIEGO EN LOS DISTRITOS DE DESARROLLO RURAL DE ZACATECAS SEGÚN LA SAGARPA 1999

Distrito	Medio riego	Punta de riego
Zacatecas	4-6	3-4
Fresnillo	4-6	3-4
Jerez	4-6	3-4
Jalpa	4-6	4-5
Río Grande	4-6	3-4
Concepción del Oro	3-4	2-3
Ojocaliente	4-6	3-4
Tlaltenango	4-6	4-5

Fuente: Información de los DDR.

Temporal

La Figura 18 muestra las áreas con potencial productivo de maíz de temporal en Zacatecas, determinadas por INIFAP (1993). Puede apreciarse que según los criterios de clasificación usados, solamente 16 mil 800 ha son de buen potencial productivo de maíz de temporal (Tabla 20), 95 mil 500 son

de potencial medio y 486 mil 100 de potencial bajo. Por tal motivo, el Estado está clasificado como uno de los menos propicios para cultivar maíz de temporal en la República Mexicana; no obstante, cada año se siembran en promedio 300 mil ha por 80 mil productores y es considerada la onceava entidad en superficie cultivada con maíz en México (INEGI, 2006).

El área de buen potencial de rendimiento de maíz de temporal en el Estado sólo se registra en el Cañón de Tlaltenango y en menor cantidad en el Cañón de Juchipila. En el primero sobresalen los municipios de Atolinga, Benito Juárez, García de la Cadena y Tepechitlán; en el segundo, Huanusco y Mezquital del Oro. En el Cañón de Tlaltenango llueve anualmente entre 650 y 750 mm y en el de Juchipila 550 a 650 mm; el ciclo de cultivo es de 110 a 130 días y las temperaturas medias van de 21 a 23 °C. No toda la superficie que se cultiva cada año con maíz de temporal en esta región se encuentra dentro del área de buena productividad, una parte es de mediana productividad.

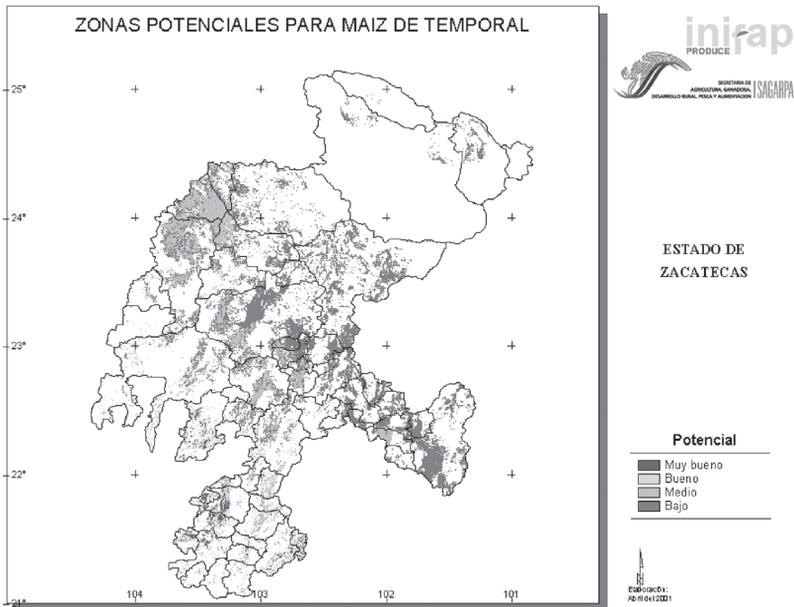


Figura 19. La mayor parte del área de maíz del estado de Zacatecas es de bajo y regular potencial de rendimiento de grano, pero su cultivo se hace principalmente con fines forrajeros (INIFAP, 1993).

La mayor área de mediana productividad para maíz de temporal en el Estado se localiza en los DDR de Jalpa, Río Grande, Tlaltenango y en los municipios de Miguel Auza, Monte Escobedo, Sombrerete y Valparaíso. En esa área llueve entre 450 y 550 mm anuales (75% en el ciclo de cultivo que es de 100 a 120 días) y las temperaturas medias van de 17 a 19 °C. Una gran área maicera es de bajo potencial de rendimiento y abarca grandes superficies de los distritos de Fresnillo, Jerez, Ojocaliente, Río Grande y Zacatecas. En Ojocaliente llueve entre 350 y 450 mm en el año (70% en el ciclo de cultivo que es de 80 a 100 días) y la temperatura media en el ciclo de cultivo oscila de 15 a 17 °C.

En la Tabla 20 se puede observar que los rendimientos de grano de maíz de temporal que se pueden alcanzar en los DDR de la entidad son superiores a los rendimientos actuales. Para lograrlo en cada región se debe aplicar oportunamente la tecnología de producción recomendada por las instituciones encargadas de ello. Existen diversos ejemplos de productores de las regiones maiceras de temporal del Estado que han obtenido rendimientos de maíz más altos que los rendimientos medios actuales mostrados en esta Tabla.

Los criterios usados para determinar las áreas potenciales de maíz no han considerado aspectos como la temperatura específica de Zacatecas ni las variedades mejoradas, las cuales están adaptadas a las condiciones de cultivo de la entidad y son distintas a las regiones del Bajío Mexicano o a la Faja Maicera de Estados Unidos de América. De tomarlas en cuenta se ampliaría el área con buen y mediano potencial, en el que se han obtenido rendimientos de grano de maíz superiores a 5 ton/ha en las áreas de buen potencial, 4 ton/ha en las de temporal regular y 2 ton/ha en las de temporal deficiente. Asimismo manifiestan una eficiencia productiva más alta que en riego, además en todos los casos son rentables y no dañan el ambiente.

TABLA 20. POTENCIAL PRODUCTIVO DE MAÍZ DE TEMPORAL EN EL ESTADO DE ZACATECAS

Distrito	Potencial productivo		Superficie actual (ha)		Rendimiento (ton/ha)		
	Clasificación	ha	F	SF	F	SF	Potencial
Zacatecas	Bajo	124,000	1,800	36,300	0.63	0.52	0.7-1.0
Fresnillo	Bueno	300	-	-	-	-	2.0-2.5
	Mediano	10,900	25,800	-	0.68	-	1.2-1.5
	Bajo	26,200	-	21,400	-	0.56	0.7-1.0

Jerez	Mediano	15,100	14,200	–	0.89	–	1.5–2.0
	Bajo	37,400	–	20,800	–	0.41	0.7–1.0
Jalpa	Bueno	2,00	–	–	–	–	2.0–2.7
	Mediano	18,600	27,800	–	–	–	1.5–2.2
	Bajo	3,000	–	4,000	–	0.60	0.8–1.2
Río Grande	Mediano	32,300	61,900	–	1.00	–	1.5–2.5
	Bajo	252,200	–	10,000	–	0.72	0.8–1.2
C. del Oro	Marginal	–	–	12,400	–	0.17	–
Ojocaliente	Mediano	400	–	–	–	–	–
	Bajo	43,300	0.0	60,400	–	0.23	0.4–0.6
Tlaltenango	Muy bueno	4,100	–	–	–	–	3.0–4.0
	Bueno	10,400	14,400	0.0	1.20	–	2.0–3.0
Mediano	18,200	–	–	–	–	1.5–2.0	–
Estatad	Muy bueno	4,100	–	–	–	–	3.0–4.0
	Bueno	12,700	14,400	–	1.24	–	2.5–3.5
	Mediano	95,500	129,700	–	0.85	–	1.5–2.5
	Bajo	486,100	1,800	152,900	0.63	0.23-0.60	0.6–1.2
	Marginal	–	–	12,400	–	0.17	–
Suma	–	598,400	145,900	165,300	–	–	–

F = fertilizado; SF = sin fertilizar.

Fuentes: INIFAP, 1993; Delegación Estatal SAGARPA; observaciones del autor y de José Ricardo Gutiérrez Sánchez, del Campo Experimental Calera.

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN

Generalidades

Los potenciales de rendimiento de maíz indicados en el apartado anterior se pueden alcanzar sin detrimento ambiental, con la aplicación oportuna y de calidad de la tecnología de producción recomendada por las instituciones encargadas de ello. Ésta se encuentra publicada en el Estado y se puede conocer en el CEZAG–INIFAP, SAGARPA y SEDAGRO, principalmente. Cuatro de las más recientes son las de Luna y Gutiérrez, 2003; Gobierno del Estado de Zacatecas, 1998; CECAL, 1997; Gutiérrez y Luna, 1997. Cabe mencionar que se difunde también a través de demostraciones anuales de campo, pláticas, cursos y programas de radio.

Las condiciones ecológicas y de cultivo no son las mismas, varían dependiendo el lugar, el año y el productor; por lo tanto, la tecnología de producción debe cambiar. Por ejem-

plo, un productor puede contar con más agua de riego que otro, más fertilizante, semilla mejorada, maquinaria y equipo para siembras de precisión. Como se señaló en el capítulo «Problemas de producción», son muchas las causas que influyen para lograr un buen rendimiento de maíz, de tal suerte que aquel que vaya a sembrarlo con este propósito deberá tener presente, además de la guía de recomendaciones, un análisis de lo que se quiere, lo que se tiene para lograrlo y lo que se puede hacer.

A continuación se anotan ciertas indicaciones muy generales de la tecnología de producción para maíz de riego (Tabla 21) y de temporal (Tabla 22) en el Estado, con base en los resultados de los experimentos e investigaciones que se han llevado a cabo sobre maíz en el CEZAC-INIFAP. En el «Apéndice» se exhibe información más completa al respecto.

Riego

En la Tabla 21 se muestra una guía general de recomendaciones para siembras de maíz de riego en Zacatecas, que se basa en el sistema general de producción y que se efectúa de acuerdo con la disponibilidad de agua. Ya se ha hecho énfasis en que el productor debe hacer lo que considere conveniente para alcanzar el máximo rendimiento, es decir, las condiciones bajo las que cultivará el maíz: el agua que aplicará, puesto que de ella dependerá la variedad al momento de sembrar, la densidad de plantas y la cantidad de fertilizante; de la variedad deberá observar su precocidad, productividad, adaptabilidad, resistencia a enfermedades, en fin será necesario que siga este procedimiento para las diferentes prácticas de manejo que realizará.

No se consideran en esta Tabla las regiones ecológicas porque al haber agua para riego, aunque la cantidad sea poca, las demás características ecológicas no serán tan limitantes dentro de la expresión genética de la variedad, en caso de que el suelo no sea salino o sódico. Como la mayoría de los suelos tienen menos de 75 cm de profundidad y poseen poca capacidad de retención de humedad, los surcos no deben ser mayores a 150 m de largo y se debe dar el número de riegos indicado. Si se siembra en la época recomendada y se toman en cuenta las sugerencias señaladas, según el sistema de siembra, se podrán alcanzar los máximos rendimientos.

TABLA 21. GUÍA SOBRE LA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN PARA EL CULTIVO DE MAÍZ DE RIEGO EN EL ESTADO DE ZACATECAS

Componente tecnológico	Riego completo	Medio riego	Punta de riego
Variedad	H-311*	H-220*	VS-201*
Época de siembra	20 de abril al 10 de mayo	10 de mayo al 10 de junio	10 de 20 de junio
Número de plantas/ha	60 mil a 70 mil	50 mil a 60 mil	40 mil a 60 mil
Semilla (kg/ha)	22.5	25.0	28.0
Distancia entre plantas (cm)	20 a 22	17 a 19	15 a 17
Dosis de fertilización	160-60 a 180-80	120-60 a 140-60	120-60 a 140-60
Rendimiento de grano esperado (kg/ha)	8 mil a 10 mil	6 mil 500 a 7 mil 500	4 mil a 5 mil

*Son ejemplos (H-311 es de 145 días a madurez fisiológica en siembras del altiplano de Zacatecas, H-220 es de 138 días y vs-201 de 120 días). La cantidad de semilla/ha está estimada con base al tamaño grande; el ancho del surco normalmente es de 81 cm, pero puede ser de 76 cm; todo el fósforo y la mitad del nitrógeno de la fertilización se debe aplicar al sembrar y el resto en la segunda escarda.



Figura 20. En Zacatecas, muchos productores han obtenido 8 a 10 ton de grano de maíz por hectárea en siembras de riego.

Temporal

En la Tabla 22 se muestra un resumen de la tecnología recomendada para siembras de maíz de temporal en cada región del Estado, con relación a la productividad esperada por sus condiciones ecológicas (Luna y Gutiérrez, 2003). En las regiones de menor productividad se aconseja al productor sembrar variedades de polinización libre (PL), para que no tenga que comprar la semilla cada vez que siembre. De igual modo, puede renovar la semilla cada tres años y así asegurar una buena calidad, pero si lleva a cabo una selección visual de plantas en el campo con el fin de obtener la semilla de la siembra siguiente, la variedad mantendrá un buen potencial de rendimiento y calidad, e incluso podrá mejorarse. Para conseguirlo deberá elegir del centro de la parcela y evitar las plantas que tal vez se polinizaron con siembras vecinas. Podrá hacer la selección en cuanto a su porte, precocidad, sanidad, productividad, resistencia al acame, entre otras características, pero es esencial que escoja plantas próximas a otras de maíz. De no hacerlo así, posiblemente elija aquellas que no tengan competencia por nutrientes, agua, luz y que no posean genes óptimos.

