



INSTITUTO DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS

Aspectos generales y guía para el manejo agronómico del **MAIZ** en Guatemala

Albaro Dionel Orellana Polanco
Danilo Ernesto Dardón Ávila

INVESTIGACIÓN PARA
EL DESARROLLO
AGRÍCOLA



Este manual fue impreso gracias al apoyo de:
Semillas para el Desarrollo
GCP-RLA-182SPA



Semillas
Para el Desarrollo



Junta Directiva

Presidente:

Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
Ministro de Agricultura, Ganadería y
Alimentación

Ing. Carlos Anzueto

Viceministro de Desarrollo Económico Rural
Representante del Ministro de Agricultura,
Ganadería y Alimentación

Directores:

Lic. Angel Santay
Representante del Ministro de Economía

Ing. Huber Ernesto Palma Urrutia
Representante del Ministro de Finanzas Públicas

Lic. Julio César Gordillo Coloma
Representante de la Secretaría de Planificación y
Programación –SEGEPLAN-

Ing. Roberto René Velásquez Morales
Representante del Sector Privado
Agrícola –AGEXPORT-

Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
Decano Facultad de Agronomía, de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

Asesor:

Dr. Elías Raymundo Raymundo
Gerente General del ICTA

Comité Editorial del ICTA

Ing. Agr. Msc Albaro Dionel Orellana Polanco
Ing. Agr. Msc. Danilo Ernesto Dardón Avila
Ing. Agr. Mario Morales Montoya
Ing. Agr. MSc. Héctor Sagastume Mena
Ing. Agr. Julio Antonio Franco Rivera
Br. Computación Abelardo René Viana Ramos

Créditos de las figuras y fotografías

1, 2, 5, 6: Ing. Albaro Orellana del ICTA
3: Ing. Danilo Dardón del ICTA.
4: FAUBA
7, 8, 11, 12, 18 y 19:
Ing. Oscar Salazar del ICTA
8, 9, 10, 44:
Ing. Jorge Cardona del ICTA
13, 14, 15, 16, 17:
Ing. Juan Quiñonez del ICTA
20 a 43: CIMMYT

Presentación y agradecimientos

Por la importancia biológica, económica, social y cultural del maíz en Guatemala, el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas –ICTA–, presenta este documento con el fin de contribuir a la popularización del conocimiento tecnológico. En el mismo se abordan aspectos generales y técnicas para el cultivo. Su contenido podrá ser aplicado tanto por especialistas, académicos, agricultores y personas en general que buscan las respuestas a interrogantes sobre los diversos temas y problemas que éste cultivo presenta.

Este documento fue generado como producto de la actualización de información existente en la literatura especializada y experiencias de investigación realizadas por el ICTA y otras organizaciones.

Al indicar nombres de compañías y sus productos, es para proporcionar algo específico y no implica preferencia, apoyo o propaganda a esas compañías y sus productos mencionados en el documento, ya que pueden existir en el mercado otras empresas o productos con características, efectos y calidades similares a los que acá se mencionan. Por consiguiente se debe referir a las etiquetas de los productos de cada compañía, y las regulaciones sobre el uso de los mismos.

El ICTA desea agradecer a los autores y a otros profesionales por sus contribuciones. Especialmente se agradece al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo –CIMMYT– por permitir el uso de información relacionada con plagas insectiles y enfermedades y a todas aquellas instituciones o personas que contribuyeron con sugerencias e información para enriquecer este documento.

Además, se agradece el apoyo financiero para su publicación al Proyecto Regional “Reforzamiento de las políticas públicas de producción de semillas de granos básicos en apoyo a la agricultura campesina para la seguridad alimentaria en países miembros del CAC” y su componente nacional “Proyecto de semillas de granos básicos de Guatemala” (Semillas para el Desarrollo), GCP-RLA-182 SPA de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación –FAO–.





Contenido

1 Aspectos generales.....	1
1.1 Origen, historia y domesticación del maíz.....	1
1.2 Taxonomía del maíz y sus parientes silvestres.....	3
1.3 Razas de maíz de Guatemala.....	4
1.4 Nombres comunes.....	4
1.5 Descripción botánica.....	6
1.6 Etapas fenológicas.....	7
1.6.1 Distribución geográfica y requerimientos agroecológicos.....	8
1.7 Requerimiento de agua.....	9
1.8 Requerimiento de luz (Fotoperíodo).....	9
1.9 Requerimiento de temperatura.....	10
1.10 Requerimientos edáficos o de suelos.....	11
1.11 Composición química y valor nutritivo.....	11
1.11.1 Carbohidratos.....	11
1.11.2 Proteínas.....	11
1.11.3 Aceite y ácidos grasos.....	11
1.11.4 Fibra dietética.....	12
1.11.5 Minerales.....	12
1.11.6 Vitaminas liposolubles.....	12
1.11.7 Vitaminas hidrosolubles.....	12
1.11.8 Análisis químico de los componentes en los maíces guatemaltecos.....	12
1.12 Usos y potencial económico.....	14
1.13 Estadísticas de producción mundial.....	14
1.14 Estadísticas de producción en Guatemala.....	17
1.15 Consumo.....	19
2 Técnicas para el cultivo del maíz.....	20
2.1 Selección del terreno.....	20
2.2 Análisis de suelo.....	20
2.3 Preparación del terreno.....	21
2.3.1 Labranza convencional.....	21
2.3.2 Labranza de conservación.....	22
2.4 Épocas de siembra.....	22
2.5 Zonas de producción.....	23
2.6 Siembra.....	24
2.7 Distancias de siembra recomendadas por el ICTA.....	24
2.8 Híbridos y variedades.....	25
2.9 Fertilización.....	27
2.9.1 Requerimientos nutricionales del cultivo.....	28
2.9.2 Función de cada nutrimento de la planta.....	29
2.10 Plagas del cultivo.....	31



2.10.1	Muestreo para plagas en el campo	31
2.10.2	Malezas	31
2.10.2.1	<i>Cyperus rotundus</i> (Coyolillo)	31
2.10.2.2	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Caminadora).....	32
2.10.2.3	<i>Sorghum halapense</i> (Zacate o pasto Jhonson)	33
2.10.2.4	<i>Amaranthus spinosus</i> (Bledo)	34
2.10.2.5	<i>Ipomoea spp</i> (Campanilla)	34
2.10.3	Control de malezas.....	34
2.10.3.1	Control mecánico.....	35
2.10.3.2	Control cultural	35
2.10.3.3	Control químico.....	36
2.10.4	Plagas insectiles.....	37
2.10.4.1	<i>Phyllophaga spp.; Cyclocephala spp.; Lygurus spp.; Anomala spp.</i> (Coleoptera: Scarabaeidae) (Gallina ciega, jobotos, white grub).....	37
2.10.4.2	<i>Dalbulus maydis</i> (Hemiptera: Cicadellidae) (Chicharrita del maíz).....	38
2.10.4.3	<i>Spodoptera frugiperda, S. sunia</i> (Lepidoptera: Noctuidae) (Gusano cogollero)	39
2.10.4.4	<i>Helicoverpa zea</i> (Lepidoptera: Noctuidae) (Gusano elotero)	40
2.10.5	Manejo de ácaros	40
2.10.5.1	<i>Tetranychus urticarius, T. telarius</i> (Acarina: Tetranychidae) (Araña roja)	40
2.10.6	Enfermedades del maíz	41
2.10.6.1	Enfermedades del follaje.....	41
2.10.6.1.1	<i>Spiroplasma kunkeli</i> , fitoplasma Maize bushy stunt, Marafivirus maíz (Achaparramiento del maíz).....	41
2.10.6.1.2	<i>Setosphaeria turcica</i> (estado teleomorfo); <i>Excerohilum turcicum</i> (estado anamorfo) sin. <i>Helminthosporium turcicum</i> ; <i>S. maydis</i> (estado teleomorfo) sin. <i>Helminthosporium maydis</i> (estado anamorfo); (Tizon foliar)	42
2.10.6.1.3	<i>Puccinia sorghi, P. polysora, Physopella zae</i> (Royas del maíz)	43
2.10.6.1.4	<i>Curvularia lunata</i> y <i>C. pallenscens</i> (Mancha foliar por <i>Curvularia</i>)	44
2.10.6.1.5	<i>Physoderma maydis</i> (Mancha amarilla de la hoja)	45
2.10.6.1.6	<i>Phyllachora maydis, Monographella maydis, Coniothirium phyllacoraceae</i> (Mancha de asfalto de la hoja).....	45
2.10.7	Enfermedades que causan pudrición de la mazorca.....	47
2.10.7.1	<i>Gibberella zae</i> y <i>G. fujikuroi</i> (Pudriciones de mazorca por <i>Gibberella</i>)	47
2.10.7.2	<i>Diplodia maydis, D. macrospora</i> (Pudrición de la mazorca por <i>Diplodia</i>).....	48
2.10.7.3	<i>Aspergillus spp</i> (Pudrición de la mazorca por <i>Aspergillus</i>)	49
2.10.8	Plagas en el almacenamiento	49
2.10.8.1	<i>Sitotroga cerealella</i> (Palomilla dorada del maíz)	49
2.10.8.2	<i>Sitophilus zeamais</i> (Gorgojo de los granos).....	50
2.10.9	Prácticas a implementar en el almacenamiento	50
2.10.10	Costos de producción.....	51
3	Referencias bibliográficas	55



Figura 30 Pústulas de roya tropical.....	44
Figura 31 Pústulas de la roya amarilla.....	44
Figura 32 Mancha foliar por <i>curvularia</i>	44
Figura 33 Mancha amarilla de la hoja.....	45
Figura 34 y 35 Mancha de asfalto por <i>Phyllacora</i> y <i>Monographella</i>	46
Figura 36 y 37 Síntomas estado avanzado de la mancha de asfalto.....	46
Figura 38 Síntomas en la mazorca de <i>Phaeosphaeria</i> y <i>Diplodia</i>	47
Figura 39 Mazorca afectada por <i>Giberella Zeae</i>	48
Figura 40 Mazorca afectada por <i>Diplodia Maydis</i>	48
Figura 41 Mazorca afectada por <i>Aspergillus</i>	49
Figura 42 Adulto de palomilla dorada.....	50
Figura 43 Adulto del gorgojo de los granos.....	50
Figura 44 Secamiento de grano en patios de secado.....	51



1. Aspectos generales

1.1 Origen, historia y domesticación del maíz

En Guatemala el cultivo del maíz forma parte de la dieta básica de sus habitantes y está profundamente arraigado en su cultura desde épocas ancestrales. Los antiguos mayas eran una sociedad agrícola, cosechaban maíz, frijol, cucurbitáceas, yuca y camote; complementaban su dieta con productos obtenidos de la caza y la pesca realizada en los ríos cercanos, los lagos o el mar.

El maíz en forma de tamales junto con las tortillas y la bebida llamada atole, eran la base de la cocina maya. Incluso los mayas veneraban al Dios del Maíz para que les permitiera una buena cosecha (Figura 1).

Existen varias teorías que explican el origen del maíz sin que en la actualidad exista un acuerdo definitivo sobre ellas. Una de las más aceptadas determina como centro primario de origen y diversidad a Mesoamérica (especialmente México y regiones adyacentes de Guatemala) (Figura 2), región donde el maíz se domesticó y comenzó a cultivarse posiblemente a partir del teocinte (*Zea spp.*), un pasto del cual existen cinco especies distribuidas en México, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Sin embargo, es posible la existencia de otros centros secundarios de origen en América (Kato, Mapes, Mera, Serratos y Bye, 2009).



Figura 1 Yum Kaax, Dios Maya del maíz





Figura 2 Mesoamérica, centro de origen del maíz



El maíz era un alimento básico de las culturas indígenas americanas muchos siglos antes de que los europeos llegaran a América. En las civilizaciones Maya y Azteca jugó un papel fundamental en las creencias religiosas, en sus festividades y en su nutrición. Los habitantes de varias tribus indígenas de América Central y México llevaron esta planta a otras regiones de América Latina, al Caribe y después a Estados Unidos de América y Canadá.

Se considera que aproximadamente 1000 años DC los agricultores-mejoradores comenzaron el desarrollo de la planta de maíz seleccionando y conservando las semillas de las mejores mazorcas para la próxima siembra, práctica que prevalece en la agricultura tradicional hasta hoy día y ha sido la forma de conservar las diferentes razas de maíz.

Cuando los españoles llegaron a América en el año 1492, los agricultores desde Canadá a Chile, ya usaban variedades mejoradas de maíz. En 1493 los exploradores europeos llevaron el maíz a Europa y a finales de los años 1500 se cultivaba en forma extensiva. A principios de 1500 los navegantes y comerciantes portugueses y árabes lo introdujeron al mismo tiempo en varios lugares de África. Por la misma época, también lo introdujeron a Asia. En China fue introducido a principios de 1600 tanto por rutas marítimas como terrestres. Los navegantes portugueses lo introdujeron también en Japón aproximadamente en el año 1580. El maíz se difundió rápidamente como un cultivo alimenticio en el sur de Asia (Indonesia, Tailandia y Filipinas) entre 1550 y 1650, estableciéndose plenamente como un cultivo alimenticio alrededor del año 1750.

1.2 Taxonomía del maíz y sus parientes silvestres

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea* y subespecies (ssp) de *Zea mays*, comúnmente llamadas teosinte o teosintle son formas silvestres parientes de *Zea mays* utilizadas frecuentemente como pastos.

Según Doebley (2003), el maíz y sus parientes silvestres, los teocintes, se clasifican dentro del género *Zea* en la familia Poaceae. Con base en caracteres de la espiga o inflorescencia masculina, el género *Zea* se ha dividido en dos secciones. La sección Luxuriantes que agrupa 4 especies; los teosintles perennes *Z. diploperennis* Iltis, (Doebley and Guzman y *Z. perennis*) (Hitchcock) (Reeves and Mangelsdorf) los anuales *Z. luxurians* (Durieu and Ascherson) Bird y *Z. nicaraguensis* (Iltis & Benz) y la sección *Zea* que se circunscribe a una sola especie (*Z. mays* L.), dividida en cuatro subespecies: el maíz (*Z. mays* L. ssp. *mays*) y los teocintes anuales (*Z. mays* ssp. *mexicana*) (Schrader) (Iltis); *Z. mays* ssp. *parviglumis* (Iltis and Doebley y *Z. mays* ssp. *huehuetenanguensis* (Iltis and Doebley) (Doebley). A excepción del *Z. nicaraguensis* y el *Z. mays* ssp. *huehuetenanguensis*, los teosintes son endémicos de México.

En Guatemala están presentes *Zea mays* ssp. *huehuetenanguensis* distribuido en comunidades de los municipios de Santa Ana Huista, San Antonio Huista y Jacaltenango del departamento de Huehuetenango y *Zea luxurians*, distribuido en comunidades de los municipios de Monjas y San Manuel Chaparrón del departamento de Jalapa; El Progreso, Jutiapa y Agua Blanca del departamento de Jutiapa e Ipala del departamento de Chiquimula (Vásquez, Wilkes y Taba, 1990).

Según USDA (2009) y Doebley (2003), la clasificación taxonómica actual del maíz es:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia :	Panicoideae
Tribu:	Andropogoneae
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>Zea mays</i> L.
Subespecie:	<i>Zea mays</i> L. ssp. <i>mays</i>

Sinónimos de *Zea mays* L. ssp. *mays*:

Zea curagua (Molina); *Zea indentata* (Sturtev.); *Zea indurata* (Sturtev.); *Zea japonica* (Van Houtte); *Zea mays* ssp. *everta* (Sturtev.). (Zhuk); *Zea mays* var. (Alba Alef.); *Zea mays* var. *flavorubra* (Körn); *Zea mays* var. *indentata* (Sturtev.) (L. H. Bailey); *Zea mays* var. *indurata* (Sturtev.) (L. H. Bailey); *Zea mays* var. *japonica* (Van Houtte) (Alph. Wood); *Zea mays* var. *leucodon* (Alef.); *Zea mays* var. *saccharata* (Sturtev.) (L. H. Bailey); *Zea mays* var. *tunicata* (Larrañaga ex A. St.-Hil); *Zea mays* var. *vulgata* (Körn. & H. Werner); *Zea saccharata* (Sturtev.)



El concepto de raza se define como un grupo de individuos emparentados con suficientes características en común, que permiten su reconocimiento como grupo. En este documento se usa el término de razas para describir a las variedades y poblaciones del maíz nativo. En alguna literatura y en algunos proyectos que se ejecutan en Guatemala se emplea el término maíces criollos, variedades criollas, razas criollas o semillas criollas; sin embargo, esta denominación es equivocada ya que el maíz no es una planta foránea a nuestro país como el nombre criollo lo implica. En Guatemala no hay maíz criollo porque es nativo del territorio, en todo caso se considera que sería más adecuado denominarlas variedades nativas, variedades locales, variedades antiguas o variedades tradicionales.

A nivel mundial han sido descritas e identificadas cerca de 300 razas de maíz, involucrando en el análisis a miles de cultivares diferentes

provenientes de colecciones que representan del 90 a 95% de la diversidad genética mundial (Dowswell, Paliwal y Cantrell, 1996).

Según diversos autores citados por Kato, et al. (2009), actualmente se considera que existen en el continente americano entre 220 y 300 razas de maíz (Brown y Goodman, 1977; Vigouroux et al. 2008).

En Guatemala, según el estudio de Wellhausen (1957) están presentes 13 razas y 10 subrazas que aún se siembran en muchas regiones agroecológicas ubicadas desde el nivel del mar hasta los 3000 msnm.

Se considera que el número de razas de maíz presentes en Guatemala podría ser mayor, pero es necesario realizar nuevas recolecciones de germoplasma o estudios para demostrarlo. En el Cuadro 1 se presentan las razas reconocidas en Guatemala.

1.3 Razas de maíz de Guatemala

1.4 Nombres comunes

Zea mays L. ssp. *mays* es conocida con varios nombres comunes; en los países de habla hispana el más usado es "maíz", se conoce también como "choclo" y "mijo". En los países con idioma inglés se denomina "maize", excepto en USA y Canadá,

donde se le denomina "corn". En francés "maïs", en portugués "milho" y en el subcontinente hindú es conocido como "makka" o "makki". En lengua maya de Guatemala se conoce como Ixím.

Cuadro 1 Razas y subrazas de maíz reportadas en Guatemala.

Razas primitivas	Subraza	Distribución	Altitud
Nal-tel	Amarillo Tierra Baja	Chiquimula, Jutiapa y Baja Verapaz	400-1100
	Blanco Tierra Baja	Jutiapa, Chiquimula y Baja Verapaz	1000-1100
	Amarillo Tierra Alta	Quiché y Totonicapán	2000-2500
	Blanco Tierra Alta	Quiché, Totonicapán y Quetzaltenango	2000-2500
	Ocho	San Marcos, Sololá, y Chimaltenango	2100-2500
Imbricado		Chimaltenango, Quetzaltenango y Huehuetenango	2100-2500
Razas exóticas y derivadas	Subrazas	Distribución	Altitud
Serrano		San Marcos, Huehuetenango, Totonicapán y Sololá	2500-3100
San Marceño		San Marcos, Huehuetenango, Quetzaltenango, Sololá y Chimaltenango.	2100-2700
Quicheño	Rojo	Quiché	1800
	Grueso	Quiché y Huehuetenango	1800-2100
	Ramoso	Quetzaltenango y Huehuetenango	2200-2500
Negro de Chimaltenango		Chimaltenango, Quiche, Sololá y Guatemala	1800-2300
	Negro de Tierra Fría	San Marcos, Quetzaltenango y Totonicapán	2300-2700
	Negro de Tierra Caliente	Retalhuleu, Suchitepequez, Escuintla, Sacatepequez, Guatemala, Baja Verapaz, Jalapa, Jutiapa, Chiquimula, Zacapa e Izabal	40-1100
Salpor		Quetzaltenango, Quiche, San Marcos	2300-2800
Salpor tardío		San Marcos, Quetzaltenango, Sololá	2300-2700
Olotón		Alta y Baja Verapaz, Quiche, Huehuetenango	1200-2500
Comiteco		Huehuetenango, Alta Verapaz, Chimaltenango y Guatemala	1300-2100
Dzit-Bacal		Jutiapa, Jalapa y El Progreso	500-1400
Tepecintle		Quetzaltenango, Suchitepequez, Alta Verapaz, El Peten, Chiquimula	150-500
Tuxpeño		El Petén	150-500

Fuente: Wellhausen, 1957, Fuentes, 2003



1.5 Descripción botánica

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

Es una planta monoica de flores unisexuales, que presenta flores masculinas y femeninas bien diferenciadas en la misma planta. Por las características mencionadas, el maíz es una planta alógama de polinización abierta por medio del viento (anemófila) propensa al cruzamiento, los granos de polen viajan de 100 a 1000 m (Jugenheimer, 1988).

La inflorescencia masculina es terminal (Figura 3), se conoce como panícula (o espiga) consta de un eje central o raquis y ramas laterales; a lo largo del eje central se distribuyen los pares de espiguillas de forma polística y en las ramas con arreglo dístico y cada espiguilla está protegida por dos brácteas o glumas, que a su vez contienen en forma apareada las flores estaminadas; en cada florecilla componente de la panícula hay tres estambres donde se desarrollan los granos de polen. La coloración de la panícula está en función de la tonalidad de las glumas y anteras, que pueden ser de coloración verde, amarilla, rojiza o morada.

Las inflorescencias femeninas (elotes o mazorcas) (Figura 3) se localizan en las yemas axilares de las hojas, son espigas de forma cilíndrica que consisten de un raquis central u olote donde se insertan las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas una fértil y otra abortiva, estas flores se arreglan en hileras paralelas, las



Figura 3 Inflorescencias masculina y femenina del maíz

flores pistiladas tienen un ovario único con un pedicelo unido al raquis, un estilo muy largo con propiedades estigmáticas donde germina el polen.

La mazorca puede formar alrededor de 400 a 1000 granos arreglados en promedio de ocho

a 24 hileras por mazorca; todo esto encerrado en numerosas brácteas o vainas de las hojas, los estilos largos saliendo de la punta del raquis como una masa de hilo sedoso se conocen como pelo de elote; el jilote es el elote tierno. (Reyes, 1990; Jugenheimer, 1988).

En la mazorca cada grano o semilla es un fruto independiente llamado carióspside que está

insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca. Las estructuras que constituyen el grano del maíz (pericarpio, endospermo y embrión) le confieren propiedades físicas y químicas (color, textura, tamaño, etc.) que han sido importantes en la selección del grano como alimento.

1.6 Etapas fenológicas

La planta de maíz atraviesa por distintas fases de crecimiento y desarrollo a lo largo de su ciclo, las cuales se caracterizan por cambios cualitativos en los órganos.

Las distintas etapas fenológicas se ordenan con base en escalas según el objetivo perseguido. La escala fenológica más utilizada para describir el desarrollo del cultivo de maíz es la de Ritchie y Hanway, que utiliza caracteres morfológicos externos (macroscópicos). En ella se pueden distinguir dos grandes períodos: el vegetativo y el reproductivo. El cultivo alcanza una etapa específica cuando al menos el 50% de las plantas presentan las características correspondientes.

El período vegetativo se subdivide en estadios identificados con la letra V y un subíndice, que señala el número de orden de la última hoja completamente expandida (lígula visible) al momento de la observación. El índice VE se utiliza para identificar la emergencia del

cultivo. El número total de subdivisiones del período vegetativo varía con el genotipo y el ambiente considerado, por modificar ambos el número final de hojas. Una vez producida la aparición de todas las hojas, el estado es definido por la aparición de la panoja (VT: panojamiento). (Cuadro 2, figura 4).

El período reproductivo se subdivide en estadios identificados con la letra R y un subíndice, comienza con la emergencia de los estigmas (R1), continúa con el cuaje del grano (R2) y el llenado de los granos (R3= grano lechoso, R4= grano pastoso y R5= grano duro o indentado) y finaliza con la madurez fisiológica (R6) (Cárcoba, Borrás, Otgui, 2004).

Además, las etapas de crecimiento se pueden agrupar en cuatro grandes períodos:

- Crecimiento de las plántulas (etapas VE y V1)
- Crecimiento vegetativo (etapas V2, V3... Vn)
- Floración y la fecundación (etapas VT, R0, y R1)
- Llenado de grano y la madurez (etapas R2 a R6)

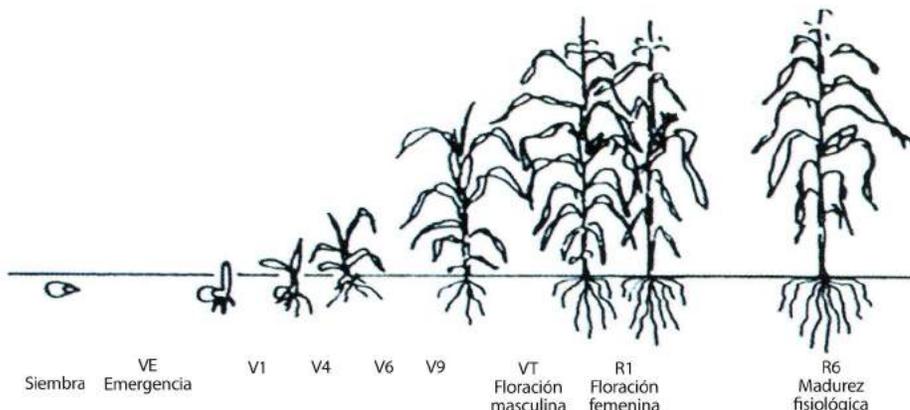


Figura 4 Etapas fenológicas del cultivo del maíz



Cuadro 2 Características de las etapas de crecimiento y desarrollo del maíz

Etapa	Características
VE	El coleoptilo emerge de la superficie del suelo
V1	Es visible el cuello de la primera hoja
V2	Es visible el cuello de la segunda hoja
Vn	Es visible el cuello de la hoja numero "n" (fluctúa entre 16 y 22)
VT	Es completamente visible la última rama de la panícula
R0	Antesis o floración masculina. Emisión de polen
R1	Son visibles los estigmas
R2	Los granos están acuosos y se ve el embrión
R3	Los granos están lechosos
R4	Los granos están masosos
R5	Los granos se llenan de almidón sólido
R6	Madurez fisiológica



1.6.1 Distribución geográfica y requerimientos agroecológicos

El maíz se cultiva en diversidad de condiciones agroecológicas, que incluyen altitudes desde 0 hasta 4000 msnm. Se cultiva desde la línea ecuatorial hasta los 58 grados de latitud norte en Canadá y Rusia o 40 grados de latitud sur en Argentina y Chile. En ésta gama de ambientes existe un gran número de genotipos de maíces adaptados a condiciones tropicales, subtropicales y templadas.

En Guatemala, el cultivo del maíz se realiza bajo diferentes condiciones en altitudes que van desde 0 hasta 3100 msnm. Cada uno de los ambientes dispone de diferentes condiciones relacionadas con altitud, temperatura, humedad relativa y precipitación, entre otros, que caracterizan su condición agroclimática. En Guatemala

existen principalmente dos grandes zonas agroecológicas: el Trópico Bajo (0-1,400 msnm) y la zona del Altiplano (1,500-3,100 msnm). El Trópico Bajo se subdivide en las zonas climáticas de la planicie costera del Pacífico, las planicies del norte, la franja transversal del norte y costa Caribe, la bocacosta y el oriente del país (la depresión del río Motagua y frontera oriental). La zona del altiplano comprende las mesetas y altiplanos de la mayor parte de los departamentos de Huehuetenango, El Quiché, San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Chimaltenango, Guatemala y sectores de Jalapa y las verapaces; con diversidad de microclimas (Fuentes, 2002; INSIVUMEH, 2010)

1.7 Requerimiento de agua

El maíz es un cultivo exigente en agua; las necesidades hídricas van variando a lo largo de las fases del cultivo. Durante la fase de germinación de la semilla se requiere menos cantidad de agua manteniendo una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo se requiere una mayor cantidad de agua. La fase de la floración es el periodo más crítico porque de ella depende el desarrollo, la polinización y el llenado de los granos que influye sobre el rendimiento.