En el caso en que las condiciones de cultivo son más limitadas se aconseja utilizar variedades muy precoces, para las intermedias sólo precoces y para las mejores áreas variedades un poco tardías. Sin embargo, estas últimas pueden sembrarse en la región de mediano potencial cuando comienza a llover temprano, puesto que rinden más que las precoces. Una variedad precoz se tendrá que sembrar en la región de buena productividad cuando el inicio de las lluvias sea tardío, con la finalidad de evitar daños por sequía o heladas. De esta manera, las indicaciones de la Tabla 22 sólo servirán de guía a técnicos y productores, quienes se verán obligados a emitir recomendaciones más precisas para sus lugares de siembra y condiciones específicas de cultivo.

Así como se toman en cuenta diferentes elementos para las variedades, deberá hacerse también con el manejo de la fertilización (Tabla 22) porque depende de la disponibilidad de agua de lluvia. La información es resultado de varios años de experimentación en localidades del Estado, pero los técnicos y productores conocen mejor sus condiciones de cultivo y son ellos quienes tienen la decisión final. Las dosis de fertilización más altas corresponden a la región de buena productividad, en la cual los productores han aplicado casi el doble de las cantidades mencionadas en la Tabla 22, de acuerdo con los resultados experimentales las dosis señaladas son suficientes. Una dosis de 30-30-00 ya aplicada se paga con 110 kg de grano de maíz (sin contabilizar el rastrojo).

Las densidades de plantas que se citan deben acompañarse de la fertilización anotada, de no fertilizar es mejor tener densidades de 25 mil plantas por hectárea, porque si la cantidad es más elevada existe el riesgo de que muchas plantas no produzcan mazorca por falta de nutrimentos. Por el contrario, si se fertiliza y se tiene una baja densidad de plantas, no se aprovechará en su totalidad el fertilizante, debido a que las variedades tienen un límite genético de productividad por planta, con relación al agua disponible.

TABLA 22. GUÍA SOBRE LA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN PARA EL CULTIVO DE MAÍZ DE TEMPORAL EN EL ESTADO DE ZACATECAS

Componente tecnológico	Potencial		
	Bajo	Medio	Alto
Varietades	V-209, VS-202 y criollos precoces	VS-201 y Cafime	H-220, H-311 y HV-313
Fecha límite de siembra	10 de julio	5 de julio	5 de julio
Dosis de fertilización	30-30-00	30-30-00 a 40-40-00	60-40-00 a 80-40-00
Rendimiento esperado (kg/ha)	600-1000	800-mil 500	2 mil 500 a 5 mil

El número de plantas por hectárea es de 35 mil a 40 mil, lo cual se alcanza sembrando 15 kg/ha de semilla grande (más o menos una planta cada 33 cm, en surcos de 76 a 81 cm de ancho). Cuando la cantidad de nitrógeno pasa de 60 kg/ha, deberá aplicarse la mitad al sembrar junto con todo el fósforo y el resto en la segunda escarda.



Figura 21. En temporal se pueden elevar entre 50 y 100% los rendimientos de grano de maíz en Zacatecas.

GUÍA PARA CULTIVAR MAÍZ DE TEMPORAL EN EL ALTIPLANO
DE ZACATECAS (GUTIÉRREZ Y LUNA, 2003)

Introducción

En el Estado, anualmente se cultivan en condiciones de temporal un promedio de 300 mil ha de maíz, con un rendimiento medio aproximado de 670 kg por hectárea. Este rendimiento es bajo en comparación con el rendimiento medio nacional y el potencial que se puede lograr, al aplicar una tecnología de producción mejor que la tradicional. El bajo nivel se debe a que el cultivo se desarrolla en una gran superficie que presenta un temporal crítico, además la mayoría de los productores no aplican las innovaciones generadas por la investigación agrícola. En esta guía se presenta la tecnología que se ha generado en el Campo Experimental Zacatecas para el cultivo del maíz, en las regiones de bajo y mediano potencial de Zacatecas (ver Figura 18).

Regiones

Las regiones que se muestran en la Figura 18 se obtuvieron valorando la precipitación y temperatura media que se registran en el ciclo de cultivo, así como la profundidad y pendiente del suelo. En el área de bajo potencial se perciben en promedio menos de 300 mm de precipitación en un ciclo de cultivo corto (90 a 100 días); abarca los DDR de Jerez, Zacatecas, gran parte de Fresnillo, Ojocaliente y Río Grande. En la región de potencial mediano llueven entre 300 y 450 mm en un ciclo de 100 a 120 días, comprende la mayor parte de Río Grande y las áreas de Valparaiso y Monte Escobedo. En la región de potencial alto llueven entre 450 y 650 mm en un ciclo de cultivo de 120 a 135 días, se localiza en la región conocida como Los Cañones (en esta zona no es aplicable la tecnología sugerida).

Preparación del terreno

En las zonas de potencial mediano y bajo se acostumbra dar un barbecho y un rastreo antes de sembrar; sin embargo, se ha observado que el rendimiento no se reduce si se barbecha sólo cada tres años y se rastrea anualmente. En todo caso lo que se busca es que el terreno capte la mayor cantidad de agua de lluvia y se

pueda sembrar con facilidad, esto con el menor costo posible como lo sugiere la labranza mínima. La labranza de conservación implica la realización del menor número de labores de preparación del suelo para la siembra (conocida como labranza cero), y la adición de materia orgánica. Con ello se busca conservar mejor el suelo y agua, situación que no se puede efectuar cuando se llevan a cabo diversos pasos de maquinaria.

Como la mayoría de los productores están acostumbrados a realizar el barbecho y rastreo, se sugiere que prueben en un pequeño lote de su parcela la labranza cero u otra modalidad que implique menos gastos, sin deterioro del suelo y el rendimiento, para comparar bajo sus condiciones de suelo si es conveniente cambiar el tipo de labranza. Agregar materia orgánica al suelo es una tarea difícil, ya que se debe dejar el rastrojo. Éste bajo temporal es poco y en los siete meses que existen entre la cosecha y la siguiente siembra, podría ser arrastrado en gran parte por el viento. En caso de que se deseara incorporarlo, el rastrojo se tendría que barbechar o rastrear poco después de la pizca para aprovecharlo al máximo. Se puede añadir también materia orgánica de otras fuentes, como estiércol o cualquier sustancia que mantenga la humedad del suelo.

Variedades

Las variedades¹⁰ mejoradas que han mostrado más alto rendimiento y sanidad, en siembras de temporal de las regiones de bajo y mediano potencial de Zacatecas se describen a continuación.

v-209. Es una variedad muy precoz, con una altura de planta de 1.75 m. El jilote aparece de 60 a 62 días después de la siembra y sus mazorcas maduran entre los 90 y 100 días. Se recomienda para zonas de bajo potencial, donde su rendimiento puede ser de 500 a mil 500 kg de grano por hectárea y mil a 2 mil 500 kg de rastrojo, según se presenten las lluvias.

vs-202. Es una variedad precoz, con una altura de planta de 1.9 m. El jilote aparece entre los 61 y 63 días de la siembra, sus mazorcas maduran de los 100 a los 105 días y su rendimiento aproximado es de 600 a mil 600 kg de grano por hectárea y mil 200 a 3 mil de rastrojo. Se recomienda para zonas de bajo potencial.

¹⁰ No es necesario que los productores adquieran la semilla de estas variedades cada vez que siembran, porque no se «degenera» como la semilla de híbridos, a estas variedades se les llama de «polinización libre».

Cafime y *vs-201*. Estas variedades son de ciclo intermedio, con 2 m de altura de planta. Sus jilotes aparecen entre los 65 y 68 días de la siembra y maduran a los 110 días; rinden hasta 2 mil 500 kg de grano seco por hectárea y 3 mil 500 de rastrojo, cuando llueve bien y se aplica la tecnología sugerida en el presente texto. Se debe sembrar en zonas de mediano potencial o en siembras tempranas de la región de bajo potencial.

SB-101. Su ciclo es intermedio, con una altura de planta de 2.1 m. El jilote aparece de los 66 a los 69 días de la siembra y madura entre los 110 y 115; rinde hasta más de 2 mil 500 kg de grano por hectárea y más de 3 mil 500 de rastrojo, cuando llueve bien y se aplica la tecnología recomendada. Se desarrolla adecuadamente en zonas de mediano potencial o en siembras tempranas de la región de bajo potencial.

Época de siembra

En las regiones de bajo y mediano potencial de Zacatecas, la siembra de maíz de temporal se debe realizar al inicio de la temporada de lluvias y cuando el suelo muestre la humedad suficiente para una buena germinación y nacencia. La fecha límite para sembrar las variedades *v-209* y *vs-202* es el 15 de julio, mientras que para *Cafime*, *vs-201* y *SB-101* el 30 de junio. Si estos maíces no se siembran en las fechas indicadas, el desarrollo de las plantas podría ser anormal: no se obtendrían los rendimientos esperados y las siembras tardías se verían dañadas por heladas tempranas, o por no completar su ciclo vegetativo a causa de la falta de humedad (en algunos años la temporada de lluvias termina a principios de septiembre).

Método y densidad de siembra

La siembra se debe realizar en surcos separados 76 cm entre sí con una densidad de 35 mil a 40 mil plantas por hectárea, para ello se requiere sembrar 15 kg de semilla, aunque esto puede variar de acuerdo con su tamaño y porcentaje de germinación. Antes de la siembra es necesario calibrar la sembradora para que tire tres granos por metro lineal, es decir 33 cm entre granos depositados a una profundidad aproximada de 8 cm.

Fertilización

La dosis de fertilización por hectárea que se recomienda para la región de bajo potencial es 30-30-00 y en la de potencial mediano 60-40-00, aplicadas al momento de la siembra o en la primera escarda. El fertilizante debe ser aplicado en banda, a unos 10 cm de la línea de siembra y 10 cm de profundidad, no debe quedar junto con la semilla porque puede evitar su germinación. La dosis de fertilización 30-30-00 se puede preparar mezclando 65 kg de urea con 65 kg de superfosfato de calcio triple. Para calibrar la fertilizadora, si se siembra en surcos separados a 76 cm, se deben obtener 200 gr de la mezcla en cada manguera, en 20 m recorridos por el tractor. También se puede conseguir al juntar 65 kg de la fórmula 18-46-00 con 40 kg de urea; por cada 20 m de recorrido del tractor se logran 160 gramos de este compuesto en cada manguera.

La dosis 60-40-00 se obtiene al unir 130 kg de urea con 87 de superfosfato de calcio triple; por cada 20 m recorridos por el tractor se debe contar con un total de 330 gr de la mezcla en cada manguera. Si se usa la fórmula 18-46-00 y urea, se tendrán que mezclar 87 kg de la fórmula con 93 kg de urea para conseguir 280 gr en cada manguera, en 20 m recorridos por el tractor.

Control de malas hierbas

El cultivo de maíz debe permanecer libre de maleza al menos durante los primeros 40 días de su desarrollo, ya que compite con ella por luz, agua y nutrimentos. Existen diferentes métodos de control para alcanzar este aislamiento.

Control mecánico: consiste en realizar una escarda tres semanas después de nacer el maíz y otra ocho días después. Con esto, además de eliminar las malas hierbas, se mejora la aireación de la parte superficial del suelo, así como su capacidad de captar y conservar la humedad. Cuando después de las escardas aparecen malas hierbas, se acostumbra hacer un deshierbe manual con azadón o «rozadera».

Control químico: se recomienda aplicar el herbicida Gesaprim 50, a razón de 1.5 a 2 kg/ha; tal acción se debe realizar antes de que emerjan las malas hierbas y el cultivo. También se puede emplear el herbicida 2,4-D Amina, cuan-

do el maíz posea una altura de 8 a 25 cm, en dosis de 1 a 1.5 litros/ha. El manejo de herbicida es delicado, no se debe utilizar un herbicida caduco, es conveniente calibrar la bomba, usar las boquillas adecuadas y la misma velocidad de calibración, también se debe procurar que el suelo contenga humedad de uno a cuatro días después de aplicarlo.

Plagas

Entre las principales plagas que atacan al maíz en Zacatecas se encuentran: gusano cogollero, de alambre y soldado; araña roja, gallina ciega, chapulines y picudos. La dosis y el nombre de los productos químicos para su control y el criterio para su aplicación se exponen en la Tabla 4.