El requerimiento mínimo de agua del cultivo del maíz en las diferentes fases fenológicas es de 700 mm, distribuidos en 300 mm en la fase vegetativa, 200 mm en la fase de floración y

200 mm en la fase reproductiva. (Heysey & Edmeades 1999).

El momento crítico de estrés por sequía en el cultivo del maíz, se ubica entre los 7 días previos al inicio de la floración y 15 días posterior a ésta. La reducción de agua en el cultivo del maíz durante el período de prefloración, floración y post-floración provoca pérdidas de 25, 50 y 21%, respectivamente (Fuentes, 2002).

En Guatemala, el maíz se siembra en regiones de precipitación pluvial desde menos de 400 mm hasta los 3,000 mm, en suelos y climas muy variables. El maíz necesita una precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo.

1.8 Requerimiento de luz (Fotoperíodo)

Según sus requerimientos de luz, el maíz es clasificado como una planta determinada cuantitativa de días cortos. El fotoperíodo influye sobre el tiempo requerido para la floración, esto significa que la floración se retrasa a medida que el fotoperíodo excede un valor mínimo. En general en la mayoría de germoplasma de maíz tropical el fotoperíodo crítico oscila entre 11 y 14 horas y en promedio 13.5 horas (Bolaños y Edmeades, 1993b).

El maíz se considera una planta C4, es decir, posee una gran eficiencia a la hora de realizar la conversión de la luz solar en energía. Esta característica fisiológica del maíz favorece

su adaptación a zonas tropicales en donde la evapotranspiración es alta, ya que la estructura anatómica de sus hojas durante el proceso fotosintético le permite fijar el CO₂ en diferentes compuestos intermediarios que contienen 4 átomos de carbono, con un gasto menor de energía y menor pérdida de agua en la evapotranspiración (Kato, et al, 2009).

En nuestro país la variación de las horas luz es pequeña, por lo que la mayoría de los genotipos son insensibles al fotoperíodo y el desarrollo fenológico dependerá de la acumulación de las unidades de calor, es decir de la temperatura.



1.9 Requerimiento de temperatura

La mejor producción del cultivo del maíz se logra en climas en donde las temperaturas medias en los meses calurosos varían entre 21 y 27 °C, con un periodo libre de heladas en el ciclo agrícola variable de 120 a 180 días (Reyes, 1990).

La temperatura más favorable para la germinación se encuentra próxima a los 15 °C.

En la fase de crecimiento, la temperatura ideal se encuentra comprendida entre 24 y 30 °C. Por encima de los 30 °C se encuentran problemas en la actividad celular, disminuyendo la capacidad de absorción de agua por las raíces.

Las noches cálidas no son beneficiosas para el maíz, pues la respiración es muy activa y la planta utiliza importantes reservas de energía a costa de la fotosíntesis realizada durante el día.

En maíz se considera que la floración y las etapas iniciales del período de llenado de grano son críticas para el rendimiento de grano. Debido a esto, la presencia de temperaturas altas, frecuentemente asociadas con sequías durante estas etapas, pueden afectar los procesos de polinización, fecundación y desarrollo del grano. Esto es consecuencia de la desecación de estigmas y/o de los granos de polen y la reducción de la tasa y/o duración del período de llenado de grano, que afectan el número y peso individual de los mismos (Bassetti y Westgate, 1993; Suzuki et al., 2001; Wilhelm et al., 1999).

En el maíz, una temperatura mayor de 35 °C con baja humedad relativa provoca desecación

de los estigmas y temperaturas superiores a 38 °C reducen la viabilidad del polen. Con base en esto, se ha sugerido que por cada grado centígrado (°C) que se incrementa la temperatura por encima del óptimo (25 °C), se reduce un 3 a 4 % el rendimiento de grano (Cheikh y Jones, 2001).

La fotosíntesis es uno de los procesos más sensibles al calor, siendo disminuida significativamente en maíz a temperaturas foliares superiores a 30 °C, debido a la inactivación de la enzima rubisco, hasta su casi completa inactivación a 45 °C. Por lo tanto, la variación interespecífica en la termo tolerancia de los sistemas de fotosíntesis es determinante en los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas bajo condiciones de alta temperatura (Crafts y Salvucci, 2002; Jull Ranney y Blazich, 1999).

La combinación de las altas temperaturas y la sequía causan una mayor reducción de la fotosíntesis y en consecuencia de la producción del cultivo que los efectos de ambos estreses por separado.

En Guatemala, la zona del trópico bajo presenta temperaturas promedio de 25 °C y se pueden presentar temperaturas máximas de 35-40 °C en ciertos periodos del año. En la zona del altiplano y meseta central, la temperatura promedio es de 18 °C y pueden presentarse temperaturas mínimas de 0 °C en ciertas épocas del año. Localidades con menor temperatura provocan que el desarrollo vegetativo sea más largo que en condiciones de mayor temperatura.



1.10 Requerimientos edáficos o de suelos

El maíz se adapta a diferentes suelos. Las mejores condiciones son los que presentan textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con buena capacidad de retención de agua. El maíz se puede cultivar con buenos resultados en suelos que presenten pH de 5.5 a 8, aunque el óptimo corresponde a los ligeramente ácidos (pH entre 6 y 7) (Bolaños y Edmeades, 1993; Fuentes, 2002).

1.11 Composición química y valor nutritivo

La composición química y el valor nutritivo del maíz es variable dependiendo de la influencia de factores genéticos (existe un elevado número de variedades e híbridos), ambientales (climas, suelos, manejo del cultivo, métodos de cosecha y postcosecha) y cada uno de los aspectos de su ontogenia (fase fenológica, parte de la planta, prácticas agronómicas, proceso de elaboración para el consumo y otros).

El maíz es uno de los cereales alimenticios más importantes. Constituye una fuente principal de carbohidratos y proteínas. El contenido del grano consiste principalmente de carbohidratos (86%), proteínas (9%), aceite (3%) y fibra (2%) (FAO, 1993; Palliwall, Granados, Tititte y Violic, 2003).

Los principales componentes son:

1.11.1 Carbohidratos

El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, constituido principalmente de amilosa y amilopectina. Al almidón

corresponde hasta el 72-73 % del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de sucrosa, glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3 % del grano y se hallan esencialmente en el germen (Robutti, 2010).

1.11.2 Proteínas

Las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano después del almidón. En los genotipos comunes, el contenido de proteínas oscila entre el 8 y el 11 por ciento del peso del grano, y en su mayor parte se encuentran en el endospermo. (FAO, 1993).

La calidad nutritiva del maíz como alimento está determinada por la composición de aminoácidos de sus proteínas. En el maíz común, existe carencia de los aminoácidos esenciales lisina y triptofano, en comparación con los maíces de alta calidad de proteína (QPM por sus siglas en inglés). Por otro lado, en los genotipos comunes existe un elevado contenido de leucina, mientras que en los maíces QPM el contenido de este aminoácido es menor. En lo anterior influye el genotipo y las condiciones de cultivo. El contenido de proteínas del maíz es un rasgo genético en el que influye la aplicación de abono nitrogenado.

1.11.3 Aceite y ácidos grasos

El aceite es un componente menor del grano de maíz, encontrándose fundamentalmente en el germen. Esta característica está determinada genéticamente y las concentraciones pueden variar desde el 5 hasta el 20%. (Robutti, 2010).



1.11.4 Fibra dietética

Después de los hidratos de carbono (principalmente almidón), las proteínas y las grasas, la fibra dietética es el componente químico del maíz que se halla en cantidades mayores variando del 12 al 15%.

1.11.5 Minerales

La concentración de cenizas en el grano de maíz es aproximadamente del 1,3 por ciento, sólo ligeramente menor que el contenido de fibra cruda. Los minerales presentes en mayor concentración, son en su orden: P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Mn y Zn.

1.11.6 Vitaminas liposolubles

El grano de maíz contiene dos vitaminas solubles en grasa, la provitamina A, o carotenoide, y la vitamina E. Los carotenoides se hallan sobre todo en el maíz amarillo, en cantidades que pueden ser reguladas genéticamente, en tanto que el maíz blanco tiene un escaso o nulo contenido de ellos. La mayoría de los carotenoides se encuentran en el endospermo duro del grano y únicamente

pequeñas cantidades en el germen. El beta-caroteno es una fuente importante de vitamina A, aunque no totalmente aprovechada pues los seres humanos no consumen tanto maíz amarillo como maíz blanco.

1.11.7 Vitaminas hidrosolubles

Las vitaminas solubles en agua están en la aleurona del grano de maíz y en el germen y endospermo. Esta distribución tiene importancia al elaborar el cereal y su elaboración da lugar a pérdidas de vitaminas. Se han encontrado cantidades variables de tiamina y riboflavina en el grano del maíz; es determinado por el ambiente y las prácticas de cultivo y no por la estructura genética, aunque hay diferencias en el contenido de vitaminas entre las distintas variedades.

1.11.8 Análisis químico de los componentes en los maíces guatemaltecos

El análisis de los maíces guatemaltecos han sido realizados en años pasados y se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3 Análisis proximal del contenido nutricional en tres partes del grano de maíz normal guatemalteco

Análisis de contenidos	Pericarpio (%)	Endospermo (%)	Germen (%)
Proteínas	3.7	9.0	18.3
Extracto etéreo	1.0	2.7	33.2
Fibra cruda	86.7	0.3	8.8
Cenizas	0.8	0.3	10.5
Almidón	7.3	87.7	8.3
Azúcar	0.34	0.62	10.8
Azúcares	0.34	0.62	10.8

Fuente: Bressani, 1990



En el cuadro 4, se presenta el análisis de proteínas netas en el grano entero, endospermo y el germen en tres tipos de maíz evaluados en Guatemala.

Cuadro 4 Proteínas netas en porcentajes en granos enteros, endospermo y germen de tres tipos de maíz evaluados en Guatemala

Análisis de proteína neta(%)	Maíz amarillo	Maíz cuarenteño	Maíz de alta calidad de proteína (QPM)
Grano entero	42.5	65.4	81.4
Endospermo	65.7	90.6	85.0
Germen	40.9	46.4	77.0

Fuente: Poey, 1979

El cuadro 5 muestra el análisis de ácidos grasos en una variedad de grano blanco de alta calidad de proteína, comparado a un maíz local normal.

Cuadro 5 Análisis de ácidos grasos de la variedad de maíz blanco de alta calidad comparada a un maíz normal de Santa Apolonia, Chimaltenango

Variiedad	Ácido palmítico (%)	Acido esteárico (%)	Acido oleico (%)	Acido linoleico (%)	Acido linolenico (%)
Nutricia	15.71	3.12	36.45	43.83	0.42
Local de Santa Apolonia	11.45	3.12	38.02	47.44	0.00

Fuente: Bressani, 1990

En el cuadro 6 se observa el análisis del contenido de minerales en el maíz normal en Guatemala.

Cuadro 6 Análisis de contenido de minerales (mg/100 g) en cinco muestras de maíz normal de Guatemala

Mineral	Contenido en mg por 100 g
Fósforo	299.6 +- 57.8
Potasio	324.8 +- 33.9
Calcio	48.3 +- 12.3
Magnesio	107.9 +- 9.4
Sodio	59.2 +- 4.1
Hierro	4.8 +- 1.9
Cobre	1.3 +- 0.2
Manganeso	1.0 +- 0.2
Zinc	4.6 +- 1.2

Fuente: Bressani, 1990

1.12 Usos y potencial económico

El maíz presenta diversidad de usos nutricionales e industriales. La mayor proporción de la producción mundial de maíz se usa en alimentación animal. En algunos países el maíz se emplea como alimento humano en cantidades significativas. El grano de maíz es una importante materia prima de bajo costo para producir diferentes productos que se usan en la industria como el almidón y derivados, edulcorantes, aceite, alcohol y otros reemplazantes de los derivados del petróleo. A partir del maíz se fabrican más de 3,500 productos. (Robutti, 2010).

El maíz blanco se destina especialmente para la alimentación humana. El maíz amarillo representa el grueso de la producción mundial y uno de los ingredientes más importantes en la producción agroindustrial de alimentos procesados para humanos y animales. Destaca a nivel mundial la creciente importancia de la producción de almidón y etanol a partir del maíz amarillo, que utiliza aproximadamente el 13% del total del grano producido, y es el sector de la producción del que se espera un significativo incremento en la demanda futura (SAGARPA, 2005).

Dadas las múltiples aplicaciones que tiene el maíz y por ende, el éxito económico como producto industrial, se ha convertido en el segundo cultivo más apetecido después de la soya por las multinacionales productoras de semillas transgénicas para ser modificado, patentado y comercializado.

En el mercado internacional no existen diferencias de las razas o tipos de maíz que se comercializan, ni tampoco se paga un sobre precio por variedad, ya que el maíz es manejado como un "commodity" (cualquier material o producto, especialmente agrícola, que no ha sido procesado y está disponible para la compraventa). Recientemente con la aparición de los mercados orgánicos el maíz producido bajo ciertas normas ambientales (por ejemplo, el no uso de agroquímicos y las buenas técnicas de labranza) puede llegar a obtener un sobreprecio que varía entre 60 y 80% respecto al convencional. El mercado potencial de este maíz en Estados Unidos se encuentra en empresas productoras de carne, huevo o leche orgánica, quienes alimentan su ganado con este insumo (CONABIO, 2008).

1.13 Estadísticas de producción mundial

En los últimos años, el maíz ha rebasado la producción del trigo y el arroz y los tres son los principales cultivos alimenticios en el mundo. Según USDA (2010), el promedio de la producción mundial de maíz para el período 2005/2010, fue de 754.26 millones de toneladas (Cuadro 7). Se cultivan más de 150 millones de hectáreas.

Los principales países productores y el porcentaje de la participación en la producción se aprecia en la figura 5. El mayor productor

es Estados Unidos, con un promedio de 298 millones de toneladas anuales. Este país oferta en su mayor parte maíz amarillo (99.1% de su producción) y produce solamente el 0.9 % de maíz blanco (USDA, 2010; CONABIO, 2008).

De acuerdo a las estadísticas del USDA (2008), en el año 2006/2007 la productividad promedio del maíz en el mundo fue de 4,76 tm/ha. En el cuadro 8 se observa la productividad del maíz en distintos países.



Cuadro 7 Producción anual de maíz en el mundo en el período 2005-2010 (millones de tm) y porcentaje (%) de participación de los principales países productores

Países	05/06	06/07	07/08	08/09	09/10	%
USA	282.26	267.50	331.18	307.39	303.16	38.8
China	139.37	151.60	152.30	165.50	162.50	20.8
U. E. (27)	60.67	53.83	47.51	62.38	56.50	7.2
Brasil	41.70	51.00	58.60	50.00	54.00	6.9
México	19.50	22.35	23.60	25.00	24.00	3.1
India	14.71	15.10	18.96	17.00	18.50	2.4
Argentina	15.80	22.50	22.00	13.00	15.00	1.9
Sudafrica	6.94	7.30	13.16	12.00	11.50	1.5
Canadá	9.33	8.99	11.65	10.60	10.30	1.3
Ucrania	7.15	6.40	7.40	11.40	9.50	1.2
Indonesia	6.80	7.85	8.50	8.70	9.00	1.2
Nigeria	7.00	7.80	6.50	7.90	8.30	1.1
Rusia	3.20	3.60	3.95	6.60	7.00	0.9
Filipinas	5.88	6.23	7.28	6.90	6.90	0.9
Serbia	0.00	6.42	4.05	5.90	6.50	0.8
Otros	101.34	105.63	98.88	113.00	116.49	10.0
Total	698.76	712.20	791.60	787.27	781.46	100.0

Fuente: USDA

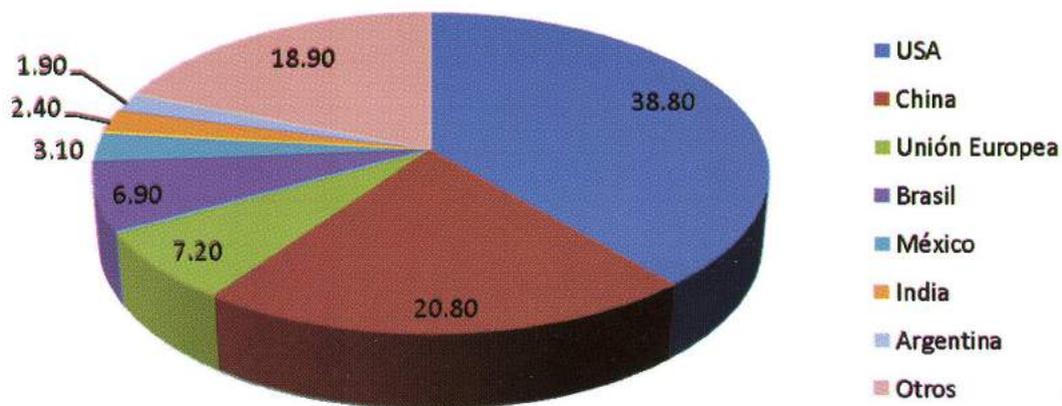


Figura 5 Principales países productores de maíz y porcentaje de su participación en la producción mundial



Cuadro 8 Rendimiento promedio del cultivo del maíz en distintos países

País	Rendimiento promedio (tm/ha)
USA	9.48
Italia	8.87
Francia	8.72
Egipto	8.58
Canadá	8.47
Argentina	8.04
Hungría	6.64
Turquía	6.59
Serbia	5.48
China	5.39
Polonia	4.08
Vietnam	3.96
Thailandia	3.80
Ucrania	3.76
Brasil	3.64
Rusia	3.60
Rumania	3.32
México	3.03
Sudafrica	2.52
Filipinas	2.39
Etiopía	2.30
Indonesia	2.03
India	1.94
Nigeria	1.66
Zimbawe	0.56

Fuente: USDA, 2008



1.14 Estadísticas de producción en Guatemala

En Guatemala, las estadísticas sobre superficie cultivada y producción son muy variables dependiendo de las fuentes de consulta. Para mejorar la precisión de las estimaciones de la superficie cultivada y el rendimiento de los cultivos es necesario implementar nuevas metodologías basadas en la integración de la información de registros de censos o encuestas con muestreos de campo y modelos agrometeorológicos, mediante sistemas de información geográfica y teledetección.

En Guatemala existen aproximadamente 800,000 productores de maíz (INE, 2004) que obtienen una producción cercana a 1,500,000 tm (Banco de Guatemala, 2004). Para la FAO (2012), durante el período 2000-2008, el área promedio cultivada fue de 718,541.78 ha, variando de 591,500 ha en el año 2000 hasta 795,000 ha en el año 2008. La producción anual promedio fue de 1,130,392.22 tm. El rendimiento promedio fue de 1.633 tm/ha (Cuadro 9).

Cuadro 9 Estadísticas de producción de maíz estimadas para Guatemala

Año	Area cultivada (ha)	Producción (tm)	Rendimiento (kg/ha)
1961	625,300	518,000	0.828
1970	661,870	785,864	1.187
1980	659,200	902,419	1.369
1990	634,280	1,272,240	2.005
2000	591,500	1,053,550	1.781
2001	592,900	1,091,480	1.841
2002	601,790	1,050,140	1.745
2003	640,000	1,053,560	1.646
2004	860,000	1,072,310	1.577
2005	798,927	1,079,806	1.352
2006	791,759	1,183,896	1.495
2007	795,000	1,294,394	1.628
2008	688,234	1,566,200	2.276
2009	855,646	1,686,890	1.972
2010	879,300	2,035,400	2.315

Fuente: FAO, 2012



Según el MAGA (2011), la superficie promedio anual cosechada en el quinquenio 2005-2009 fue de 707,472.16 ha con una producción promedio para el mismo período de 1,557,353.21 tm/año. Para el período 2002-

2008 el 83% de lo producido corresponde a maíz blanco y el 15% a maíz amarillo y el 2% restante a maíz de otros colores. El rendimiento promedio fue de 2.24 tm/ha con una tendencia decreciente (Cuadro 10).

Cuadro 10 Estadísticas de producción de maíz estimadas para Guatemala

Año agrícola*	Area cultivada (ha)	Producción (tm)	Rendimiento (tm/ha)
2005/06	589,960.00	1,375,993.33	2.33
2006/07	577,248.96	1,489,604.37	2.58
2007/08	688,412.56	1,598,432.70	2.32
2008/09	855,868.04	1,721,609.25	2.01
2009/10	821,171.35	1,625,809.94	1.98
2010/11**	821,381.02	1,634,003.58	1.99
2011/12**	841,094.16	1,672,527.53	1.99

* De mayo de un año a abril del año siguiente ** Datos estimados

Fuente: MAGA, 2011

Según los datos del IV Censo Nacional Agropecuario 2003 (INE, 2004), El Petén es el departamento que más volumen aporta a la producción nacional de maíz, con 190,890 tm (18.1%) en 120,400 ha sembradas, seguido por Alta Verapaz, con 109,080 tm en 85,935.5 has, Quiché con 81,810 tm en 52,825.5 ha y Jutiapa con 77,265 tm (7.1%) en 43,571.50 ha (Fuentes et al, 2005).

El rendimiento promedio nacional fue 1.04 tm/ha siendo los departamentos de Retalhuleu (1.80 tm/ha), Escuintla (1.73 tm/ha), Quetzaltenango (1.70 tm/ha) y Suchitepéquez (1.67 tm/ha) los que reportaron los mayores rendimientos, en contraste con los bajos rendimientos de El

Progreso (0.79 tm/ha), Baja Verapaz (0.80 tm/ha), Alta Verapaz (0.85 tm/ha) y Chiquimula (0.88 tm/ha).

El último censo también aporta datos sobre los rendimientos promedio de maíz a nivel municipal: los más altos se ubican en Almolonga, Quetzaltenango (2.38 tm/ha), Santa Cruz Muluá, Retalhuleu (2.11 tm/ha) y Nueva Concepción, Escuinta (2.09 tm/ha). Por su parte, los municipios que menos rendimiento aportan son Guastatoya, El Progreso (0.56 tm/ha), Sansare, El Progreso (0.60 tm/ha) y San Mateo Ixtatán, Huehuetenango (0.64 tm/ha).



1.15 Consumo

En la (Figura 6), se muestra la tasa de consumo per cápita de maíz en el mundo. México, Guatemala y algunos países del sur de África

tienen una tasa mayor de 100 kg/año y son los principales consumidores de maíz con fines de alimentación humana.

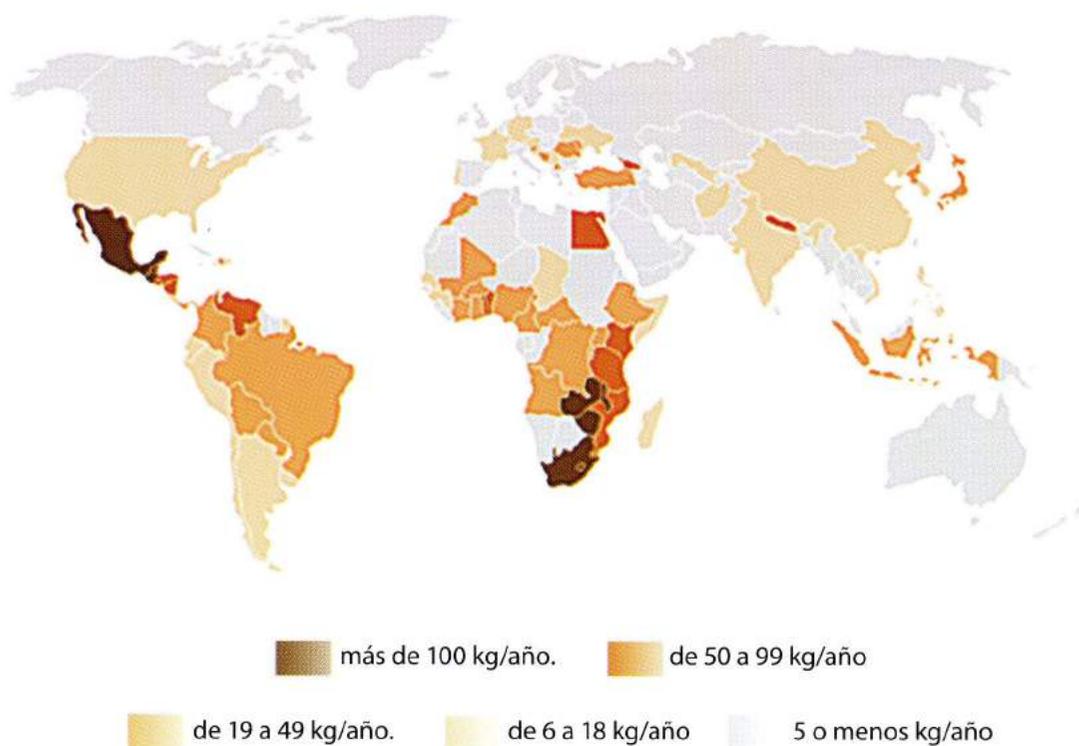


Figura 6 Tasa de consumo per capita de maíz a nivel mundial

En Guatemala el cultivo del maíz forma parte de la dieta básica de sus habitantes y está profundamente arraigado en su cultura desde épocas ancestrales; en la actualidad la dependencia del maíz como base alimenticia sigue siendo muy significativa. El consumo per cápita es de 110 kg/año y representa

uno de los niveles más altos del mundo. Este cereal proporciona el 65% de carbohidratos y el 71% de proteína en la dieta. En este sentido, es un cultivo estratégico desde el punto de vista de seguridad alimentaria (Fuentes, Van Etten, Ortega y Vivero, 2005).



2. Técnicas para el cultivo del maíz

2.1 Selección del terreno

El éxito o el fracaso de la producción de maíz, depende de la selección y preparación del terreno. Esto será diferente para cada zona de producción, si es un terreno recién descombrado

o si por lo contrario, el terreno se ha utilizado como siembra en monocultivo y sin rotación.

Para la selección del terreno, debe seguirse lo indicado en el cuadro 11.

Cuadro 11 Características a considerar para la selección del terreno

Característica	Descripción
Ubicación	Accesible, lo más cercano a caminos, vías de transporte.
Suelo	textura Franca, pH 5.5 a 8
Precipitación	900 a 1400 mm durante el ciclo
Topografía	Plana (pendiente menor a 5 grados)
Pedregosidad	Mejor si no presenta piedras
luminosidad	Debe estar expuesto a la luz solar

Fuente: Fuentes, 2004. Modificado por Dardón, 2010

2.2 Análisis de suelo

Se recomienda realizar el análisis de suelo 15-30 días antes de la siembra. La muestra de suelo debe ser representativa del área en donde se cultivará el maíz.

El muestreo se debe realizar a 20 cm de profundidad y en zig-zag (Figura 7). Se debe considerar las condiciones homogéneas del terreno, si existen diferencias debido a textura, manejo con otros cultivos u otro tipo de

diferencias es importante definir esa área por separado de las otras y obtener una muestra separada de cada área que es diferente. De cada área a muestrear debe sacarse de 5 a 10 submuestras de suelo y luego de estas submuestras conformar una sola muestra compuesta, la cuál será llevada al laboratorio de suelos para el análisis respectivo. Los resultados del análisis de laboratorio permitirán planificar las fertilizaciones



y ser más eficientes en el uso de ellos. Sin embargo, el conocimiento y experiencia de los agricultores es importante, para la toma de sus decisiones y mejor aun si dispone de asistencia técnica adecuada, para la planificación de la producción de maíz sea la adecuada para la zona geográfica donde se ubique el terreno para producir maíz.