TABLA 4. PRINCIPALES PLAGAS QUE ATACAN AL MAÍZ EN ZACATECAS, PRODUCTOS, DOSIS Y CRITERIOS PARA SU CONTROL, 2003

Plaga	Producto comercial	Dosis/ha	Criterio de aplicación
Gallina ciega	Furadán 5%G	25 kg	Cuando se sabe de antemano que existe la plaga, la aplicación es al suelo, al sembrar o antes
Phyllophaga spp. y gusano de alambre	Difonate 10%G	20 kg	–
Volatón 5%G	25 kg		–
Agriotes sp.	Counter 5%G	20 kg	–
Gusano cogollero	Sevín 5%G	10 kg	Cuando de 100 plantas revisadas 25 ó más tengan gusanos o daños
Spodoptera frugiperda	Dipterex 4%P	12 kg	–
(J.E. Smith)	Gusatió metílico 20	1.0 lt	–
Lannate 1.5%P	5 kg	–	–
Araña roja	Supracid	0.75 lt	Cuando 15 ó 20 plantas de 100 tengan plaga o el daño que se inicia en el envés de las hojas inferiores; dirigir a esos; lugares la aspersión
Oligonychus mexicanus	Gusatió metílico 20	1.5 lt	–

Mc Gregor y Ortega	Malatión 1000E	1.5 lt	-
Paratión metílico 720	1.0 lt	-	-
Gusano soldado	Sevín 80%	1.5 kg	Cuando de 100 plantas revisadas 10 tengan larvas.
Pseudaletia unipuncta	Tamarón 600	0.75 lt	-
(Haworth)	Dipterex	1.7 lt	-
Lannate 90	0.5 kg	-	-
Chapulines	Malatión 1000E	1.0 lt	Cuando se empieza a observar un fuerte ataque.
Melanoplus spp.	Sevín 80%	1.5 kg	-
Picudos	Malatión 1000E	1.0 lt	Cuando se observa un ataque fuerte.
Geraeus senilis (Gyll)	Sevín 80%	1.5 kg	-

Enfermedades

Las enfermedades que se presentan con mayor frecuencia en el cultivo de maíz en el Estado son la roya o chahuixtle, tizón de la hoja, falso carbón de la espiga y pudriones de la mazorca. En general, estas enfermedades no son de importancia económica en Zacatecas y una forma de disminuir sus daños es sembrar las variedades que se recomiendan aquí.

Cosecha

La cosecha se realiza cuando el grano alcanza su madurez, dicha acción ocurre cuando el 75% de las hojas están secas o muestran un amarillamiento. En ese momento es posible romper los granos con los dientes y al desprenderlos del olate presentan una «mancha» negra en su base. Muchas veces los productores cortan las plantas de 8 a 10 días antes de la madurez y las «amonan» o hacen montones en el suelo. Lo anterior es correcto porque el peso final del grano no se afecta y el rastrojo que se obtenga será de más calidad que si la planta se dejara en pie para cortarla hasta que se secara por completo.

Selección de grano para semilla

Un productor puede seleccionar y mejorar genéticamente poco a poco su semilla de siembra. Para lograrlo no deberá seleccionarla del conjunto de mazorcas de las arsinas de plantas de maíz, puesto que aquellas que escoge, aunque sean grandes, pueden provenir de plantas que en la parcela estuvieron en la orilla o en el centro pero sin competencia de otras a sus lados. Al no tener competencia, pudo disponer de más nutrimentos, agua y luz, que si la hubiera tenido. Al sembrar la semilla de las mazorcas no se obtendrán éstas del mismo tamaño cuando se coseche, porque no se optó por genes para buen rendimiento, sino que se eligieron mazorcas grandes por efecto del medio ambiente y esto no se hereda.

Para asegurarse que se selecciona genéticamente y que se puede heredar, se deben seguir los siguientes pasos:

a) La selección se llevará a cabo en la parcela antes de cosechar, aunque ello signifique un esfuerzo adicional del productor.

b) Se deben escoger plantas del centro de la parcela, porque son las que se encuentran lejos de otras siembras de maíz que quizá contaminaron las plantas de la orilla con polen diferente al de la variedad del productor, y con ello se «degenera».

c) Es pertinente elegir plantas que se encuentren cerca de otras. Debido a que las plantas deberán ser sanas, productivas y del gusto del productor, se asegura que lleven genes positivos.

d) Conseguir la cantidad de semilla que se requiere para la siembra del ciclo siguiente, secarla al sol y tratarla con Malatión al 4 % por cada 100 kg, antes de guardarla en un lugar seguro y seco. Es importante señalar que esta semilla no es comestible. Si cada mazorca produjera en promedio 50 gr de grano y necesitara 15 kg para una hectárea, entonces se requeriría seleccionar 300 plantas o un poco más con la finalidad de completar la semilla para una hectárea, dicha selección deberá realizarse anualmente. El resultado podría ser muy bueno, en un periodo de tres años sería posible observar las diferencias entre la variedad original y la escogida.

GUÍA PARA CULTIVAR MAÍZ DE RIEGO EN EL ALTIPLANO DE ZACATECAS

Introducción

En Zacatecas, en los últimos años se han sembrado en promedio 32 mil ha de maíz de riego: 60% con agua de bombeo y 40% de gravedad. En la mayoría de las siembras de maíz de riego se perciben deficiencias de manejo, lo que ocasiona rendimientos bajos, sobre todo en las áreas regadas por gravedad. Esto se debe a la menor disponibilidad de agua para la planta, a las siembras tardías y al empleo de variedades precoces. Los rendimientos obtenidos de grano de maíz de riego varían entre 3.5 y 4.0 ton/ha, son de 60 a 100% más bajos que los observados en parcelas de validación, demostración y comerciales de productores que aplican tecnología de producción moderna.

La guía que se presenta resume la información tecnológica generada en 30 años de investigación en maíz de riego por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Zacatecas. Con su aplicación se pueden elevar de modo significativo los rendimientos y la rentabilidad económica de este cultivo en el Estado, sin detrimento ambiental.

Preparación del suelo

La finalidad de la preparación del suelo es contar con una «cama de siembra» de 30 a 40 cm de profundidad, suave, porosa, nivelada, sin terrones, con la menor cantidad posible de semillas de malas hierbas, de huevecillos de plagas y de inóculos de enfermedades. Esto se logra con un barbecho, uno o dos pasos de rastra y nivelado; luego se surca o amelga para dar un riego de presiembra, cuando puede entrar el tractor o la yunta se rastrea y de inmediato se siembra a «tierra venida». De no conseguir una buena preparación del suelo, se podría presentar ineficiencia en los riegos, desperdicio de agua, irregular nacencia de plántulas, mayor cantidad de plagas y enfermedades, lo que conduciría a un menor rendimiento.

En el Estado, una preparación normal de suelo para sembrar maíz de riego incluye un barbecho, uno o dos pasos de rastra, a veces mullidor, nivelación, trazo del riego, riego de presiembra y rastreo. Estas prácticas implican bastante gasto económico y endurecimiento del suelo a unos 30 a 40 cm de profundidad, lo cual su-

giere el paso de un arado de subsuelo cada tres años, para romper esa «capa dura». Cabe mencionar que todo lo que incluye la preparación sugiere el uso de labranza mínima, con los implementos que se posea y con la orientación de técnicos especialistas en ello, porque cada terreno puede necesitar una labranza específica.

Variedades y época de siembra

Siembras de riego completo

Las siembras de riego completo son las más productivas, se deben sembrar variedades que alcancen su madurez de los 140 a 150 días de la siembra. La fecha conveniente para llevarlas a cabo es entre el 20 de abril y el 10 de mayo, si se siembra antes a veces es necesario gastar en un riego más, sin ganancia económica; si se siembra después, el cultivo no aprovecha el calor de mayo y además se expone a daños por heladas tempranas.

Hasta el año 2002, de acuerdo con decenas de experimentos de evaluación de híbridos en Zacatecas, uno de los mejores para este sistema de siembra ha sido H-311, obtenido por el INIFAP. Ni siquiera aquellos producidos por las compañías privadas y que poseen un ciclo vegetativo y rendimiento semejantes a él lo han superado. H-311 es un híbrido de 145 días a madurez, grano blanco, 2.6 a 2.7 m de altura de planta, 18 hojas en promedio y de una a dos mazorcas por planta, mazorcas de 16 a 18 cm de largo, con 14 a 18 hileras, de 35 a 40 granos por hilera, 3 mil a 3 mil 500 granos por kilogramo de grano al 14% de humedad, resistente al «acame» y a enfermedades.

Cuando se realizaron las indicaciones técnicas de la presente guía para siembras de maíz de riego completo, varios productores habían conseguido de 8 a 10 ton/ha de grano y de 15 a 18 ton de rastrojo. Los informes técnicos anuales de 2000 y 2001 del programa de maíz del CEZAC, mencionan haber obtenido hasta 16 ton/ha de grano de maíz al 14% de humedad y 30 ton de rastrojo.

Siembras de medio riego

Las siembras de maíz de medio riego en Zacatecas se hacen en general del 10 de mayo al 10 de junio. Los maíces más apropiados para este tipo de siembras deben ser de 125 a 135 días a madurez, como el híbrido H-220 de 135 días para siembras del 10 al 31 de mayo.

H-220 es de grano blanco, tiene una altura media de planta de 2.6 a 2.7 metros, 17 a 18 hojas en el tallo principal, una a dos mazorcas por planta, mazorcas de 15 a 17 cm de largo, con 14 a 16 hileras, 30 a 40 granos por hilera, 3 mil a 3 mil 500 granos por kilogramo de grano al 14% de humedad, resistente al acame y enfermedades. En buenos cultivos con H-220 se han obtenido 5 a 7 ton/ha de grano y 9 a 14 ton de rastrojo.

Siembras de punta de riego

Estas siembras normalmente se realizan entre el primero y 20 de junio, pero en diversas ocasiones se hace después de los cultivos de invierno, por lo que requieren de maíces precoces de no más de 125 días a madurez para que no sean dañados por heladas. Uno de los mejores maíces en dicho tipo de siembras es la variedad sintética vs-201, es importante subrayar que al no ser un híbrido, los productores pueden sembrar semilla de la cosecha por lo menos dos años seguidos, sin que su calidad genética y rendimiento disminuyan de modo drástico.

Incluso, como se indicó en la *Tecnología para siembras de maíz de temporal*, si se selecciona la semilla en el campo antes de cosechar, la calidad se mantiene y todavía se puede mejorar. vs-201 es de grano blanco y es una de las variedades de mayor sanidad que se han obtenido, su altura media de planta en siembras de riego es de más de 2 m, tiene de 13 a 15 hojas en el tallo principal, mazorcas de 13 a 15 cm de largo, con 12 a 14 hileras, 3 mil granos por kilogramo de grano al 14% de humedad. Con buenos cultivos de vs-201 se han alcanzado de 4 a 5 ton/ha de grano y 7 a 9 ton de rastrojo.

Cantidad de semilla y densidad de siembra

Las compañías de semillas venden al público semilla de maíz de diferente tamaño y forma: plano y bola media, plano y bola grande. Esto tiene que ver con los kilogramos de semilla que se deben sembrar por hectárea y con los platos y tipo de sembradora, si la siembra se hace mecánicamente. Un kilogramo de semilla de tamaño medio contiene 3 mil 500 granos y uno de tamaño grande 3 mil. Los agujeros de los platos para semilla grande deben ser de mayor diámetro, que los que se usan para sembrar semilla de tamaño medio. Asimismo puede haber semilla chica, con 4 mil granos por kilogramo. Tratándose de la misma variedad o hí-

brido, no habrá diferencias genéticas entre las plantas obtenidas, aun y cuando provenga de semilla chica, mediana o grande; sin embargo, se ha comprobado que en la nacencia y crecimiento inicial, las plántulas de semillas grandes y medianas son más vigorosas que las de semillas chicas.

En una siembra de riego completo debe buscarse tener una cosecha de 60 mil plantas por hectárea; para ello debe haber una planta cada 20 cm en surcos separados por 82 cm y cada 22 cm en surcos separados por 76 cm. Para alcanzar la densidad de plantas indicada, es necesario sembrar de 22 a 24 kg/ha de semilla de tamaño grande o de 20 a 22 de tamaño medio, con esas cantidades se sembrará mayor densidad de la esperada. Al final se obtendrán más o menos 60 mil plantas por hectárea porque no todas las semillas germinan: algunas plántulas no alcanzan a emerger del suelo, otras se pierden por plagas al cultivar.

En las siembras de medio riego es indispensable contar con 50 mil a 60 mil plantas por hectárea, en tal caso deberá existir una planta cada 22 a 27 cm en surcos de 76 cm de ancho y cada 20 a 24 cm en surcos de 82 cm de ancho. Esa densidad de plantas se alcanza con 18 a 20 kg de semilla de tamaño medio y 20 a 24 de tamaño grande. Por otro lado, en una siembra de punta de riego se deberán conseguir 40 mil a 50 mil plantas por hectárea, para lograrlo deberá haber una planta cada 25 a 35 cm en surcos de 82 a 76 cm de ancho. En total se necesitarán 16 a 18 kg/ha de semilla de tamaño grande o 15 a 16 de tamaño medio. Para alcanzar la densidad de plantas requerida, se debe calibrar la sembradora antes de la siembra y simularla las veces que sea necesario en 20 a 50 m lineales, hasta que las semillas queden a la distancia prevista según el tipo de siembra y el tamaño de semilla.

Fertilización

Para que las plantas crezcan, desarrollen y produzcan bien, se debe agregar al suelo la cantidad requerida de fertilizante en las épocas y formas recomendadas. No se debe añadir mayor cantidad de la indicada porque se gastaría más sin rédito económico y posiblemente con deterioro ambiental. En siembras de riego completo que se vayan a efectuar después de haber cosechado chile o frijol (que se fertilizó de manera adecuada), se recomienda aplicar la dosis 140–60–00. Si en el ciclo anterior se sembró maíz, trigo, avena o cebada, se sugiere añadir 160 a 180 kg de nitrógeno por hectárea y 60 a 80 de fósforo. En las siembras de medio riego

se aconseja usar 100 a 120 kg de nitrógeno por hectárea y 40–60 de fósforo; en las de punta de riego la dosis 80–40–00.