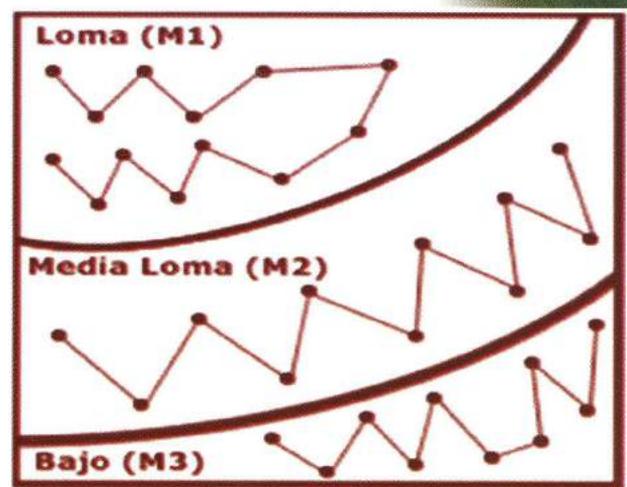


Figura 7 Forma de realizar el muestreo de suelos

2.3 Preparación del terreno

La preparación del suelo dependerá de la forma de labranza del agricultor. En Guatemala

se utilizan la labranza convencional y la de conservación (Fuentes, 2004).

2.3.1 Labranza convencional

Es la práctica tradicional con el uso de implementos operados por un tractor o con implementos de tracción animal para realizar diferentes tareas agrícolas. Generalmente consiste en un paso de arado y dos de rastra.

También se puede utilizar un paso de rastra pesada (row-plow) y dos pasos cruzados de rastra liviana. Posterior a la labranza convencional, se realiza el surqueo con maquinaria o con tracción animal y se siembra (Figura 8).



Figura 8 Vista del terreno preparado mediante labranza convencional



2.3.2 Labranza de conservación

Se usa porque contribuye a la conservación del suelo por el manejo de residuos del cultivo anterior o rastrojos como mantillo superficial que protege al suelo. Esta práctica no requiere de la remoción del suelo. Bajo este sistema se identifican dos alternativas:

Labranza mínima: Se llama así a aquellas formas de labranza que incluyen una o más operaciones mecánicas sin incorporación total del rastrojo o residuo superficial; significa remover y aflojar el suelo sólo donde se va

a sembrar. Previo a la siembra se destruye la maleza presente en el terreno, se usa un herbicida quemante.

Labranza cero: No se incorpora el rastrojo y se siembra con una sembradora o con la punta del chuzo si es en forma manual. Una semana antes de la siembra, el terreno es chapeado de manera manual (machete) o mecánica (chapeadora). Al momento de la siembra se aplica un herbicida quemante. (Figura 9).



Figura 9 Labranza mínima en maíz

2.4 Épocas de siembra

Para la planicie costera del pacífico de Guatemala, se marcan dos épocas de siembra. La de primera, durante mayo a junio que constituye la principal época de siembra y la de segunda a finales de septiembre.

En las zonas con áreas húmedas, por ejemplo el parcelamiento Nueva Concepción, Escuintla, hay dos épocas de siembra, una

en los meses de marzo y abril (siembra de fuego) y otra en época de temporal o lluvia. En las planicies del norte, la franja transversal del norte, costa del caribe o atlántico y la bocacosta hay siembras la mayor parte del año, se exceptúa marzo, abril y algunas veces mayo que son períodos sin lluvia. Para las zonas del altiplano del país, hay diferentes épocas de siembra. Estas varían



en función de la altitud, inicio del ciclo de lluvia, disponibilidad de humedad residual, ciclo de la variedad y sistema de siembra (en asocio o monocultivo). En general, la época de siembra de primera, se realiza durante la

segunda quincena de marzo. Las siembras de segunda se realizan a mediados de abril-mayo.

En zonas en donde se dispone de riego es factible la siembra en cualquier época del año. (Fuentes, 2004).

2.5 Zonas de producción

En Guatemala, el cultivo del maíz se realiza en diferentes condiciones agroclimáticas ubicadas de 0 a 3000 msnm. La mayor zona de producción es la planicie costera del pacífico, que se ubica de 0-1400 msnm. Se estima un área de 476,000 ha (68% del área de producción).

Esta zona está compuesta por áreas que presentan condiciones favorables en relación a la distribución de la precipitación (zona de humedad favorecida). Se ubican áreas de cultivo que corresponden a los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu, Escuintla, Santa Rosa, Jutiapa.

En la planicie del pacífico también hay áreas con restricciones de precipitación (zona de humedad limitada), comprende una franja de 15 km a lo largo del océano pacífico que incluye áreas maiceras de los departamentos de San Marcos, Retalhuleu, Suchitepéquez y Escuintla.

Las zonas de producción de la planicie del norte (Petén), la franja transversal del norte (Huehuetenango, Quiché y áreas de Petén y Alta Verapaz,) la costa caribe (Izabal); están

comprendidas en altitudes de 0-1400 msnm y se consideran zonas de humedad favorecida.

La zona de producción con limitación de precipitación (zona de humedad limitada) conocida como el "corredor seco", que abarca diferentes áreas de cultivo que en los últimos años han presentado períodos de sequía recurrente en el desarrollo del cultivo. Abarca áreas de los departamentos de Jutiapa, Chiquimula, Jalapa, Zacapa, El Progreso, Baja Verapaz y otras zonas secas de Quiché, Huehuetenango.

La zona llamada de mesetas o altiplanos comprende Huehuetenango, Quiché, San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Solola, Chimaltenango, Guatemala y sectores de Jalapa y las Verapaces; las montañas definen mucha variabilidad con elevaciones mayores a 1400 msnm, genera diversidad de microclimas (INSIVUMEH, 2010).

En ambas zonas se encuentran áreas de producción ubicadas en condiciones de plan y ladera. El mayor porcentaje de agricultores que producen bajo condiciones marginales se presenta en la zona con humedad limitada.



2.6 Siembra

Los agricultores lo realizan según la topografía de su terreno y lo hacen de forma manual y mecanizada (Fuentes, 2004) (Figura 10 y 11).



Figura 10 Siembra manual



Figura 11 Siembra mecanizada



2.7 Distancias de siembra recomendadas por el ICTA

Para la costa y alturas de 0 a 1400 msnm, Se recomienda para siembras manuales, 75 a 80 centímetros (cm) entre surcos y 40-50 centímetros por postura, colocar dos y tres granos por postura en forma alterna (Fuentes, 2002).

Bajo este sistema, se necesitan 25 ó 30 libras de semilla por manzana (16-20 Kg por hectárea).

Si la siembra es mecanizada, se utilizan las mismas distancias de siembra entre surco (75-80 cm) y se gradúa la sembradora a manera de colocar cinco semillas por metro lineal, con lo que se obtienen hasta 66,666 plantas/ha (Cuadro 12) (Fuentes, 2002).



Cuadro 12 Densidad de plantas por hectárea y manzana resultante de la combinación de distancias entre plantas y surcos

Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre posturas*	Plantas por hectárea y por manzana (número)
75-80	50-47	53,333 (37,322)
75-80	46-44	57,000(39,888)
75-80	44-42	60,000(41,987)
	* = 2 plantas por postura	

Fuente: Fuentes, 2002

Según Fuentes (2002), para el altiplano, para las siembras manuales, las distancias recomendadas son un metro entre surcos y 80 cm entre plantas y 04 granos por postura. Otras zonas usan otro distanciamiento. En Chimaltenango, se recomienda la siembra a un

metro entre surcos y posturas, respectivamente. Se colocan 5-6 granos por postura. Si la siembra es mecanizada, se utilizan las mismas distancias de siembra entre surco (un metro) y se gradúa la sembradora a manera de colocar cinco semillas por metro lineal. 1x 0.8 o 5 granos 0.7 x 1.10

2.8 Híbridos y variedades

En Guatemala, existe diversidad de materiales genéticos de maíz que se adaptan a las zonas productoras, especialmente híbridos producidas por diferentes empresas productoras de semillas.

El ICTA ha generado materiales genéticos de maíz para las diversas zonas de producción

recomendados según la zona de cultivo y su altitud.

En el cuadro 13, se presentan las variedades e híbridos generados para altitudes de 0 a 1400 msnm.





Cuadro 13 Variedades e híbridos generados por ICTA recomendados para altitudes de 0 a 1400 msnm.

Zona de cultivo	Genotipos	Características				Tipo y color de grano
		Altura (m)		Ciclo (días)	Rendimiento (qq/mz) tm/ha	
		Planta	mazorca			
Zona de humedad limitada	ICTA B-5	2.10	1.20	95	(40) 2.59	Cristalino-blanco
	ICTA B-7	2.15	1.20	95	(40) 2.59	Cristalino-blanco
Zona de humedad favorecida	ICTA B-1	2.20	1.20	120	(60) 3.89	Dentado-blanco
	ICTA La Máquina 7422	2.20	1.20	120	(60) 3.89	Semi-cristalino-blanco
	ICTA HB83 Híbrido doble	2.30	1.25	120	(70) 4.54	Semi-dentado-blanco
	ICTA MAYA ^{QPM} Híbrido doble	2.40	1.20	110	(80) 4.7	Semi-dentado blanco
	ICTA HA-48 híbrido doble	2.20	1.35	115	(79) 4.64	Semi-dentado-amarillo

Fuente: Fuentes, 2002, Salazar, 2010

En el cuadro 14, se indican las variedades recomendadas para altitudes de 2100 a 3000 msnm.

Cuadro 14 Variedades generadas por ICTA y recomendados para el altiplano occidental

Zona de cultivo	Genotipos	Características				Tipo y color de grano
		Altura (m)		Ciclo (días)	Rendimiento (qq/mz) tm/ha	
		planta	mazorca			
Altiplano occidental	ICTA Compuesto Blanco	2.25	1.25	225	(70-80) 4.54-5.19	Dentado-blanco
	ICTA San Marceño Mejorado	2.33	1.03	250-270	(84) 5.45	Dentado-amarillo

Fuente: Fuentes, 2002



En el cuadro 15, se observan las Variedades recomendadas para altitudes de 500 a 2100 msnm.

Cuadro 15 Variedades generadas por ICTA y recomendadas para el altiplano central

Zona de cultivo	Genotipos	Características				Tipo y color de grano
		Altura (m)		Ciclo (días)	Rendimiento (qq/mz) tm/ha	
		planta	mazorca			
Altiplano central	ICTA V-301	2.35	1.30	190	(60-70) 3.89-4.54	Dentado blanco
	ICTA Don Marshall	2.10	1.15	150-160	(60) 3.89	Dentado blanco
	ICTA V-302	2.40	1.35	190	(60-70) 3.89-4.54	Dentado amarillo

Fuente: Cardona, 2006; Salazar, 2008

El ICTA V-301, se recomienda para el Valle de Chimaltenango y localidades comprendidas entre 1500-1900 msnm. ICTA Don Marshall Blanco, se recomienda para localidades ubicadas en los municipios de Patzicia y

Chimaltenango y en general comprendidas entre 1400-2100 msnm.

ICTA V-302, se recomienda principalmente para el Valle de Chimaltenango y localidades comprendidas entre 1500-1900 msnm.

2.9 Fertilización

Debe hacerse según análisis del suelo con fines de fertilidad y del requerimiento del cultivo. Si no se dispone de esos datos, ICTA recomienda 100 kg de N/ha, 40 kg de P₂O₅/ha y 0 kg de K₂O/ha (4.5 qq de 20-20-0 por manzana), distribuida en dos aplicaciones.

La primera aplicación a la siembra o en los primeros 10 días después de la siembra y 67 Kg de Urea al 46% (1.5 qq/mz) a los 35 a 40 días después de la siembra (dds). Es importante

indicar que las aplicaciones de los fertilizantes requieren que existe de suficiente humedad en el suelo. (Figura 12).

Para las condiciones del Altiplano, aplique al momento de la primera limpia y en forma mateada, 192 Kg a 230 Kg/ha de triple 15 (4 a 5 qq/mz). Al momento del candelero y junto con la segunda limpia, aplique en forma mateada o por postura 100 a 110 kg/ha de urea al 46% (1.5-2 qq/mz).





Figura 12 Fertilización mecanizada al momento de la siembra

2.9.1 Requerimientos nutricionales del cultivo

El requerimiento nutricional del maíz aparece en el cuadro 16.

Cuadro 16 Cantidad de nutrimentos requeridos por tonelada de grano de maíz

Nutrimento	Kg ton ⁻¹
Nitrógeno	22.0
Fósforo	4.0
Potasio	19.0
Calcio	3.0
Magnesio	3.0
Azufre	4.0
Boro	0.020
Cloro	0.444
Cobre	0.013
Hierro	0.125
Manganeso	0.189
Molibdeno	0.001
Zinc	0.053

Fuente: IPNI, 2011



2.9.2 Función de cada nutrimento en la planta

En el Cuadro 17, se presenta un resumen de las funciones de los nutrimentos inorgánicos para las plantas.

Cuadro 17 Resumen de las funciones más importantes de los nutrientes inorgánicos en las plantas. (Tabla tomada de Taiz, L. and Zeiger, E., 1998, "Plant Physiology". 2nd ed., Sinauer Associates, Inc., Publishers

Elemento	Forma principal en la que el elemento es absorbido	Concentración usual en plantas sanas (% del peso seco)	Funciones principales
Macronutrimentos			
Carbono	CO ₂	≈ 44 %	Componente de compuestos orgánicos.
Oxígeno	H ₂ O u O ₂	≈ 44 %	Componente de compuestos orgánicos
Hidrógeno	H ₂ O	≈ 6 %	Componente de compuestos orgánicos
Nitrógeno	NO ₃ ⁻ o NH ₄ ⁺	1-4 %	Aminoácidos, proteínas, nucleótidos, ácidos nucleicos, clorofila y coenzimas
Potasio	K ⁺	0,5-6 %	Enzimas, aminoácidos, y síntesis de proteínas. Activador de muchas enzimas. Apertura y cierre de estomas
Calcio	Ca ²⁺	0,2-3,5 %	Calcio de las paredes celulares. Cofactor enzimático Permeabilidad celular. Componente de la calmodulina, un regulador de la membrana y de las actividades enzimáticas.
Fósforo	H ₂ PO ₄ ⁻ o HPO ₄ ²⁻	0,1-0,8 %	Formación de compuestos fosfatados de "alta energía" (ATP y ADP). Ácidos nucleicos. Fosforilación de azúcares. Varios coenzimas esenciales. Fosfolípidos



Magnesio	Mg^{2+}	0,1-0,8 %	Parte de la molécula de clorofila. Activador de muchas enzimas
Azufre	SO_4^{2-}	0,05-1 %	Algunos aminoácidos y proteínas. Coenzima A.
Micronutrientes			
Hierro	Fe^{2+} o Fe^{3+}	25-300 ppm	Síntesis de clorofila, citocromos y nitrogenasa
Cloro	Cl^-	100-10.000 ppm	Ósmosis y equilibrio iónico, probablemente esencial en reacciones fotosintéticas que producen oxígeno
Cobre	Cu^{2+}	4-30 ppm	Activador de ciertas enzimas
Manganeso	Mn^{2+}	15-800 ppm	Activador de ciertas enzimas.
Zinc	Zn^{2+}	15-100 ppm	Activador de ciertas enzimas
Molibdeno	MoO_4^{2-}	0,1-5,9 ppm	Fijación del nitrógeno. Reducción del nitrato
Boro	BO_3^- o $B_4O_7^{2-}$	5-75 ppm	Influye en la utilización del calcio
Elementos esenciales para algunas plantas u organismos			
Cobalto	Co^{2+}	Trazas	Requerido por microorganismos que fijan el nitrógeno
Sodio	Na^+	Trazas	Equilibrio osmótico e iónico, probablemente no es esencial para muchas plantas. Requerido por algunas especies del desierto y marismas. Puede ser necesario en todas las plantas que utilizan fotosíntesis C4

Fuente: Taiz y Zeiger, 1998

2.10 Plagas del cultivo

Se recomienda realizar muestreos para determinar el tipo de plaga para decidir su manejo.

Los métodos de muestreo varían de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo, así como

con las plagas (incluye malezas, enfermedades, insectos, ácaros y otros organismos).

En Guatemala, no se han generado métodos de muestreo, ni niveles de daño económico para la mayoría de las plagas que afectan al cultivo del maíz.

2.10.1 Muestreo para plagas en el campo

Al iniciar un muestreo de campo se debe de considerar que los puntos a incluir sean representativos, a fin de garantizar que los datos sean típicos, las observaciones o mediciones se efectúan en varios sitios del campo escogidos al azar. Si deliberadamente se seleccionan lugares que el agrónomo piensa que son "representativos", sin duda se introducirán sesgos en los resultados.

Para describir un campo en particular, generalmente se promedian los datos recolectados. Si hay mucha variabilidad en el campo, es conveniente efectuar por separado mediciones en las distintas partes del campo y estimar el porcentaje de superficie que corresponde a cada clasificación. Al identificar las áreas afectadas por un problema específico, es necesario hacer dentro de ellas

otras observaciones para determinar la causa del problema.

El número de puntos de muestreo por campo comúnmente depende del tipo de datos requeridos, sin embargo, a menudo es aconsejable seleccionar por lo menos cinco a ocho sitios distintos. Se recomienda que los sitios puedan seleccionarse al caminar en zig-zag a través del campo. Si el maíz está sembrado en surcos, por lo general es más fácil caminar cierto número de pasos a lo largo del surco y luego cruzar un número específico de surcos. Los puntos de muestreo no deben estar a menos de 10 pasos del borde del campo. Si el campo es pequeño e irregular, deberá ajustarse y disponer de datos que incluyan áreas buenas y malas, tratando de cubrir el máximo el campo. Todos los datos de los puntos de muestreo, deben de ser anotados en una hoja de registro.

2.10.2 Malezas

Compiten con el cultivo por espacio físico, nutrimentos, luz, solar, agua y además sirven de hospedero a otras plagas (insectos, hongos,

bacterias, virus y otras plagas). A continuación se reportan las malezas más frecuentes en las distintas zonas de producción.

2.10.2.1 *Cyperus rotundus* (Coyolillo)

Esta considerada entre las más importantes por lo difícil de su control, sus poblaciones hasta 20 millones de plantas por hectárea y el desarrollo de tubérculos y bulbos basales que le permiten una activa propagación. Esta maleza pertenece a la familia de las

Cyperaceas. Su dispersión y propagación se ve favorecida por el uso del arado o la rastra o mecánicamente.

El tallo erecto, de sección triangular, posee en la inflorescencia racimos de espigas de color



rojizo a café púrpura. Los tubérculos de 3 a 10 yemas en espiral pueden originar nuevas plantas o rizomas. En estado joven son blancos y blancos, que al madurar se vuelven ásperos y de color marrón.

El bulbo basal es un tallo y produce una planta o un brote aéreo, raíces y rizomas subterráneos. La emisión de rizomas produce a los 15 días, la formación de bulbos basales entre los 15 a 20 días y la brotación de los mismos entre los 20 a 25 días. A los 27 días la planta emite el tallo floral, a los 31 días ocurre la floración y a los 36 días la maduración.

Compite con el maíz debido a que produce un crecimiento escaso y retardado y en el desarrollo inicial de las plántulas. Además compite por la obtención de nutrimentos, principalmente por "N" y por la disponibilidad de agua. Es en los 20 días de desarrollo del

maíz que son los críticos cuando existen altas poblaciones de esta maleza y puede afectar el rendimiento y provocar pérdidas del 40%.

La especie *C. rotundus* exhibe algunas características fisiológicas importantes:

Posee un proceso fotosintético C4, caracterizado por alta fijación de CO₂, respuesta a altas temperaturas e intensidad lumínica, por lo que la sombra le afecta en su desarrollo.

Temperaturas superiores a 45 °C o inferior a 0 °C inhiben el brote de tubérculos.

Los tubérculos se mantienen en latencia a lo largo de la cadena del rizoma, al romperse estos por medios físicos, mecánicos u otros, se anula la dominancia apical y se estimula el brote de tubérculos.

Bajo condiciones de inundación el tubérculo no germina, pero se mantiene latente por mucho tiempo. (Figura 13) donde se presenta la inflorescencia de *Cyperus rotundus*.



Figura 13 Coyolillo

2.10.2.2 *Rottboellia cochinchinensis* (Caminadora)

Es una Poacea o gramínea anual originaria de la India. Esta distribuida en las zonas tropicales del mundo y algunas zonas templadas. Se adapta a todo tipo de suelos, alcanza de 01 a 04 m de altura. Las hojas hasta 60 cm de largo por 3 cm de ancho y sus vainas están

recubiertas por vellosidades o pubescencias que irritan la piel del hombre. Se reproduce por semilla que se origina en una espiga y se presentan espiguillas sésiles (fértil) y pediceladas (estéril). Las semillas germinan de manera escalonada debido al fenómeno de

latencia, que está relacionada con sustancias inhibitoras de la germinación. Una vez rota la latencia, a los 04 a 05 días de germinar, emiten el coleóptilo que inicia el desarrollo vegetativo. El macollamiento se inicia aproximadamente en la tercera semana (cuando la maleza tiene 5 hojas). (Figura 14).

En las etapas más tempranas, la maleza produce de una a cinco macollas por día y continúa por 44 días, hasta alcanzar en promedio 100 macollos.

Posteriormente, ocurre la formación de la hoja bandera y eventualmente la emergencia de la punta de la inflorescencia. El período de maduración de las espiguillas toma un mes. La maduración de la semilla puede apreciarse por el cambio de color verde a marrón de la porción de la espiguilla que se desprende.

Las altas infestaciones de esta maleza pueden reducir el rendimiento del maíz hasta en un 80%. Además de la competencia con el cultivo, la caminadora es hospedero alterno del virus del rayado fino del maíz (Rafimavirus).



Figura 14 Caminadora

2.10.2.3 *Sorghum halepense* (Zacate o pasto Jhonson)

Es una planta perenne, los tallos de tipo erectos miden hasta dos metros de alto y salen de rizomas de color morado, con escamas, sin ramificaciones; los mismos son glabros, sólidos y de nudos aplanados. Las hojas son planas, estrechas en la base, y son anchas hacia el centro, con orillas aserradas y una vena central ancha de color más claro que la hoja. Las vainas son más cortas que los entrenudos, glabras o con el collar pubescente.

La inflorescencia es solitaria y terminal en forma de pirámide, la ramificación es verticilada. Las espiguillas se presentan de uno a cinco pares pegadas a las ramitas; la desarticulación ocurre en la base de cada entrenudo y en el ápice del pedicelo. Tiene espiguillas sésiles y pediceladas.

El zacate Jhonson se produce por rizomas y semillas. Es una planta hospedera del hongo *Magnaphorte (Pyricularia) grisea*, causante del tizón o añublo del arroz y de la mosquita de la panoja del sorgo (*Cantarinia sorghicola*). (Figura 15).



Figura 15 Zacate o pasto Jhonson





Figura 16 Bledo

2.10.2.4 *Amaranthus spinosus* (Bledo)

Son plantas anuales o perennes de la familia Amaranthaceae. Es de vigoroso crecimiento, 35 ramificada, de 0.40 a 1.5m de altura. Su tallo es rojizo y espinoso, se propaga por semilla sexual.

Las plantas jóvenes son fácilmente destruidas con el control manual y puede resultar un serio problema al momento de la cosecha. (Figura 16).



Figura 17 Campanilla

2.10.2.5 *Ipomoea spp* (Campanilla)

Son enredaderas anuales de la familia Convolvulaceae. De tallo cilíndrico, herbácea y trepador. Las hojas pueden ser de ovaladas a casi circulares o acorazonadas. Las flores son grandes y acampanadas, solitarias de varios colores (azul, rojo, blanco, púrpura). Se propaga por semilla sexual. Su carácter trepador dificulta su control. Puede resultar un problema al final del período del cultivo, llega a causar graves inconvenientes al momento de la cosecha. (Figura 17).

2.10.3 Control de malezas

Las malezas compiten con las plantas de maíz durante su crecimiento. La mayor competencia se observa en los primeros 35-40 días después de la siembra. El manejo de las malezas ocupa una gran cantidad de mano de obra en los diferentes sistemas de producción de maíz, lo que provoca incremento en los costos de producción.

Generalmente la deshierba se realiza con el paso de 2 ó 3 limpiezas como promedio a lo

largo del ciclo de cultivo, utilizando azadón ó machete. En sistemas de producción de mayor disponibilidad de recurso, las limpiezas mecánicas se realizan con tracción animal o uso de cultivadoras. La eficacia del control depende de la maleza presente y factores agroclimáticos observados en la región.

Existen diferencias opciones de control de malezas en los sistemas de producción de maíz, tales como:

2.10.3.1 Control Mecánico

El control de malezas mecánico consiste desde el uso de herramienta básica como machete, azadón, uso de equipo con tracción animal y utilización de maquinaria agrícola como arado, rastra y cultivadora. (Figuras 18 y 19).

Depende de las condiciones del suelo, es conveniente iniciar la preparación del suelo con un paso de arado, lo cual posibilita la desecación de tubérculos de coyolillo al quedar en la superficie.

Generalmente, el cultivo del maíz requiere de dos limpiezas manuales o con el uso de maquinaria. El control manual, en su mayor parte, lo utilizan pequeños agricultores y de escaso recurso económico. Dependiendo de las condiciones agroclimáticas, tipo de suelo, se recomienda en general dos limpiezas, las cuáles se realizan entre los 15 dds y la segunda a los 30 dds.



Figura 18 Control mecánico de malezas

2.10.3.2 Control cultural

Esta práctica considera el uso de semilla de buena calidad, manejo adecuado de la fertilización y control de plagas adecuado que permita un desarrollo vigoroso del cultivo.

La densidad de siembra debe ser óptima para lograr una buena población de plantas de crecimiento vigoroso y obtener a tiempo una buena cobertura del suelo.

Otra práctica que posibilita el manejo de malezas y disminuir su presencia en los campos lo constituye la siembra de leguminosas de cobertura, tal como la *Mucuna spp.*

Esta leguminosa se siembra como un cultivo en relevo del maíz durante un ciclo de cultivo, produce suficiente biomasa y por la cobertura y sombra que produce sobre la maleza, posibilita disminuir su presencia. Además, esta leguminosa contribuye al aporte de N al suelo

por la fijación biológica y constituye un aporte significativo en materia orgánica al suelo.



Figura 19 Control manual de malezas



2.10.3.3 Control químico

El uso de herbicidas constituye una herramienta muy importante para el control de malezas. El uso de atrazinas en aplicaciones de pre-emergencia o post-emergencia temprana al cultivo y las malezas es el más común. Esta práctica se complementa con controles de tipo manual o mecánico.

En el cuadro 18, se presenta un listado de opciones de tratamientos químicos

recomendados en la literatura para el control de malezas en el cultivo del maíz.

En el cuadro 18 se presentan alternativas de uso de herbicidas a nivel comercial utilizados para el control químico de malezas que posibilita el control de las principales malezas que compiten con el maíz.