La forma tradicional de fertilizar el maíz en Zacatecas es emplear una sembradora–fertilizadora de tractor. Por lo tanto, al sembrar es conveniente aplicar entre un tercio o la mitad del nitrógeno recomendado y todo el fósforo, con la indicación de que éste no debe quedar cerca de la semilla, sino de 5 a 10 cm abajo y a un lado para evitar que las semillas se «quemem». El resto del nitrógeno se debe utilizar en la segunda escarda, pero se debe tomar en cuenta que si se usa todo desde la siembra, se puede perder una gran cantidad por lixiviación y escurrimiento. Además si la aplicación se hace después de la segunda escarda, la planta no aprovechará todo el fertilizante por su estado de desarrollo. Algunos productores de Zacatecas han sembrado maíz con el sistema de fertirrigación. En este sistema la fertilización se puede dosificar en varias aplicaciones durante el crecimiento y desarrollo de la planta, con la finalidad de lograr mejores resultados que en el sistema anterior, para ello debe recurrirse a la orientación de especialistas.

Existen diferentes fuentes de nitrógeno y fósforo que se pueden emplear para lograr las dosis recomendadas antes. Por ejemplo, el nitrógeno se puede proporcionar a través de Amoníaco Anhidro, Urea, Nitrato de Amonio, Sulfato de Amonio, las fórmulas 18–46–00, 17–17–17, Nitrato Chileno; mientras que el fósforo, mediante las fórmulas señaladas con anterioridad: Superfosfato Simple de Calcio, Superfosfato Triple de Calcio, etcétera. Tales fuentes contienen un porcentaje de nitrógeno y/o fósforo aprovechables, por lo que se debe calcular la cantidad que se aplicará de cada uno para proporcionar las cantidades de nitrógeno y fósforo recomendadas. En este caso también es conveniente recurrir a la orientación de técnicos del Gobierno del Estado o de la Federación.

Riegos de auxilio

El cultivo debe disponer de agua suficiente para un buen crecimiento y desarrollo. Debido a que la mayoría de los suelos agrícolas de Zacatecas tienen menos de 75 cm de profundidad, se sugiere que los surcos no sean mayores de 150 m de largo para evitar pérdida de agua por escurrimiento sobre la capa de tepetate. Las necesidades de agua por la planta de maíz no son iguales a través de ciclo vegetativo: si le falta agua de la nacencia a la formación de la séptima hoja, sólo se reduce notoriamente el rendimiento de

rastrojo; pero si el agua falta en la floración o llenado del grano, el rendimiento de éste disminuye en gran cantidad.

En el caso de que no lloviera «bien» durante el desarrollo del cultivo en siembras de riego completo, tendrían que darse de seis a siete riegos de auxilio: el primero entre los 25 a 30 días después de la siembra, el segundo de los 45 a 50, el tercero de los 65 a 70, el cuarto de los 82 a 85, el quinto de los 92 a 95, el sexto a los 105 y el séptimo a los 115 días después de la siembra. Por lo general, en Zacatecas llueve bastante entre fines de junio y el 15 o 20 de julio, éstas y otras lluvias ocasionan que se humedezca a profundidad el suelo, lo que reduce el número de riegos, a la vez que se modifica su calendario. De cualquier manera, el productor debe tener cuidado porque a veces las lluvias sólo mantienen de dos a cinco días la humedad aprovechable del suelo, de modo que si no se riega pronto, el cultivo se ve perjudicado por sequía. El número de riegos también depende de la textura del suelo, el contenido de materia orgánica, la longitud de los surcos, entre otras cosas.

En las siembras de maíz de medio riego y punta de riego deben usarse los mismos criterios y precauciones anotadas en el párrafo anterior. Sólo hay que tener presente que en el sistema de siembra de medio riego pueden darse de uno a cuatro riegos de auxilio en general, a diferencia del de punta de riego donde teóricamente se da uno. El control de maleza y plagas, así como lo referente a enfermedades y cosecha, se puede consultar en el apartado «Tecnología de producción de maíz de temporal».

A P É N D I C E

TABLA 1A. PAÍSES CON MAYOR SUPERFICIE COSECHADA
DE MAÍZ (MILES DE HA)

País	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2004
EUA	23,212	27,366	29,526	30,406	27,094	26,303	29,316	29,798
China	15,838	18,629	20,372	17,747	21,087	22,846	23,086	25,467
Brasil	9,858	10,655	11,451	11,802	11,471	13,960	11,615	12,411
México	7,440	6,694	6,776	8,479	7,400	8,020	7,131	7,688
India	5,852	6,031	6,005	5,900	6,000	6,100	6,611	7,500
Sudáfrica	5,200	5,700	4,800	4,400	3,745	3,526	3,814	3,204
Nigeria	1,449	971	465	1,556	5,104	5,472	3,999	4,466
Argentina	4,017	3,070	2,490	3,294	1,626	2,522	3,088	2,331
Mundo	114,018	122,634	126,971	131,971	129,050	136,262	138,620	147,263

Fuente: FAO, 2006.

TABLA 2A. RENDIMIENTO DE MAÍZ (KG/HA)
EN LOS PAÍSES MÁS PRODUCTORES

País	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2004
EUA	4,544	5,421	5,712	7,406	7,437	7,120	8,590	10,065
China	2,089	2,542	3,078	3,609	3,905	4,920	4,600	5,122
Brasil	1,442	1,505	1,779	1,866	1,865	2,600	2,745	3,368
México	1,194	1,252	1,826	1,640	1,693	2,205	2,462	2,820
India	1,279	1,203	1,159	1,178	1,500	1,460	1,822	1,880
Sudáfrica	1,179	1,604	2,235	1,682	2,647	1,380	2,997	3,110
Nigeria	1,000	1,372	1,316	1,174	1,130	1,267	1,027	1,070
Argentina	2,330	2,508	2,570	3,613	3,105	4,520	5,434	6,440
Mundo	2,338	2,791	3,126	3,702	3,633	3,785	4,276	4,920

Fuente: FAO, 2006.

TABLA 3A. PAÍSES CON MAYOR PRODUCCIÓN DE MAÍZ (MILES DE TON)

País	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2004
EUA	105,475	148,433	171,605	225,187	201,498	187,305	251,824	299,917
China	33,086	47,355	62,705	64,050	82,345	112,362	106,196	130,442
Brasil	14,215	16,036	20,371	22,020	21,393	36,275	31,883	41,800
México	8,883	8,381	12,373	13,905	12,528	18,353	17,557	21,680
India	7,485	7,255	6,960	6,950	9,000	8,900	12,045	5,910
Sudáfrica	6,131	9,143	10,728	7,400	9,913	4,866	11,431	9,964
Nigeria	1,443	1,332	612	1,826	5,768	6,931	4,107	4,779
Argentina	9,360	7,700	6,400	11,900	5,050	11,404	16,780	15,012
Mundo	266,574	342,271	396,911	488,557	468,840	516,000	592,739	724,534

Fuente: FAO, 2006.

TABLA 4A. SUPERFICIE SEMBRADA (MILES DE HA)
DE MAÍZ DE RIEGO EN MÉXICO DE 1995 AL 2004

Estado	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Aguascalientes	12.5	14.9	11.9	13.2	6.8	5.8	4.3	4.9	5.3	5.8
Baja California	2.1	2.0	2.0	2.1	2.1	2.7	1.2	1.6	0.8	0.0
Baja Cal. Sur	8.6	22.7	19.8	13.1	10.8	8.4	6.2	5.1	5.8	8.0
Campeche	1.2	0.8	0.5	0.7	0.7	0.7	0.0	0.6	0.5	0.2
Coahuila	17.7	8.4	12.8	7.5	6.8	8.4	6.1	3.9	4.7	6.1
Colima	4.8	5.3	5.1	3.6	3.3	3.1	3.0	2.2	2.0	2.1
Chiapas	14.4	16.5	14.4	14.9	15.9	13.3	14.5	22.0	11.6	12.4
Chihuahua	50.3	60.3	94.4	71.5	62.3	32.0	21.7	64.6	63.7	67.8
Distrito Federal	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Durango	46.5	38.4	45.0	32.5	29.6	26.7	8.8	18.6	29.7	33.7
Guanajuato	92.5	80.8	81.4	80.7	89.1	87.4	94.9	92.7	113.3	103.7
Guerrero	21.3	25.8	26.3	24.4	29.3	26.7	28.1	29.1	28.0	35.4
Hidalgo	57.7	62.8	56.5	57.6	57.6	54.8	57.1	56.8	57.5	58.5
Jalisco	38.5	37.3	41.9	31.9	44.7	35.5	32.3	42.0	37.1	34.1
Edo. de México	106.2	105.2	102.0	90.4	100.5	101.1	101.4	100.7	105.0	102.5
Michoacán	98.9	97.9	87.1	75.8	79.8	76.0	76.6	83.7	85.1	88.1
Morelos	12.8	10.0	10.2	9.3	9.5	10.5	12.0	6.5	5.8	5.2
Nayarit	12.8	10.0	10.2	7.2	6.3	6.2	6.3	7.0	5.9	5.8
Nuevo León	7.1	6.5	6.3	7.8	9.8	7.3	5.6	6.6	6.2	5.3
Oaxaca	16.1	10.8	12.1	47.7	43.3	44.5	49.9	48.7	48.2	47.1

Puebla	44.3	43.5	46.6	48.0	48.7	47.3	45.3	49.1	42.7	49.2
Querétaro	29.0	28.5	27.2	21.3	27.2	24.0	24.1	23.4	24.8	24.1
Quintana Roo	0.0	0.0	0.3	0.1	0.7	0.0	0.1	0.2	0.5	1.0
San Luis Potosí	23.4	19.2	29.3	23.1	18.7	10.0	15.1	16.0	16.7	14.5
Sinaloa	287.0	213.4	385.7	350.7	199.4	274.4	296.8	360.0	294.3	453.5
Sonora	95.2	166.9	115.9	86.7	56.9	13.3	13.7	26.4	36.4	33.6
Tabasco	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tamaulipas	253.5	42.0	49.3	45.2	24.2	27.2	26.0	44.2	49.0	68.1
Tlaxcala	17.7	17.1	17.0	17.0	16.6	17.4	16.0	16.5	16.7	16.3
Veracruz	3.2	4.3	4.4	4.0	4.6	4.8	5.4	3.9	4.7	4.3
Yucatán	1.9	2.2	2.3	2.2	2.2	2.8	1.9	1.8	2.0	2.2
Zacatecas	32.0	34.0	33.9	34.2	30.2	33.5	30.5	32.9	32.8	28.7
Total	1400.4	1456.9	1229.0	1225.2	1029.2	1015.8	1000.1	1174.0	1115.6	1326.6

Fuente: Anuarios Estadísticos de la SAGARPA.

TABLA 5A. SUPERFICIE COSECHADA (MILES DE HA)
DE MAÍZ DE RIEGO EN MÉXICO DE 1995 AL 2004

Estado	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Aguascalientes	12.4	14.9	11.7	11.2	6.8	5.8	4.3	4.8	5.3	5.1
Baja California	1.9	2.0	1.8	2.1	2.0	2.7	1.2	1.5	0.8	--
Baja Cal. Sur	8.5	21.8	19.1	12.8	10.5	7.3	5.8	4.9	4.9	7.5
Campeche	1.0	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	0.0	0.6	0.5	0.2
Coahuila	15.8	7.9	12.1	7.1	6.8	8.1	5.9	3.8	4.5	6.0
Colima	4.1	5.3	5.1	3.6	3.0	2.9	3.0	2.2	2.0	2.1
Chiapas	14.4	16.5	14.4	14.9	15.9	13.3	14.5	21.7	11.6	12.4
Chihuahua	59.2	92.5	71.3	61.8	31.3	21.4	63.9	63.2	67.3	50.1
Distrito Federal	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--
Durango	46.3	38.0	44.4	32.5	29.5	26.3	8.7	17.1	27.6	32.9
Guanajuato	103.7	92.5	79.0	81.3	79.4	89.0	87.4	94.5	79.1	111.1
Guerrero	21.2	25.8	26.3	22.7	29.3	25.8	28.1	29.1	28.0	35.4
Hidalgo	56.6	61.8	54.9	55.2	53.5	54.7	57.1	56.6	57.4	58.2
Jalisco	37.1	36.5	41.4	31.5	43.7	35.5	32.3	41.2	32.2	34.0
Ed.o de México	104.2	104.4	101.0	87.9	96.4	99.5	101.3	99.8	101.3	102.2
Michoacán	95.6	87.5	84.1	66.5	76.8	73.4	73.3	83.0	77.4	70.8
Morelos	12.8	9.3	9.6	9.3	9.5	10.5	12.0	6.5	5.9	5.2
Nayarit	7.1	6.5	6.3	6.8	6.3	6.2	6.4	6.5	5.7	5.8
Nuevo León	15.4	9.3	11.3	6.9	9.7	6.6	5.6	6.4	6.0	5.3
Oaxaca	41.5	37.2	42.8	47.3	39.5	44.5	49.9	48.4	47.8	47.0
Puebla	48.7	48.2	43.0	47.1	48.2	46.9	44.9	49.1	42.4	47.4
Querétaro	28.7	28.5	26.6	20.9	26.0	22.5	24.1	23.3	22.4	23.8
Quintana Roo	0.0	0.0	0.2	0.1	0.7	0.0	0.1	0.2	0.5	0.9
San Luis Potosí	22.6	18.0	28.4	22.4	18.1	17.8	14.5	15.8	16.7	14.4
Sinaloa	285.7	213.0	383.1	348.0	198.2	274.3	296.1	357.6	292.9	431.0

Sonora	94.6	166.5	115.2	64.1	55.1	13.2	13.6	25.9	36.2	15.8
Tabasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tamaulipas	242.1	39.4	46.5	42.9	22.7	24.4	24.4	41.8	46.5	67.3
Tlaxcala	17.7	17.1	17.0	17.0	14.7	15.3	16.0	16.5	16.7	16.3
Veracruz	3.8	4.3	4.4	4.0	4.6	4.8	5.4	3.9	4.7	4.3
Yucatán	1.3	1.4	2.3	2.1	2.2	2.8	1.7	1.1	2.0	2.2
Zacatecas	32.0	33.9	33.7	34.0	30.2	33.3	30.5	32.6	32.7	28.2
Total	1,426.9	1,207.4	1,359.0	1,174.1	1,002.0	999.5	991.7	1,160.4	1,074.9	1,259.7

Fuente: Anuarios Estadísticos de la SAGARPA.

TABLA 6A. PRODUCCIÓN (MILES DE TON) DE MAÍZ
DE RIEGO EN MÉXICO DE 1995 AL 2004

Estado	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Aguascalientes	58.1	65.6	60.8	65.0	33.5	29.0	21.1	25.6	27.3	27.6
Baja California	6.0	7.1	6.7	7.6	6.8	9.9	4.6	6.1	3.8	-
Baja Cal. Sur	40.4	85.0	88.7	54.0	56.8	37.3	32.5	29.4	30.2	38.3
Campeche	2.1	1.7	2.0	-	-	-	-	2.5	2.0	0.6
Coahuila	35.3	16.7	32.5	19.1	12.8	19.6	14.2	9.5	9.5	17.1
Colima	15.2	17.0	16.8	11.1	11.6	9.5	10.2	6.9	6.2	8.1
Chiapas	53.0	68.9	49.1	51.0	55.2	48.1	48.2	61.9	40.0	42.7
Chihuahua	260.3	319.9	566.9	436.3	444.8	142.2	125.5	512.1	496.7	618.7
Distrito Federal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Durango	202.7	141.9	181.4	138.4	99.9	101.4	27.0	97.3	156.2	222.7
Guanajuato	528.0	486.1	419.3	480.4	79.4	89.0	87.4	656.1	568.0	917.9
Guerrero	62.0	67.1	82.2	66.5	90.8	82.5	93.6	90.0	88.9	114.3
Hidalgo	207.5	217.8	292.5	320.1	335.2	346.3	375.1	352.8	362.6	363.5
Jalisco	158.8	207.5	292.5	144.5	215.2	141.1	149.1	237.7	189.5	198.8
Estado de México	411.1	491.9	493.9	355.4	411.9	430.0	439.8	436.6	417.5	405.3
Michoacán	352.6	324.5	299.0	229.3	358.9	278.0	336.4	386.1	402.8	348.0
Morelos	36.6	25.7	25.9	24.2	23.4	26.6	31.4	20.5	19.0	17.4
Nayarit	31.5	25.8	28.2	34.7	29.1	31.0	32.1	35.0	35.5	35.7
Nuevo León	41.8	25.5	27.3	18.8	25.5	19.7	14.2	16.5	14.1	13.8
Oaxaca	81.8	78.6	101.6	112.2	99.2	114.7	132.4	123.3	129.8	116.8
Puebla	180.5	165.3	161.8	165.7	186.3	178.7	181.3	181.8	149.2	164.1
Querétaro	141.0	125.1	135.9	119.0	129.4	142.0	162.5	170.4	159.5	174.2
Quintana Roo	0.0	0.0	0.4	0.2	1.4	0.1	0.3	0.5	1.6	1.9
San Luis Potosí	74.2	48.7	111.7	67.2	51.4	50.6	45.6	46.7	50.2	45.4
Sinaloa	1,966.0	1,631.8	2,652.2	2,520.6	1,412.3	2,263.7	2,574.5	3,105.7	2,689.4	3,930.5
Sonora	456.4	828.4	638.2	328.2	305.3	67.9	74.1	148.1	226.9	74.0
Tabasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tamaulipas	689.0	107.4	131.4	141.3	59.3	59.2	57.3	113.6	156.3	338.7
Tlaxcala	54.9	56.5	42.3	52.7	35.0	48.1	58.2	49.1	61.4	53.3
Veracruz	9.1	13.6	15.5	13.3	17.2	16.6	18.8	15.3	24.6	16.8

Yucatán	4.0	3.6	8.2	7.2	8.1	10.3	4.2	2.5	6.1	7.5
Zacatecas	118.6	112.8	122.0	118.1	104.1	129.0	125.3	117.3	132.5	120.0
Total	6,282.3	5,788.0	6,922.5	6,104.3	5,065.1	5,417.3	5,804.9	7,056.4	6,657.2	8,433.7

Fuente: Anuarios Estadísticos de la SAGARPA.

TABLA 7A. RENDIMIENTO (KG/HA) DE MAÍZ
DE RIEGO EN MÉXICO DE 1995 AL 2004

Estado	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Aguascalientes	4,656	4,397	5,180	813	4,960	5,040	4,950	5,300	5,110	5,420
Baja California	3,040	3,497	3,770	3,655	3,400	3,670	3,730	3,940	4,580	-
Baja California Sur	4,745	3,901	4,635	4,230	5,390	5,090	5,610	6,000	6,170	5,080
Campeche	3,200	3,498	2,760	3,125	2,440	2,860	-	4,350	4,100	3,360
Coahuila	2,222	2,110	2,695	2,696	1,890	2,410	2,400	2,530	2,090	2,860
Colima	3,680	3,159	3,308	3,074	3,870	3,210	3,460	3,180	3,050	3,950
Chiapas	3,670	4,259	3,415	3,435	3,480	3,610	3,330	2,850	3,470	3,450
Chihuahua	5,194	5,400	6,230	6,117	6,880	4,540	5,860	8,010	7,850	9,190
Distrito Federal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Durango	4,378	3,728	3,860	3,120	5,690	5,650	6,760	4,085	4,263	3,390
Guanajuato	5,094	5,253	5,310	5,907	5,830	6,540	6,910	6,940	7,180	8,260
Guerrero	2,914	2,600	3,160	2,928	3,090	3,190	3,330	3,090	3,180	3,230
Hidalgo	3,664	3,524	5,330	5,800	6,270	6,330	6,570	6,230	6,320	6,250
Jalisco	4,278	4,003	4,327	4,586	4,920	3,980	4,610	5,760	5,890	5,850
Estado de México	3,945	4,712	4,397	4,044	4,270	4,320	4,340	4,370	4,120	3,960
Michoacán	3,686	3,708	3,553	3,448	4,680	3,790	4,590	4,650	5,200	4,920
Morelos	2,854	2,759	2,705	2,605	2,460	2,520	2,610	3,160	3,240	3,360
Nayarit	4,443	3,940	4,490	5,120	4,590	5,040	5,010	5,430	6,240	6,130
Nuevo León	2,712	2,720	2,412	2,735	2,610	3,010	2,550	2,570	2,360	2,620
Oaxaca	1,970	2,112	2,370	2,370	2,510	2,580	2,650	2,550	2,720	2,480
Puebla	3,707	3,428	3,767	3,514	3,860	3,810	4,040	3,700	3,520	3,460
Querétaro	4,925	4,390	5,110	5,700	4,980	6,300	6,740	7,310	7,110	7,320
Quintana Roo	2,000	2,000	1,907	1,796	2,020	2,990	2,360	2,500	3,000	2,180
San Luis Potosí	3,280	2,702	3,927	2,745	2,840	2,840	2,940	2,950	3,010	3,160
Sinaloa	6,880	7,659	6,920	7,243	7,130	8,250	8,600	8,680	9,180	9,120
Sonora	4,825	4,974	5,540	5,116	5,540	5,150	5,430	5,710	6,270	4,700
Tabasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tamaulipas	2,845	2,724	2,825	3,300	2,610	2,430	2,360	2,720	3,360	5,040
Tlaxcala	3,100	3,295	2,492	3,105	2,380	3,140	3,630	2,960	3,680	3,270
Veracruz	2,890	3,135	3,535	3,300	3,780	3,450	3,460	3,980	5,220	3,950
Yucatán	2,905	2,612	3,630	3,505	3,630	3,640	2,430	2,220	3,080	3,350
Zacatecas	3,700	3,324	3,615	3,477	3,440	3,870	4,110	3,600	4,050	4,250
Promedio	4,400	4,723	5,095	5,200	5,060	5,420	5,454	6,080	6,190	6,700

Fuente: Anuarios Estadísticos de la SAGARPA.

TABLA 8A. SUPERFICIE SEMBRADA (MILES DE HA) DE
MAÍZ DE TEMPORAL EN MÉXICO DE 1995 AL 2004

Estado	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Aguascalientes	54.9	46.6	59.4	73.4	65.5	67.4	48.9	57.0	48.5	47.3
Baja California	1.4	1.1	0.5	1.0	0.1	0.4	1.0	0.3	0.8	0.6
Baja Calif. Sur	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-
Campeche	126.9	132.9	140.2	147.2	148.3	154.3	138.7	148.3	158.0	151.1
Coahuila	40.0	43.8	42.9	34.0	36.3	34.7	32.2	31.6	30.9	33.5
Colima	30.1	33.2	31.0	23.4	19.1	16.3	13.5	11.9	9.6	9.2
Chiapas	904.1	892.1	908.5	973.5	972.3	957.9	923.6	936.6	932.1	904.7
Chihuahua	194.9	122.7	78.7	223.2	129.5	107.5	179.1	146.8	143.3	222.1
Distrito Federal	8.1	8.0	7.9	6.0	8.1	7.6	7.6	7.2	6.6	6.2
Durango	174.4	185.0	186.8	154.2	130.4	124.6	151.9	164.6	183.4	166.9
Guanajuato	318.4	286.4	311.4	332.1	326.5	304.7	324.8	324.9	320.2	325.8
Guerrero	474.9	491.9	464.1	475.6	485.3	478.6	459.1	457.6	463.1	453.3
Hidalgo	233.2	215.9	236.1	203.2	225.3	217.9	218.1	210.4	207.9	219.4
Jalisco	680.1	678.8	712.6	675.9	676.4	654.7	525.4	642.1	604.2	607.9
Edo. de México	515.0	517.3	526.1	450.8	502.7	487.4	504.2	477.8	486.6	487.9
Michoacán	472.8	433.2	463.3	436.6	445.5	419.8	418.1	411.3	413.3	393.9
Morelos	33.4	40.7	42.4	35.2	34.9	32.4	31.2	30.7	25.9	23.2
Nayarit	80.9	78.2	79.9	71.4	62.2	58.5	54.6	52.0	41.5	45.9
Nuevo León	84.1	73.2	101.5	10.1	21.9	40.9	58.4	49.5	47.8	64.1
Oaxaca	538.6	533.1	552.4	535.1	551.5	550.7	545.5	549.7	537.5	557.2
Puebla	575.1	585.2	587.4	548.8	586.5	488.7	487.5	530.8	458.9	515.4
Querétaro	84.0	90.9	88.7	88.8	95.4	90.9	94.1	90.3	84.7	91.2
Quintana Roo	86.9	83.3	82.7	80.1	87.1	87.8	86.4	87.2	94.4	69.2
San Luis Potosí	274.8	249.9	263.3	219.9	242.7	222.9	204.2	228.6	241.0	249.3
Sinaloa	91.3	91.7	93.0	92.5	80.8	82.0	79.2	65.7	77.3	86.1
Sonora	3.9	6.6	5.7	5.5	5.1	5.7	4.2	3.9	3.4	2.4
Tabasco	108.8	108.1	105.6	107.2	111.6	118.5	103.4	107.6	96.0	99.7
Tamaulipas	165.9	120.6	140.4	119.0	145.5	129.3	88.1	96.4	92.3	107.7
Tlaxcala	127.1	125.8	126.7	100.8	109.8	110.7	104.8	99.4	94.9	104.2
Veracruz	658.0	656.7	654.8	644.2	665.3	664.3	635.6	619.0	620.5	576.0
Yucatán	164.5	157.3	160.2	160.1	166.0	170.5	146.1	169.9	166.5	158.9
Zacatecas	315.4	315.0	294.1	266.8	284.9	322.7	288.5	287.4	320.0	295.8
Total	7,622.7	409.7	7,748.9	7,295.5	7,466.7	7,267.4	6,998.3	7,096.9	7,011.5	7,077.1

Fuente: Anuarios Estadísticos de la SAGARPA.