Cuadro 18 Herbicidas químicos recomendados para el control de malezas en el cultivo del maíz

Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis	Tipo de maleza	Epoca de aplicación
Atrazina	Gesaprim 80 wp	3 libras por manzana (1.94 Kg /ha)	Hoja ancha y algunas gramíneas	Pre-post emergencia temprana
2,4-D amina	2,4 D amina	1-1.5 litros por manzana (1.4-2.1 litros/ha)	Hoja ancha	Pre-post emergencia temprana
Glifosato	Round up	1-1.5 litros por manzana (1.4-2.1 litros/ha)	Perenne, ciperaceas	Post-emergente
Glufosinato de Sodio	Basta 14 SL	2-3 litros/ha	Hoja ancha y algunas gramíneas	Pre-emergencia
Metalachlor	Dual 960 EC	3 litros/ha	Hoja ancha	Pre-emergencia
Paraquat	Gramoxone	1.5-2 litros por manzana (2.1-2.8 litros/ha)	Hoja ancha y algunas gramíneas	Pre-post emergencia en forma conjunta con la atrazina
Pendimetalin	Prowl	3-5 litros/ha	Gramíneas y ciperaceas	Pre-emergencia

Fuente: Fuentes, 2004; modificado por Dardón, 2012



2.10.4 Plagas insectiles

2.10.4.1 *Phyllophaga* spp.; *Cyclocephala* spp.; *Lygurus* spp.; *Anomala* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) (Gallina ciega, jobotos, white grub)

Se considera una de las principales plagas del suelo. Varias especies de *Phyllophaga* se alimentan de material vegetativo en descomposición y solo unas pocas constituyen plagas de las raíces de las plantas. Existen especies de ciclo anual y bianual. El ciclo de vida inicia con la fase de huevo, se localizan de 10-14 huevos por postura.

El estado larvario dura de 8-24 meses según la especie, en este pasa por tres estadios. La longitud es de 25 a 40 mm, el cuerpo en forma de "C" color blanco cremoso, cabeza marrón amarillenta, masticadoras, patas peludas y desarrolladas.

Las larvas empupan en una celda en el suelo. La pupa es marrón claro. Los adultos de mediano a grandes de color marrón oscuro a naranja marrón, emergen y vuelan después de las primeras lluvias y son atraídos por la luz artificial.

El daño lo producen las larvas en el tercer estadio y se manifiesta en el campo en forma de parches o manchas sin plantas, al inicio de las siembras y en junio a octubre, con variaciones.

La preparación del suelo previo a la siembra posibilita disminuir la presencia de larvas. También se recomienda combinar esta práctica con el control químico en aplicaciones preventivas realizadas poco antes o al momento de la siembra, con insecticidas granulados al suelo.

Se recomienda el uso de insecticidas como el imidacloprid granulado. Use la dosis indicada por el fabricante, también se puede utilizar

Estos productos se aplican al voleo o incorporadas con el paso de la rastra o al momento de la

siembra, aplicado en cada postura. Otra práctica es la utilización de insecticidas tratadores a la semilla que contribuyen a proteger la semilla entre 15-20 días posterior a la siembra (por ejemplo el uso de: thiodicarb, carbosulfan, imidacloprid).

La dosis varía según el producto y la concentración, seguir la recomendación del fabricante previo a su utilización en la semilla. Al observarse la presencia de posturas afectadas, se recomienda la aplicación líquida dirigida de insecticida al pie de la planta y quitando la boquilla de la bomba aspiradora.

El uso de trampas de luz artificial para atraer a los adultos y el uso de fuego con el mismo fin, son otras alternativas de control. La destrucción de malezas con laboreo o herbicidas meses antes de la siembra puede ayudar a reducir los daños. (Figura 20).



Figura 20 Larvas de gallina ciega



10.4.2 *Dalbulus maydis* (Hemiptera: Cicadellidae) (Chicharrita del maíz)

Insecto de hábitos alimenticios chupador y capaz de transmitir enfermedades con síntomas similares pero que limitan la producción de maíz. Está distribuido desde el sur de Estados Unidos, Centro y Sur América y El Caribe. Habita desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm.

Aparentemente, este insecto está restringido al género *Zea*. En los últimos años en Guatemala se ha cuantificado la dispersión de la población insectil en diferentes zonas maiceras.

Ciclo de vida:

Los huevos son colocados en hileras pegadas hasta 8 de ellas, entre las nervaduras de las hojas del cogollo y algunas veces entre las láminas de las hojas jóvenes.

La ninfa, de color amarilla translúcida, pasa por cinco estadios. Se alimenta de las bases de las hojas del cogollo, entre las hojas, o del tallo en la parte inferior de la planta.

El adulto mide de 3-4 mm, es de color amarillo con dos manchas redondas de color negro sobre el vértice de la cabeza, sus alas delanteras son translúcidas. Los adultos y ninfas chupan la savia de la base de las hojas. Son vectores del achaparramiento del maíz (CSS. MBS) y del Virus del Rayado Fino (Henríquez y Jeffers, 1995; Gordón et al, 1995).

La severidad del daño depende de lo temprano que ocurra la inoculación de las enfermedades que transmite el insecto. En Guatemala la ampliación del período de siembra, las siembras tardías junto a condiciones de sequía favorece el desarrollo de la plaga.

El control de la plaga presenta diferentes dificultades, sobretodo por la facilidad que tiene el insecto para desarrollar resistencia a los insecticidas de uso común, por lo que la mejor alternativa que se presenta es el desarrollo de tolerancia genética en los cultivares a utilizar. (Figura 21).



Figura 21 Adulto de chicharrita de maíz



2.10.4.3 *Spodoptera frugiperda*, *S. sunia* (Lepidoptera: Noctuidae) (Gusano cogollero)

Posee amplia dispersión en la zona maicera e importancia variable, ciertas zonas son más susceptibles al daño que otras. Este lo inicia la larva recién emergida produce ventanitas en las hojas. Las larvas de mayor desarrollo se alimentan vorazmente del cogollo y hacen agujeros grandes e irregulares y dejan abundante excremento. El cultivo es afectado su ciclo, al nivel de plántula como cortador y al llenado de grano como elotero. La flor masculina puede ser dañada donde se puede dar una disminución del polen que incidirá negativamente en la producción.

Ciclo de vida:

Los huevos son colocados en las hojas en grupo hasta de 300 huevos, están cubiertos con escamas grises rosadas del abdomen de la hembra, le da apariencia de pelusa.

La larva pasa de 5 a 6 estadios según la temperatura y del tipo de alimento. Los primeros estadios son de color verde con manchas y líneas

negras dorsales; después cambian a verde con laterales líneas y dorsales negras, café beige o casi negra. Las larvas recién eclosionadas emigran a los cogollos y el canibalismo entre ellas disminuye a una o dos por planta. En estadios avanzado se comportan como gusano soldado, pasan a otras gramíneas u otros cultivos. Empupan en el suelo, raras veces en las hojas de los hospederos.

El adulto tiene una longitud de 32 a 38 mm; la hembra tiene alas delanteras de color gris a café gris, el macho es de color beige, con marcas oscuras y rayas pálidas en el centro de las alas traseras.

El control cultural consiste en la uniformidad de la fecha de siembra, siembras en alta densidad en compensación por la mortalidad de plántulas, fertilización adecuada, la labranza mínima.

El control químico, consiste en aplicar insecticidas al suelo antes o a la siembra. Puede ser imidacloprid granulado en dosis recomendada por el fabricante. (Figura 22).



Figura 22 Larvas de gusano cogollero



2.10.4.4 *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) (Gusano elotero)

Es una plaga que afecta a ambos órganos sexuales de la planta, el gusano elotero es el insecto que más daño le causa a la mazorca. Los huevos son ovipositados en los estigmas en donde inicia su ciclo de vida. Las larvas comienzan a alimentarse de los estigmas o cabellos de la mazorca, hasta que sus mandíbulas y capacidad de movimiento le permiten penetrar a la mazorca, perforándola y haciendo túneles en las hileras de los granos. Estos túneles permiten que la humedad penetre a la mazorca y que esta se contamine con hongos y que los granos se pudran. (Figura 23). El control se puede realizar con la aplicación de insecticidas líquidos tales como: metomil en dosis 1-1.5 litros por manzana



Figura 23 Larva de gusano elotero



2.10.5 Manejo de ácaros

2.10.5.1 *Tetranychus urticarius*, *T. telarius* (Acarina: Tetranychidae) (Araña roja)

Las principales características del género *Tetranychus* es de color verde manchado, produce abundante tela y se localiza en el envés de las hojas. Cuando las poblaciones son altas, aparecen también sobre el haz.

Estos ácaros producen dos tipos de daño en el verano. En un ataque temprano las hojas de las plántulas tienden a perder la turgencia y presentan manchas amarillas. Si el ataque es severo, hay clorosis total, necrosis y retardo del crecimiento de las plántulas.

En un ataque tardío, las hojas más afectadas son las medias y las bajas.

Generalmente se clasificaban a los ácaros como plagas secundarias, sin embargo por los desbalances climatológicos, uso inadecuado de plaguicidas dirigidas a otras plagas se han convertido en los últimos años como una plaga con potencial de daño económico.

Es importante investigar sobre su biología, ecología y explorar el manejo integrado de la plaga que favorezca su control. (Figura 24). Daños por ácaros.



Figura 24 Adultos de araña roja y daños por ácaros.

2.10.6 Enfermedades del maíz

La incidencia y severidad de las enfermedades en el maíz está relacionada con las condiciones climáticas que rodean al cultivo y al manejo que se provea al mismo.

La precipitación pluvial, temperatura y humedad relativa que favorecen al cultivo, también posibilita el desarrollo de hongos y bacterias y el manejo que se le da lo condicionan para que pueda tolerar o no la incidencia de estas enfermedades.

2.10.6.1 Enfermedades del follaje

Las principales enfermedades se presentan en las diferentes zonas maiceras de Guatemala se dan a Continuación:

2.10.6.1.1 *Spiroplasma kunkeli*, fitoplasma Maize bushy stunt, Marafivirus maíz (Achaparramiento del maíz)

Esta enfermedad es causada por un complejo de patógenos. Entre ellos el espiroplasma del achaparramiento del maíz: *Spiroplasma kunkeli*, que produce la enfermedad "Corn Stunt Spiroplasma" (CSC) y el fitoplasma Maize bushy stunt (MBS), también conocido como Enanismo Arbustivo del Maíz y el virus del Rayado Fino (MRFV). Estos patógenos son transmitidos por la chicharrita del maíz *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae).

El área de distribución de la enfermedad se ubica en la zona de las planicies del Pacífico y Nor-oriente, Petén. Los síntomas en la planta de la planta pueden variar y generalmente no son un indicativo para diagnosticar el patógeno presente en la planta.

Se requieren pruebas de laboratorio, como ELISA y técnicas de la Reacción de la Cadena de Polimerasa (PCR) para definir el patógeno presente.

Los síntomas son: Clorosis en hojas jóvenes, las puntas se tornan color rojo púrpura, a medida que se aproxima la madurez, las plantas muestran macollamiento excesivo, color rojizo y clorótico. Las yemas auxiliares se desarrollan y forma mazorcas estériles. También se presenta un enanismo debido a que los entrenudos se acortan por lo que la planta queda enana o achaparrada. Hay plantas que tienen pocas raíces, mientras que otras tienen abundante debido a su excesiva ramificación. Los casos severos inducen a una baja producción de grano, o el mismo queda muy harinoso el cual es de muy bajo peso específico. En infecciones severas la planta puede morir prematuramente. (Figura 25).





Figura 25 Achaparramiento del maíz

2.10.6.1.2 *Setosphaeria turcica* (estado teleomorfo); *Excerohilum turcicum* (estado anamorfo) sin. *Helminthosporium turcicum*; *S. maydis* (estado teleomorfo) sin. *Helminthosporium maydis* (estado anamorfo); (Tizon foliar)

El *S. maydis* provoca lesiones en el área foliar del maíz que cuando son jóvenes son pequeñas y romboides. A medida que maduran se alargan, pero el crecimiento se ve limitado por las nervaduras adyacentes, de manera que la

forma final de la lesión es rectangular de 2-3 cm de largo. Las lesiones pueden fusionarse, llegando a producir la quemadura completa de un área foliar considerable. (Figura 26).



Figura 26 Daños por tizón foliar

S. turcica presenta síntomas iniciales consistentes en manchas pequeñas, ligeramente ovales y acuosas que se producen en las hojas y que son reconocibles fácilmente. Estas lesiones se transforman luego en zonas necróticas alargadas y ahusadas.

Las lesiones aparecen primero en las hojas más bajas y continúan aumentando de tamaño y en número a medida que se desarrolla la planta, hasta llegar a producir una quemadura completa y conspicua del follaje.

Estas enfermedades están generalizadas en zonas maiceras cálido-húmedas. Para causar infección el *S. maydis* requiere temperaturas ligeramente más altas que *S. turcica*, no obstante ambas especies se encuentran a menudo en la misma planta.

Así mismo, estas enfermedades cuando se presentan durante la aparición de los estigmas y si las condiciones son óptimas pueden causar un daño económico de consideración. (Figura 27 y 28).



Figura 27 Síntomas en las hojas de tizón foliar



Figura 28 Daños de tizón foliar en el tallo y mazorca

2.10.6.1.3 *Puccinia sorghi*, *P. polysora*, *Physopella zae* (Royas del maíz)

Son diferentes enfermedades que afectan a la parte foliar de la planta de maíz. La *P. sorghi*, es una enfermedad ampliamente distribuida en las zonas maiceras. La roya común se presenta con mayor incidencia al momento de la floración del maíz. Puede ser reconocida por las pústulas pequeñas y pulverulentas, tanto en el haz como en el envés de las hojas. Las pústulas son de color café en los estadios iniciales de la infección. Mas tarde la epidermis se rompe y las lesiones se tornan de color negro a medida que la planta madura. (Figura 29).



Figura 29 Pústulas de la roya común



Figura 30 Pústulas de roya tropical

La *P. polysora* presenta pústulas más pequeñas, de color más claro y circulares. Se encuentran en ambas caras de las hojas, pero la epidermis permanece intactada por más tiempo. Las pústulas se tornan de color café oscuro a medida que las plantas se acercan a la madurez. (Figura 30).

Esta enfermedad se presenta en las regiones cálidas y húmedas.