TABLA 9A. SUPERFICIE COSECHADA (MILES DE HA) DE
MAÍZ DE TEMPORAL EN MÉXICO DE 1995 AL 2004

Estado	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Aguascalientes	51.5	41.2	6.2	60.4	11.1	7.4	38.2	54.0	46.1	43.0
Baja California	0.8	0.0	0.0	1.0	0.1	0.0	0.8	0.3	0.6	0.6
Baja Calif. Sur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campeche	34.6	118.1	121.3	138.9	141.6	147.3	128.1	45.6	137.7	132.1
Coahuila	14.6	22.7	24.4	29.5	13.8	16.5	14.2	17.3	37.1	31.7
Colima	29.7	30.6	27.6	22.8	18.5	14.3	13.3	11.9	9.6	9.9
Chiapas	889.3	890.9	788.3	909.7	944.2	933.6	915.5	911.5	919.1	850.6
Chihuahua	81.6	108.2	226.2	167.2	100.4	25.4	145.0	79.0	48.5	134.9
Distrito Federal	7.9	8.0	7.9	6.0	8.1	7.6	7.6	7.2	6.6	6.2
Durango	162.5	176.7	92.8	112.2	130.4	124.6	151.9	141.9	173.6	160.6
Guanajuato	268.9	232.2	168.1	322.4	137.6	98.7	276.3	285.8	287.1	295.6
Guerrero	470.4	480.1	345.3	473.8	482.4	459.8	430.6	400.5	459.5	444.1
Hidalgo	69.4	196.3	159.5	183.9	147.8	189.6	193.7	180.8	191.2	207.8
Jalisco	669.7	658.4	593.8	660.9	649.9	557.2	516.0	622.0	586.4	589.1
Estado de México	499.8	515.5	521.9	434.1	464.3	483.8	503.4	467.8	471.7	481.8
Michoacán	467.3	423.2	385.2	413.4	394.6	379.8	392.7	389.4	402.1	365.7
Morelos	33.4	40.7	39.6	35.0	34.9	32.4	31.1	25.4	25.9	35.3
Nayarit	79.5	78.0	79.5 70.7	62.0	58.2	54.6	43.0	40.9	45.8	-
Nuevo León	16.0	27.9	58.4	5.9	13.5	17.4	39.7	45.9	46.8	63.3
Oaxaca	498.8	509.5	443.9	498.7	526.3	506.8	526.6	396.5	445.3	488.6
Puebla	540.2	579.7	441.4	524.2	425.8	409.4	450.6	379.5	392.6	435.3
Querétaro	70.6	61.9	40.1	87.1	21.7	44.7	83.0	82.9	80.2	79.0
Quintana Roo	52.2	65.3	74.5	73.9	84.9	62.4	64.7	41.8	84.0	23.2
San Luis Potosí	128.6	196.7	112.5	170.9	110.0	100.2	138.1	176.3	190.2	204.3
Sinaloa	83.2	78.5	58.2	74.5	57.5	53.9	67.2	44.9	66.0	72.0
Sonora	1.2	4.8	4.	3.8	4.2	4.1	3.1	1.5	3.1	2.4
Tabasco	74.8	100.4	97.8	79.1	88.9	101.2	100.3	101.2	86.8	92.0
Tamaulipas	123.5	96.8	75.7	95.3	119.1	87.1	63.3	64.4	84.6	65.5
Tlaxcala	125.6	124.5	111.9	100.0	82.5	101.1	104.8	72.3	94.8	103.8
Veracruz	610.1	614.8	605.6	576.8	570.6	641.9	619.3	572.6	560.4	540.7
Yucatán	101.4	67.1	146.1	118.1	164.5	158.8	130.4	12.0	159.2	151.2
Zacatecas	264.0	291.9	189.4	249.3	149.6	191.9	226.4	283.5	318.3	293.0
Total	6,592.8	6,842.2	6,047.5	6,702.7	6,160.7	6,017.0	6,440.4	5,958.5	6,446.0	6,436.7

Fuente: Anuarios Estadísticos de la SAGARPA.

TABLA 10A. PRODUCCIÓN (MILES DE TON) DE MAÍZ
DE TEMPORAL EN MÉXICO DE 1995 AL 2004

Estado	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Aguascalientes	27.3	11.6	2.3	26.4	4.2	2.6	21.8	32.6	31.4	21.5
Baja California	0.0	0.0	0.0	0.9	-	-	0.1	0.1	0.5	0.3
Baja Calif. Sur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campeche	51.8	130.3	188.2	221.1	236.9	249.7	190.9	28.8	187.8	271.6
Coahuila	9.5	15.0	16.5	22.1	5.6	8.6	9.1	12.1	22.6	33.8
Colima	74.8	77.2	53.4	46.8	43.1	28.2	31.9	30.5	23.5	27.8
Chiapas	1642.6	1474.6	1270.1	1704.8	2080.3	1839.3	1704.9	1796.4	1962.6	1310.5
Chihuahua	43.2	92.3	201.3	136.4	73.5	14.6	194.3	45.9	34.9	127.0
Distrito Federal	12.8	12.7	15.2	9.5	13.0	12.0	12.7	10.6	9.4	9.4
Durango	88.6	146.1	57.0	74.6	66.0	71.8	87.6	159.6	246.5	152.0
Guanajuato	295.5	271.1	138.9	513.3	119.4	66.0	607.9	533.6	693.4	720.6
Guerrero	1050.4	1004.9	729.9	1065.7	1178.8	1099.0	945.3	829.1	1120.3	1031.9
Hidalgo	198.5	210.0	172.7	182.1	191.5	249.7	232.8	225.4	241.6	254.6
Jalisco	2072.3	2181.8	1895.5	2783.0	2266.9	2017.8	1926.4	2823.4	2933.1	3152.8
Estado de México	1735.3	1758.7	1865.5	1236.1	1781.6	1327.7	1844.0	1540.5	1505.9	1275.6
Michoacán	940.3	806.0	686.4	922.1	1024.8	825.4	978.8	918.1	1040.0	929.5
Morelos	79.3	75.0	72.7	75.4	67.3	57.1	78.6	35.3	65.9	66.6
Nayarit	94.4	199.1	213.9	200.2	153.1	195.5	168.5	163.3	149.4	168.4
Nuevo León	12.9	17.8	37.2	6.5	7.7	11.3	18.7	38.3	38.8	56.5
Oaxaca	639.0	604.9	523.7	623.5	642.7	702.8	672.5	477.7	583.9	577.3
Puebla	883.1	1017.1	635.3	624.3	675.1	691.2	824.0	543.1	714.0	691.3
Querétaro	44.5	44.0	20.4	114.1	14.0	35.0	112.4	138.3	126.5	133.1
Quintana Roo	10.3	37.7	49.3 44.7	51.9	34.2	38.3	16.6	56.6	14.9	-
San Luis Potosí	86.7	120.4	66.3	125.0	73.1	68.8	87.4	104.8	138.6	140.3
Sinaloa	61.4	64.3	48.6	98.2	64.1	55.8	76.2	44.3	51.9	73.6
Sonora	0.9	5.6	2.8	2.7	2.1	1.9	3.4	1.0	2.1	2.0
Tabasco	99.9	140.9	154.9	107.4	140.3	159.9	164.0	160.0	145.9	158.8
Tamaulipas	129.5	122.8	131.3	202.8	244.4	221.8	76.1	81.0	133.8	180.2
Tlaxcala	242.1	271.4	136.5	123.4	115.4	231.5	254.5	122.2	204.6	238.9
Veracruz	1,095.3	169.0	1105.6	934.7	1023.6	1225.7	1160.2	1065.2	1070.9	1035.7
Yucatán	69.1	41.3	133.9	110.6	151.6	150.4	85.3	10.1	117.3	121.0
Zacatecas	1 78.7	189.4	108.1	156.3	99.4	118.4	191.6	253.3	390.3	293.0
TOTAL	12069.6	12314.7	10733.8	12350.4	12641.3	11773.8	12817.2	12241.3	14044.2	13252.1

Fuente: Anuarios Estadísticos de la SAGARPA.

TABLA 11A. RENDIMIENTO (KG/HA) DE MAÍZ
DE TEMPORAL EN MÉXICO DE 1995 AL 2004

Estado	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Aguascalientes	531	281	372	487	380	360	570	600	680	500
Baja California	368	0.0	510	875	440	600	760	2,670	800	2,500
Baja Calif. Sur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campeche	1,496	1,103	1,550	1,591	1,670	1,700	1,490	630	1,360	2,060
Coahuila	650	663	668	750	410	520	640	700	830	1,060
Colima	2,513	2,517	1,937	2,055	2,300	1,970	2,410	2,560	2,450	2,800
Chiapas	1,847	1,655	1,610	1,874	2,200	1,970	1,860	1,970	2,130	1,540
Chihuahua	530	853	890	816	730	580	1,340	580	720	940
Distrito Federal	1,610	1,594	1,915	1,583	1,610	1,580	1,670	1,470	1,440	1,510
Durango	545	826	614	665	510	580	580	1120	1420	950
Guanajuato	1,100	1,167	827	1,592	870	670	2,200	1,870	2,410	1,440
Guerrero	2,233	2,093	2,115	2,252	2,440	2,390	2,200	2,070	2,440	2,310
Hidalgo	1,172	1,069	1,083	990	1,300	1,320	1,200	1,250	1,260	1,230
Jalisco	3,094	3,313	3,192	3,995	3,490	3,620	3,730	4,540	5,000	5,350
Estado de México	3,472	3,411	3,574	2,848	3,840	2,740	3,660	3,290	3,190	2,650
Michoacán	2,021	1,904	1,782	2,238	2,600	2,170	2,490	2,360	2,590	2,510
Morelos	2,368	1,840	1,837	2,153	1,930	1,770	2,940	1,390	2,550	2,870
Nayarit	2,443	2,551	2,690	2,830	2,950	3,360	3,090	3,800	3,660	3,670
Nuevo León	805	637	637	1,113	570	650	470	830	830	890
Oaxaca	1,281	1,187	1,180	1,250	1,220	1,390	1,280	1,210	1,310	1,180
Puebla	1,635	1,754	1,440	1,190	1,590	1,690	1,830	1,430	1,820	1,590
Querétaro	631	711	509	1,300	650	780	1,350	1,670	1,580	1,690
Quintana Roo	410	576	666	604	610	550	590	400	670	640
San Luis Potosí	675	612	590	732	660	690	630	600	730	690
Sinaloa	738	819	835	1,252	1,120	1,040	1,134	1,000	790	1,020
Sonora	794	1,159	602	715	500	460	1,080	660	700	810
Tabasco	1,337	1,403	1,585	1,358	1,580	1,580	1,640	1,580	1,680	1,640
Tamaulipas	1,050	1,268	1,734	2,566	2,050	2,550	1,200	1,260	1,580	2,750
Tlaxcala	1,928	2,179	1,120	1,235	1,400	2,290	2,430	1,690	2,160	2,300
Veracruz	1,795	1,900	1,825	1,620	1,790	1,910	1,870	1,860	1,910	1,920
Yucatán	681	616	917	937	920	950	650	850	740	800
Zacatecas	677	648	570	627	670	620	850	890	1,230	1,000
Total	1,831	1,800	1,775	1,845	2,050	1,960	1,990	2,050	2,180	2,060

Fuente: Anuarios Estadísticos de la SAGARPA.

TABLA 12A. SUPERFICIE SEMBRADA (HA) DE MAÍZ DE RIEGO
EN LOS DDR DE ZACATECAS. 1986-2004

Año	Distrito de Desarrollo Rural								Total
	Zacatecas	Fresnillo	Jerez	Jalpa	Río Grande	Concepción del Oro	Ojocaliente	Tlaltenango	
1986	3,247	6,229	4,514	1,929	2,318	186	4,034	–	24,577
1987	3,614	5,956	5,930	2,090	1,962	419	5,433	–	27,404
1988	3,605	5,866	6,041	2,415	3,111	340	4,828	1,997	27,575
1989	3,629	6,210	6,030	2,611	2,985	150	4,823	1,922	28,352
1990	3,630	6,034	5,691	2,007	1,548	220	5,520	1,872	26,512
1991	3,216	6,940	5,606	1,725	1,758	212	4,076	1,780	24,313
1992	5,052	9,306	6,671	2,948	3,068	224	6,665	1,801	35,735
1993	3,760	7,938	5,390	3,123	1,407	161	6,578	2,412	30,769
1994	8,801	12,733	6,337	2,516	2,465	218	5,350	2,213	40,633
1995	6,307	8,294	5,547	2,730	1,725	138	6,065	1,032	31,780
1996	9,762	8,670	5,642	2,809	1,151	138	4,495	1,197	33,865
1997	5,512	9,320	5,240	2,587	3,503	110	6,421	1,576	34,269
1998	4,316	10,358	5,754	2,293	3,606	137	6,197	1,402	34,063
1999	3,298	9,657	5,146	2,142	2,999	118	5,068	1,745	30,173
2000	4,900	9,100	5,412	1,496	4,757	99	6,022	1,682	33,468
2001	6,438	9,245	5,540	326	4,067	91	4,163	1,293	31,163
2002	5,138	9,343	5,559	1,883	3,595	120	5,723	1,557	32,818
2003	5,315	8,858	5,507	1,996	3,402	120	6,210	1,377	32,785
2004	2,642	8,077	5,885	1,886	3,138	120	5,283	1,621	28,652

Fuente: OEIDRUS Zacatecas, agosto 2006.

TABLA 13A. PRODUCCIÓN (TON) DE MAÍZ DE RIEGO
EN LOS DDR DE ZACATECAS. 1986-2004

Año	Distrito de Desarrollo Rural								Total
	Zacatecas	Fresnillo	Jerez	Jalpa	Río Grande	Concepción del Oro	Ojocaliente	Tlaltenango	
1986	8,185	17,964	12,783	4,630	5,455	156	10,452	–	61,168
1987	11,082	19,307	17,904	4,377	5,014	724	14,899	–	77,017
1988	10,640	19,659	14,052	7,147	7,707	381	13,123	5,941	78,650
1989	9,189	17,449	17,733	8,624	6,375	135	11,258	5,165	75,928
1990	10,952	16,542	18,727	5,345	3,109	583	16,314	5,811	77,243
1991	6,547	29,097	17,257	5,338	4,403	339	13,076	5,048	81,186

1992	19319	40496	25434	11396	6090	576	24683	4513	132461
1993	7875	32205	18938	10369	3590	536	18357	7976	99602
1994	28649	52119	18928	8565	5107	349	11819	6904	136306
1995	24025	41028	17790	8616	2073	112	19078	3654	116376
1996	33389	37641	19167	8536	2532	169	16209	4429	122072
1997	15560	45027	17816	7573	10561	140	19322	5506	121505
1998	13032	40400	20139	6431	11179	233	21448	4954	117816
1999	14587	30624	19915	6621	6500	226	17460	7930	103863
2000	22180	40525	24415	3510	11770	227	20285	6050	128960
2001	31470	37910	22110	990	14215	100	13280	7290	127355
2002	16170	37089	20701	5816	11759	287	16829	8632	117283
2003	25246	42800	19241	7122	8759	102	22591	6652	132514
2004	12717	42741	22657	6391	9154	100	17860	8355	119977

Fuente: OEIDRUS Zacatecas, agosto 2006.

TABLA 14A. RENDIMIENTO (KG/HA) DE MAÍZ DE RIEGO
EN LOS DDR DE ZACATECAS. 1986-2004

Año	Distrito de Desarrollo Rural								Total
	Zacatecas	Fresnillo	Jerez	Jalpa	Río Grande	Concepción del Oro	Ojocaliente	Tlaltenango	
1986	2,500	2,420	2,830	2,400	2,353	838	2,590	–	2,488
1987	3,066	3,241	3,541	2,094	2,400	1,727	2,743	–	2,810
1988	2,951	3,351	2,326	2,900	2,400	1,115	2,718	2,974	2,852
1989	2,533	2,810	2,940	3,302	2,135	900	2,333	2,700	2,678
1990	3,017	2,741	3,291	2,600	2,008	2,013	2,955	3,104	2,914
1991	2,955	4,143	3,078	3,050	2,504	1,600	3,208	2,835	3,339
1992	3,824	4,352	3,813	3,865	2,500	2,571	3,703	2,500	3,707
1993	2,955	4,057	3,513	3,320	2,551	2,055	2,791	3,306	3,237
1994	3,255	4,093	2,986	3,404	2,071	1,600	2,932	3,119	3,355
1995	3,808	4,946	3,207	3,156	2,201	1,400	3,146	3,540	3,662
1996	3,420	4,403	3,397	3,039	2,200	1,225	3,606	3,700	3,605
1997	2,960	4,930	3,400	2,930	3,015	1,272	3,020	4,220	3,545
1998	3,055	3,900	3,500	3,000	3,100	1,700	3,460	3,540	3,459
1999	4,425	3,171	3,870	3,100	2,165	1,915	3,445	4,545	3,445
2000	4,525	4,460	4,510	2,570	2,475	2,293	3,370	3,600	3,853
2001	4,890	4,100	3,990	3,030	3,495	1,100	3,190	5,640	4,085
2002	3,150	3,980	3,830	3,320	3,270	2,563	2,940	5,540	3,563
2003	4,750	4,850	3,490	3,570	2,580	850	3,640	4,830	4,050
2004	4,810	5,580	3,870	3,390	2,920	850	3,390	5,150	4,250

Fuente: OEIDRUS Zacatecas, agosto 2006.

TABLA 15A. SUPERFICIE SEMBRADA (HAX1000) DE MAÍZ
DE TEMPORAL EN LOS DDR DE ZACATECAS. 1986-2004

Año	Distrito de Desarrollo Rural								Total
	Zacatecas	Fresnillo	Jerez	Jalpa	R. Grande	C. del Oro	Ojocaliente	Tlaltenango	
1986	38.6	46.0	58.0	53.9	109.8	15.5	70.8	37.6	423.0
1987	38.1	68.6	61.2	49.4	119.0	18.6	72.7	35.6	443.2
1988	26.6	57.5	56.0	50.3	94.4	13.7	66.8	24.1	390.2
1989	14.6	29.9	38.7	41.0	59.7	2.4	61.8	23.7	272.3
1990	26.3	56.5	56.7	42.7	92.0	15.2	73.4	21.9	384.7
1991	20.7	35.6	16.9	32.4	46.3	12.8	63.3	10.4	237.5
1992	15.8	35.1	30.4	35.4	97.9	8.0	43.6	9.6	276.6
1993	20.9	37.6	34.7	32.9	69.1	4.3	66.4	13.6	279.6
1994	30.3	45.9	44.2	30.6	51.6	8.2	69.8	17.0	297.6
1995	26.9	52.0	39.7	31.6	50.6	16.8	81.5	16.2	315.0
1996	38.1	47.2	35.0	31.8	71.9	12.4	60.4	14.4	311.3
1997	22.6	45.8	36.2	31.4	67.1	11.3	65.0	16.0	295.3
1998	29.2	40.7	39.7	29.7	27.2	11.4	72.7	16.0	266.8
1999	19.6	49.5	39.7	29.1	52.7	11.8	66.7	15.7	284.9
2000	21.3	53.0	39.6	28.8	74.4	12.3	77.1	15.0	322.7
2001	32.1	33.9	38.0	29.4	61.2	11.3	67.5	14.5	288.4
2002	34.6	35.8	41.1	26.7	58.6	13.0	66.8	11.9	287.4
2003	33.8	42.8	38.1	29.1	69.5	14.2	80.4	12.1	320.0
2004	-	38.7	39.9	29.3	65.0	14.2	91.6	11.3	295.8

Fuente: OEIDRUS Zacatecas, agosto 2006.

TABLA 16A. SUPERFICIE COSECHADA (HAX1000) DE MAÍZ
DE TEMPORAL EN LOS DDR DE ZACATECAS. 1986-2004

Año	Distrito de Desarrollo Rural								Total
	Zacatecas	Fresnillo	Jerez	Jalpa	Río Grande	Concepción del Oro	Ojocaliente	Tlaltenango	
1986	18.8	43.9	54.8	51.5	109.8	2.7	25.9	36.6	344.0
1987	26.0	57.9	53.3	40.7	111.0	2.7	36.3	35.1	363.0
1988	25.1	56.1	52.7	39.2	90.0	2.5	60.3	23.5	349.4
1989	8.3	22.4	34.0	33.1	49.1	0.2	16.3	22.4	185.8
1990	25.4	55.6	55.4	42.3	92.0	9.6	72.3	21.6	374.2
1991	19.4	35.4	11.7	30.7	43.5	10.5	53.6	9.8	214.2

1992	6.0	17.1	22.6	26.9	83.9	3.0	20.7	7.2	187.7
1993	19.3	34.2	29.3	30.9	65.2	0.8	49.1	12.2	241.6
1994	18.3	38.6	37.0	27.5	51.6	4.9	52.3	16.3	247.1
1995	19.3	38.9	38.9	31.2	50.5	8.0	60.8	15.9	164.0
1996	38.0	43.7	33.9	30.1	70.3	6.1	52.3	13.6	288.5
1997	8.3	26.6	16.1	22.4	47.0	4.5	49.9	14.3	189.1
1998	26.4	39.8	36.6	28.9	25.9	4.0	71.8	16.0	249.3
1999	6.2	28.5	30.1	26.8	32.0	0.0	11.4	14.6	149.6
2000	11.9	35.3	24.1	16.4	61.8	1.4	25.9	14.4	191.4
2001	17.0	32.4	38.1	29.4	55.0	3.4	36.5	14.5	226.4
2002	34.3	35.5	40.4	26.7	58.6	12.0	64.2	11.9	283.5
2003	33.7	42.6	37.9	29.1	69.2	14.1	80.3	11.5	318.3
2004	-	38.3	39.3	29.3	64.0	14.1	91.0	11.3	293.0

Fuente: OEIDRUS Zacatecas, agosto 2006.

TABLA 17A. PRODUCCIÓN (TONX1000) DE MAÍZ DE TEMPORAL EN LOS DDR DE ZACATECAS. 1986–2004

Año	Distrito de Desarrollo Rural								Total
	Zacatecas	Fresnillo	Jerez	Jalpa	Río Grande	Concepción del Oro	Ojocaliente	Tlaltenango	
1986	7.9	21.4	18.9	43.7	105.9	0.3	4.0	40.2	241.5
1987	14.3	46.6	26.8	32.2	133.7	1.3	6.3	39.5	301.0
1988	14.3	22.6	28.7	36.6	65.3	0.6	14.1	18.4	201.0
1989	1.7	7.4	9.0	21.2	18.4	0.1	2.3	12.6	72.7
1990	14.9	33.9	38.8	85.5	129.5	3.4	29.8	45.0	380.8
1991	10.8	16.4	6.1	26.5	37.9	4.0	14.7	8.9	125.1
1992	1.3	7.9	8.3	29.6	50.9	0.7	5.4	6.6	110.8
1993	4.0	17.8	13.3	26.2	61.8	0.1	6.6	13.6	136.8
1994	8.3	26.9	20.7	26.7	45.4	1.5	11.5	18.8	166.3
1995	16.7	23.8	22.1	44.9	36.3	0.6	13.6	19.7	177.7
1996	21.5	28.1	20.5	35.3	68.4	1.1	12.0	17.2	205.1
1997	2.7	8.3	5.5	12.1	39.8	0.3	16.2	22.6	107.7
1998	19.1	16.3	23.8	33.3	14.9	0.7	28.7	19.5	156.3
1999	0.7	19.7	8.7	24.1	14.8	0.0	1.5	29.1	99.4
2000	2.9	15.0	9.6	7.6	53.3	0.3	2.4	27.2	118.4
2001	2.6	19.6	27.9	38.6	64.0	0.8	10.6	27.4	192.8
2002	71.8	22.8	29.2	34.9	102.7	3.3	22.8	22.5	253.3
2003	27.0	55.0	32.6	50.0	158.9	4.2	32.9	30.7	390.3
2004	4.1	29.1	32.6	31.7	123.9	4.2	37.5	29.8	293.0

Fuente: OEIDRUS Zacatecas, agosto 2006.

TABLA 18A. RENDIMIENTO (KG/HA) DE MAÍZ DE TEMPORAL
EN LOS DDR DE ZACATECAS. 1986–2004

Año	Distrito de Desarrollo Rural								Total
	Zacatecas	Fresnillo	Jerez	Jalpa	Río Grande	Concepción del Oro	Ojocaliente	Tlaltenango	
1986	420	487	345	849	964	100	150	1,098	702
1987	550	805	503	791	1,005	175	175	1,135	829
1988	570	403	545	934	726	126	233	820	575
1989	205	330	265	640	375	296	141	555	391
1990	587	610	700	2,021	1,408	350	412	2,078	1,018
1991	557	463	521	863	871	233	274	908	584
1992	217	462	367	1,100	607	240	260	929	290
1993	207	520	454	848	948	135	140	1,109	566
1994	454	697	730	971	830	300	220	1,100	673
1995	865	612	568	1,439	717	75	223	1,237	673
1996	566	643	605	1,173	1,000	171	230	1,257	707
1997	325	312	342	540	846	75	325	1,580	570
1998	723	419	650	1,152	575	180	400	1,215	627
1999	113	691	289	899	461	170	100	2,045	665
2000	244	425	398	463	865	215	91	1,885	617
2001	153	605	732	1,313	1,165	235	290	1,895	852
2002	2,093	640	720	1,310	1,750	280	350	1,890	890
2003	502	1,290	830	1,720	2,300	300	410	2,660	1,230
2004	707	760	830	1,080	1,940	300	410	2,650	1,000

Fuente: OEIDRUS Zacatecas, agosto 2006.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre R., J.R., García M.E. y Figueroa S., B. (1982). «Los sistemas agrícolas del Altiplano Potosino-Zacatecano», *Documento de Trabajo núm. 5*, Centro Regional para Estudios de Zonas Áridas y Semiáridas, Colegio de Postgraduados, México, pp. 26.
- Aldrich, S.R. y Leng, E.R. (1974). *Producción moderna de maíz*, Hemisferio Sur, Argentina.
- Ángeles A., H.H. (2000). «Mejoramiento genético de maíz en México: El INIA, sus antecesores y un vistazo a su sucesor», *Agricultura Técnica en México*, vol. 26, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México, 26(1):31-48.
- Anónimo (2000). *Enciclopedia práctica de agricultura y ganadería*, Ocean Centrum, España, pp. 1032.
- Anónimo (1997). «El maíz», *Arqueología Mexicana*, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 5(25):6-73.
- Anónimo (1982). «How a corn plant develops», *Special report number 48*, Iowa State University, EUA.
- Aveldaño S., R., González E., D., Márquez S., F., Turrent F., A., Caetano de O., A., Arellano V., J.L., Mendoza M., S. y Barajas C., R. de J. (1991). *Breve análisis de la producción de maíz en México; sus implicaciones en tratado de libre comercio*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias/ Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México.
- Bonilla J., A. (1889). *La agricultura y sus productos en el estado de Zacatecas*, Hospicio de Niños de Guadalupe, Gobierno del Estado de Zacatecas, México, pp. 168.
- Calva, J.L. (1991). *Probables efectos de un tratado de libre comercio en el campo mexicano*, Fontamara, México, pp. 245.
- (1992). *La agricultura mexicana frente al tratado trilateral de libre comercio*, Juan Pablos Editor, México, pp. 257.
- CECAL (1997). «Catálogo de tecnología y servicios del INIFAP en Zacatecas», *Publicación Especial núm. 11*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias/ Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, pp. 1014.
- Cervantes H., J. (1996). *La determinación de los precios del maíz en México 1975-1994*, Tesis de maestría en Sociología rural, Universidad Autónoma Chapingo, México, pp. 158.

- Charcas S., H. (1984). *Estudio de los principales sistemas de producción de cosechas de secano en el Altiplano Potosino*, Tesis profesional, Escuela de Agronomía, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México, pp. 113.
- CIANOC (1982). «Resúmenes de investigación: maíz», *Resúmenes de Investigación CIANOC*, núm. 4, Centro de Investigación Agrícola del Norte Centro/Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas/Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, pp. 33.
- COPLADEZ S/F. *Plan de desarrollo agropecuario y forestal de Zacatecas 1982-1988*, tomo I, Gobierno del Estado de Zacatecas, México, pp. 350
- De León, C. (1984). *Enfermedades del maíz, Una guía para su identificación en campo*, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México, pp. 114.
- Faiguenbaun, H. (1990). «Crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz», en H. Faiguenbaun y Koban M. (eds.), *Técnicas de producción de maíz*, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Departamento de Ciencias Vegetales, Chile, pp. 51-75.
- FAO (1992). «Maize in human nutrition», *Food and Nutrition*, núm. 25, Food Agricultural Organization, Italia, pp. 13-30.
- (2006). Producción, principales cultivos, <http://www.fao.org>.
- García, E. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Cöppen*, cuarta edición, FOCET Larios, México, pp. 219.
- Gobierno del Estado de Zacatecas (1998). *Guía técnica de los principales cultivos del Estado*, Gobierno del Estado de Zacatecas, México, pp. 15-22 y 29-33.
- Gómez C., M.A., Schwentesius R., R., Muñoz R., M., Santoy C., V.H y Flores V., C. (1993). «¿Procampo o anticampo?», *Reporte de Investigación núm. 20*, Centro de Investigación y Estudios de la Agricultura y Agroindustria Mundial/Universidad Autónoma Chapingo, México, pp. 13.
- Gutiérrez S., J.R. y Luna F., M. (1997). «Guía para cultivar maíz de riego en Zacatecas», *Folleto para Productores*, núm. 18, segunda edición, Campo Experimental Calera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias/Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, México, pp. 16.
- Hanway, J.J. (1966). «How a corn plant develops», *Special report*, num. 48, Iowa State Univ. of Science and Technology Cooperative Extension Service, EUA, pp. 17.

- INEGI (1992, 1993, 2001, 2003, 2005, 2006). *Anuarios estadísticos del estado de Zacatecas*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, pp. 450.
- INIFAP (1993). «Determinación del potencial productivo de especies cultivadas en el estado de Zacatecas», *Publicación especial núm.11*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias/Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México.
- Jugenheimer, R.W. (1981). *Maíz: variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla*, Limusa, México, pp. 841.
- Ledesma M., Ramírez M., J.C., Cervantes H., J. y Ruiz G., R. (1993), «La dinámica productiva del Semidesierto Zacatecano», en *La Agricultura Regional en el Estado de Zacatecas*, M.C. y Gallegos V.C. editores, Centro Regional Universitario del Centro Norte/ Universidad Autónoma Chapingo, México, pp. 65–88.
- Luna F., M. (1993). «Mejoramiento genético de maíz para condiciones adversas» en *El maíz en la década de los 90*, Primer Simposium Internacional IV Nacional, Memorias *in extenso*, México, pp. 161–171.
- (1998). *Mejoramiento genético de maíz en México: el largo camino de la obtención de semillas mejoradas*, Agricultura Técnica en México, México, 24(2):165–198.
- (1999). «Programa de investigación de maíz», *Informe Anual 2000*, Campo Experimental Calera/Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México, pp.76.
- (2000). «Programa de investigación de maíz», *Informe Anual 2001*, Campo Experimental Calera/Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México, pp.64.
- (2003). «¿Por qué no se deja de producir maíz en México?», en *El campo no aguanta más*, R. Schwentesius, M. A. Gómez y J.L. Calva (coordinadores), Centro de Investigación y Estudios de la Agricultura y Agroindustria Mundial/ Universidad Autónoma Chapingo, México, pp. 115–130.
- (2006). *Cultivos básicos*, Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas, México, pp. 4–50.
- y R.J. Zapata A. (1988). «Investigación de maíz en el CIANOC: Marco de referencia». *Publicación Especial núm. 11*, Centro de Investigación Agrícola del Norte Centro/Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas/Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, pp. 39.

- y Zárate V., J.L. (1994). «La producción de maíz en México ante el Tratado de Libre Comercio» en *El TLC y sus repercusiones en el sector agropecuario del Centro-Norte de México*, Centro de Investigación y Estudios de la Agricultura y Agroindustria Mundial/Universidad Autónoma Chapingo, México, pp. 17–34.
- y Galindo G., G. (1997). *La agricultura de Zacatecas. Un estado mexicano*, Agro-Ciencia, Chile, 13(1):77–90.
- (2000). *Investigación fisiotécnica de maíz de temporal en la región alta del norte de México*, Revista Fitotecnia Mexicana, México, 23:195–210.
- y Gutiérrez S., J.R. (2003). «Guía para cultivar maíz de temporal en el Altiplano de Zacatecas», *Folleto para Productores*, núm. 26, Campo Experimental Calera/ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México, pp. 18.
- Mac Neish, R.S. (1955). «Ancient maize and Mexico», *Arqueology* 8, EUA, pp. 108–115.
- Madrid C., O. (2003). *Densidad de plantas en maíces de riego de alta calidad de proteína en Zacatecas*, Tesis de Maestría en Ciencias, Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas, México, pp. 8–19.
- Mangelsdorf, P.C. (1974) *Corn. It's origin, evolution and improvement*, The Belknap Press of Harvard University, EUA.
- Mangelsdorf, P.C. y Reeves, R.G. (1939). «The origin of Indian corn and its relatives», *Bulletin num. 574*, Texas Agricultural Experimental Station, EUA.
- Martínez G., M.A. (1989), «Balance hídrico en maíz bajo condiciones de temporal en Aguascalientes» en *Investigación de maíz en el CIANOC: Resultados y avances hasta 1985*, Centro de Investigación Agrícola del Norte Centro/ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas/ Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México pp. 65–66.
- Medina G., G., Ruiz C., J. A. y Martínez P., R. A. (1998). *Los climas de México*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias/Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, México, pp. 104.
- Miranda C., S. (2000). *Mejoramiento genético de maíz en la época prehispanica*, México, 26(1):3–15.
- Montañez C., P. (1987). *Caracterización de las siembras de humedad residual en el Altiplano Potosino-Zacatecano*, Tesis profesional, Escuela de Agronomía. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México, pp. 127.

- Muñoz O., A. (2003). *Centli-maíz*, Colegio de Postgraduados, México, pp. 21.
- Oeidrus. (2006). *Estadísticas básicas; estadísticas agrícolas*, <http://www.oeidrus.org>.
- Ortega C., A. (1987). *Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo*, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México, pp. 106.
- Ortega P., R. A. (1976). *Reorganización del mejoramiento genético de maíz en el INIA*, Seminario: Análisis de los agrosistemas de México, México, pp. 1-10.
- , Sánchez G., J.J, Castillo F., F. y Hernández C., J.M. (1991). «Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México», en *Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México*, Ortega P., R., G. Palomino H., F. Castillo G., V. A. González H. y M. Livera M., Sociedad Mexicana de Fitogenética, México, pp. 161-185.
- Ortiz V., M. (1990). *Datos climatológicos del estado de Zacatecas*, Campo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias/Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, pp. 134.
- y Ruiz V., J. (1987). «Climatología aplicada», *Documento Interno de Trabajo*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias/ Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, México, pp. 268.
- Ortiz V., B. y Ortiz S., C.A. (1980). *Edafología*, tercera edición, Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Osuna C., E.S. (1981). *Estudio preliminar sobre el sistema de cultivo de maíz de humedad residual en los llanos de Durango*, Tesis profesional, Universidad Autónoma de Nayarit, México, pp. 74.
- Paulat, L.J. (1969). *El maíz, divino y denigrado don de México*, México Agrícola núm. 185, México, 185:27-30.
- Poehlman, J. M. (1976). *Mejoramiento genético de las cosechas*, Limusa Wiley, México, 263-300.
- PRONASE (1994). *El maíz, fundamento de la cultura popular mexicana*, Aguilar, Altea, Taurus, Alfaguara, Dirección Popular de Culturas, México, pp. 96.
- Ramírez M., C. (1993). «La producción agropecuaria en la Franja Agrícola Zacatecana» en: *La Agricultura Regional en el Estado de Zacatecas*, Ramírez M., C. y C. Gallegos V., Centro Regional Universitario Centro Norte/ Universidad Autónoma Chapingo, México, pp. 23-45.

- (1995). *La configuración regional y de clases en el estado de Zacatecas. 1940–1970*, Universidad Autónoma Chapingo, México, pp. 199.
- Reyes C., P. (1981). *Historia de la agricultura; información y síntesis*, AGT, México. pp. 295.
- (1990). *El maíz y su cultivo*, AGT, México, pp. 460.
- Rodríguez F., E. (1977) *Compendio histórico de Zacatecas*, segunda edición, Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación, México, pp. 57-64.
- Rojas G., M. y Rovalo, M. (1985). *Fisiología vegetal aplicada*, Tercera edición. McGraw.Hill, México, pp. 302.
- Rosengurt B., O., del Puerto, B., Arrillaga, M. y Lombardo A. (2001). *Gramíneas; curso de botánica*, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay, pp. 154–159.
- SAGAR (1994). *Cultivos básicos*, Datos básicos núm. 1, Dirección General de Política Agrícola, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, México, pp. 110.
- Salazar V., M.J. (2000). *Perspectivas de la producción campesina zacatecana frente al tratado de libre comercio*, Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Autónoma de Zacatecas, México, pp. 133.
- Salinas M., Y. y Arellano V, J.L. (1989). *Calidad nixtamalera y tortillera de híbridos de maíz con diferente tipo de endospermo*, Revista Fitotecnia Mexicana, México, 12(2):129–135.
- y Pérez H., P. (1997). *Calidad nixtamalera–tortillera en maíces comerciales de México*, Revista Fitotecnia Mexicana, México, 20(2):121–136.
- Salisbury, F.,B. y Ross C. W. (1994). *Fisiología vegetal*. Grupo Editorial Iberoamericano, México.
- Sanchez G., J.J. y Goodman, M.M. (1992). *Relationships among the Mexican races of maize*, Economic Botany, EUA, 46(1):72–85.
- Shaw, R.H. (1977).«Climatic requirements» en *Corn and corn improvement*, Sprague G.E.,. American Society Agronomy, EUA, pp. 591–623.
- Sprague, G.E. (1977). *Corn and corn improvement*, Academic Press Inc., Publishers. New York, EUA, pp. 700.
- Turrent F., A., *Plan de investigación del sistema maíz–tortilla en la región Centro* (1994). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias/ Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, pp. 55.
- , Gómez N.O., Sierra M., M. y Aveldaño S., R. (1998). *Producción*

- de maíz deniego en el ciclo otoño-invierno en el Sureste de México I*, Rendimiento de cuatro fórmulas tecnológicas, Revista Fitotecnia Mexicana, México, 21:159-170.
- Valdez, C.M. (1993). «Política económica de los países exportadores y mercado internacional», en Primer Simposio Internacional Cuarto nacional, *El Maíz en la Década de los 90*, México, pp. 313-320.
- Velasco, A.L. (1894). *Geografía y estadística del estado de Zacatecas*, Gobierno del estado de Zacatecas, México, 95-103.
- Warman, A. (1988). *La historia de un bastardo: maíz y capitalismo*, Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica, México, pp. 381
- Wellhausen, E.J., Roberts, L.M. y Hernández X., E. (1951). *Races of maize in Mexico*, Bussey Institute of Harvard University, EUA.

El cultivo de maíz en Zacatecas se terminó de imprimir en diciembre de 2008, en los talleres de Formación gráfica, S.A. de C.V., Matamoros 112, Raúl Romero, 57630. Ciudad Nezahualcoyotl, Estado de México. La edición consta de 1000 ejemplares más sobrantes.