Figura 31 Pústulas de la roya amarilla

La *P. zae* o Roya Tropical, presenta brotes esporádicos y restringidas a regiones tropicales. Las pústulas varían desde formas redondas a ovales. Son pequeñas y se les encuentra de bajo de la epidermis. En el centro de la pústula la lesión aparece de color blanco a amarillo pálido a veces rodeada de un color negro, pero su centro permanece de color claro. En general, la mejor alternativa de control de estas enfermedades foliares es el uso de genotipos tolerantes. (Figura 31).

2.10.6.1.4 *Curvularia lunata* y *C. pallescens* (Mancha Foliar por *curvularia*)



Figura 32 Mancha foliar por *curvularia*

Esta enfermedad la produce un hongo que presenta manchas pequeñas cloróticas o necróticas con un halo de color claro. Las lesiones tienen un diámetro aproximado de alrededor de 0.5 cm cuando están completamente desarrolladas. La enfermedad está generalizada en las áreas maiceras calido-húmedas y pueden causar daños considerables a los cultivos. (Figura 32).



2.10.6.1.5 *Physoderma maydis* (mancha amarilla de la hoja)

La presencia de esta enfermedad se manifiesta con pequeñas manchas amarillentas (oblongas o redondas) en la nervadura de las hojas y en la base del tallo que son los síntomas iniciales. Luego éstas se tornan de color café, color característico. La forma de la mancha es irregular. Los síntomas característicos son una mancha café en los peciolos y tallos de la planta, así como una clorosis en las hojas infectadas. Esta enfermedad está relacionada con la presencia de alta humedad relativa, precipitación y temperatura que favorece a su desarrollo. Las medidas de control de esta enfermedad básicamente requieren en uso de genotipos tolerantes y eliminación de los residuos de la cosecha. (Figura 33).



Figura 33 Mancha amarilla de la hoja

2.10.6.1.6 *Phyllachora maydis*, *Monographella maydis*, *Coniothirium phyllacoraceae* (mancha de asfalto de la hoja)

En el complejo mancha de asfalto o de alquitrán están involucrados tres microorganismos fungosos *Phyllachora maydis* Maublanc, *Monographella maydis* (Muller & Samuels) y *Coniothirium phyllachorae* Maublanc, el cual es un hiperparásito de los dos anteriores.

Es una enfermedad que ocurre con mayor frecuencia en zonas frescas y húmedas, especialmente en lotes cercanos a las riberas de los ríos, o en suelos con nivel freático alto, pesados o con tendencia al encharcamiento. Es favorecida por temperaturas entre los 17 y 22 grados centígrados, con una humedad relativa superior al 75 por ciento. La humedad sobre las hojas durante la noche y en la mañana facilita la infección y el establecimiento de los

patógenos, los cuales pueden sobrevivir en los residuos de cosecha por algún tiempo.

Los síntomas iniciales son pequeños puntos negros ligeramente elevados, que se distribuyen por toda la lámina foliar. Es importante estar atentos a la aparición de estos puntos alquitranados porque es la fase inicial de la enfermedad y la infección puede diseminarse rápidamente a las hojas superiores y a otras plantas. Durante la época lluviosa, en un genotipo susceptible, si los puntos negros se observan en las hojas cercanas a la mazorca y el grano aún no ha llenado, es necesario aplicar un fungicida sistémico. (Figura 34 y 35).





Figura 34 y 35 Mancha de asfalto



Dos a tres días después de la infección por *P. maydis* el tejido adyacente es invadido por *Monographella maydis*, causando necrosis de color pajizo alrededor del punto de alquitrán. Finalmente, las lesiones coalescen para formar grandes áreas necróticas.

La infección progresa rápidamente diseminándose hacia las hojas superiores y plantas vecinas. Si la enfermedad aparece en etapas muy tempranas antes del llenado, las mazorcas pierden peso y los granos se observan chupados, flácidos y flojos. (Figura 36 y 37).



Figura 36 y 37 Síntomas estado avanzado de la mancha de asfalto

Casi siempre la enfermedad se presenta después de floración, sin embargo, bajo condiciones de siembras continuas se presenta en prefloración. Aunque se considera una enfermedad endémica su severidad y facilidad de diseminación la ubican como una enfermedad muy agresiva y si los factores climatológicos la favorecen puede ocasionar muerte prematura de la hoja y quemar el cultivo en corto tiempo.

En condiciones de los Guatemala es posible observar infección simultánea de mancha de asfalto, con *Phaeosphaeria*, *Gloeocercospora* y *Diplodia* (Rodríguez, 2011, comunicación personal). (Figura 38)



Figura 38 Síntomas en la mazorca de *Phaeosphaeria* y *Diplodia*

2.10.7 Enfermedades que causan pudrición de la mazorca

El problema de pudrición de la mazorca en las áreas tropicales es de importancia económica. Estas pudriciones causan daños considerables en las zonas húmedas, especialmente cuando la precipitación es excesiva en el período de llenado de grano a la cosecha. La pudrición de la mazorca puede incrementarse por diferentes factores, tales como: Daño que

puedan provocar aves e insectos al tallo y la mazorca. El acame de las plantas provoca que las mazorcas estén en contacto con el suelo y la mala cobertura de la mazorca. La principal problemática derivada de la pudrición de la mazorca es que afecta la calidad, inocuidad del grano y reduce el rendimiento por unidad de área.

2.10.7.1 *Gibberella zeae* y *G. fujikuroi* (Pudriciones de mazorca por *Gibberella*)

Estas dos especies de hongos causan pudriciones de la mazorca, pudriciones de tallo y tizón en las plántulas. *G. zeae* es más común en áreas frescas y humedad y produce un color rojizo y rosado de los granos infectados, comenzando con los de la punta de la mazorca.

mundial, en ambientes húmedos y calientes, como los secos. Los granos son infectados por un moho algodonoso y pueden germinar estando aún en la mazorca (germinación prematura). Cuando la infección es tardía, los granos muestran rayas en el pericarpio. Estos hongos producen compuestos orgánicos tóxicos para mamíferos y aves. (Figura 39).

G. fujikuroi es conocida como la pudrición del grano por fusarium. Es posible sea el patógeno más común de la mazorca del maíz a nivel





Figura 39 Mazorca afectada por *Giberella zeae*

2.10.7.2 *Diplodia maydis*, *D. macrospora* (Putridión de la mazorca por *Diplodia*)

En zonas cálidas y húmedas se presenta el complejo "putridión de mazorcas". El hongo invade la mazorca, produce áreas descoloridas en las brácteas, que se secan con el tiempo aún cuando la planta está todavía verde. Al descubrir la mazorca, ésta se nota amarillo claro y crecimiento algodonoso blanco entre los granos. Posteriormente se forman picnidios negros, que son fuente del inóculo. En zonas frescas y húmedas se presentan como pudrición del tallo, en donde las variedades susceptibles desarrollan una coloración café en el centro de los entrenudos inferiores. Las plantas se debilitan y quiebran fácilmente cuando hay lluvia y vientos fuertes.

Se estima que la pérdida que causan estos hongos a nivel de agricultor puede ser de 14-80%. Como medida preventiva para disminuir la incidencia de estas enfermedades es utilizar

semilla mejorada de genotipos que presenten tolerancia a este tipo de estrés. (Figura 40).



Figura 40 Mazorca afectada por *Diplodia maydis*



2.10.7.3 *Aspergillus spp* (Putridión de la mazorca por *Aspergillus*)

Esta enfermedad puede constituir un problema serio cuando las mazorcas infectadas son almacenadas con un alto contenido de humedad. Varias especies de *Aspergillus* pueden infectar al maíz en el campo. *A. niger* es la más común produciendo masas negras de esporas que cubren tanto los granos como el olote (raquis). En contraste, *A. glaucus*, *A. flavus* y *A. ochraceus* desarrollan normalmente masas de esporas amarillo-verdosas.

La mayoría de las especies de *Aspergillus* producen compuestos orgánicos llamados aflatoxinas, que son tóxicas a mamíferos y aves. (Figura 41).

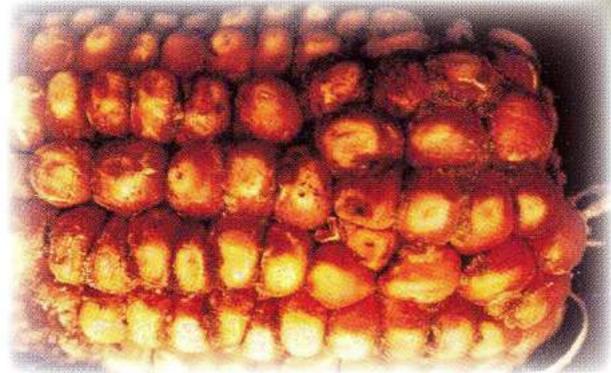


Figura 41 Mazorca afectada por *Aspergillus*

2.10.8 Plagas en el almacenamiento

La mayoría de agricultores almacén el grano para su autoconsumo. Este procedimiento lo realizan en diferentes sistemas de almacenamiento, que incluye troja, costales y silos. Las pérdidas en la fase de almacenamiento se incrementan debido a la asociación de otros factores, tales como: malos procedimientos de secado del grano, alta humedad del grano en la zona de almacenamiento, alta humedad

relativa, instalaciones inadecuadas, mínimo uso de productos químicos que posibilite preservar al grano.

En términos generales se ha documentado que las pérdidas en almacenamiento puede llegar al 18% (Postcosecha, 1992), lo cual constituye un factor limitante a nivel de productor de grano.

2.10.8.1 *Sitotroga cerealella* (Palomilla dorada del maíz)

Los gusanos jóvenes penetran en el grano y se alimentan en su interior. Este insecto también puede infestar el cultivo en el campo antes de la cosecha.

Las pequeñas palomillas amarillentas o color paja, que miden casi un centímetro y tienen un fleco a lo largo del margen posterior de las alas, se observan volando alrededor de los almacenes infestados. Su presencia es

especialmente evidente si se mueven las mazorcas o el grano almacenado.

Las palomillas tienden a poner sus huevos semejantes a escamas en grupos que cambian de blanco a rojo al acercarse la eclosión, entre dos superficies próximas (por ejemplo, entre el grano y las glumas atrofiadas en la base del mismo). Las larvas recién nacidas son



diminutas y blancuzcas. En su último estadio como larvas justo antes de formar pupas, las larvas preparan una salida circular para la palomilla, dejando la pared externa de la semilla solo parcialmente cortada para que sirva de tapa de agujero. (Figura 42).



Figura 42 Adulto de palomilla dorada

2.10.8.2 *Sitophilus zeamais* (Gorgojo de los granos)

Estos insectos pueden infestar el grano almacenado o las mazorcas de maíz antes de la cosecha.

Al quitar las brácteas de las mazorcas en el campo se observan los gorgojos y las picaduras irregulares que estos hacen en los granos al alimentarse o al desovar. En los granos desprendidos de las mazorcas es fácil encontrar las galerías filamentosas que hacen los gusanos gruesos y blancuzcos en el interior del grano. Las larvas se transforman en pupas dentro del grano. (Figura 43).



Figura 43 Adulto del gorgojo de los granos

2.10.9 Prácticas a implementar en el almacenamiento

El éxito de la fase de almacenamiento depende del manejo que se le pueda dar al grano en la fase de campo. Es importante indicar que la cosecha del grano pueda realizarse dentro del período de madurez de la variedad en uso. Cualquier atraso en la cosecha aumenta la posibilidad de daño postcosecha, debido a la infestación de insectos y hongos que dañan la calidad del grano.

Una buena práctica de almacenamiento se inicia con la realización de la dobla y cosecha en el momento oportuno. Para la realización de esta actividad, se debe tomar en cuenta el ciclo de la variedad o híbrido, y se realiza la dobla al llegar la planta a su madurez o camagua. Esta fase se puede determinar realizando un muestreo del grano y cuando este al desgranarlo presenta la capa negra.



La cosecha se puede realizar a los 30 días después de la dobla.

Es importante indicar que el adecuado secado del grano posibilita minimizar el problema de plagas y enfermedades en el almacenamiento. Se recomienda almacenar el grano con humedad inferior al 14% y realizar aplicaciones preventivas de insecticidas, que posibilite el menor desarrollo de poblaciones de insectos. Se recomienda la aplicación de los siguientes productos: (Figura 44).



Figura 44 Secamiento de grano en patios de secado

Sulfuro de aluminio

Se utiliza este producto en dosis de cuatro a seis tabletas por cada 20 quintales de maíz almacenado. Estas tabletas controlan escarabajos, gorgojos, palomillas (todos adultos) y no huevos, larvas o pupas de insectos. Es importante recalcar que el recipiente o silo en donde se almacena el producto permanezca cerrado. Es importante revisar constantemente la presencia de estas plagas y reutilizar este producto si es necesario.

Pirimifos metil 2%

En silo familiar espolvoree por dentro con pirimifos metil 2%, antes de empezar a llenarlo, siguiendo cualquiera de los siguientes métodos:

- Aplique 20 gramos de pirimifos metil 2% (una cajita de fósforos recargada con pirimifos metil 2%) para cada quintal de grano. Esto se hace poniendo el grano en el suelo, sobre una superficie limpia. Luego llenar el silo con el grano ya tratado.
- Ponga 20 g de pirimifos metil (una cajita de fósforos recargada con pirimifos metil 2%)

en el fondo del Silo antes de empezar a llenarlo. Luego vierta un quintal de grano. Después agregue otros 20 g de pirimifos metil y así hasta que llene el silo; ponga una última capa de pirimifos metil cuando el silo se llene. Este tratamiento dura hasta seis meses.

Las prácticas de manejo se pueden complementar con el uso de estructuras de almacenamiento adecuadas a la zona en donde está ubicado el grano. Una alternativa factible de utilizar es el silo metálico, que existen en diversidad de tamaños de acuerdo a los requerimientos de los agricultores.

2.10.10 Costos de producción

En el Cuadro 19, se presenta el análisis de los costos de producción que implica la siembra de una manzana (0.7 hectáreas) de maíz.

Estos costos varían entre regiones. Se utilizaron los precios de los insumos que rigieron en el ciclo de cultivo. Los costos de mano de obra e insumos, son un promedio de lo observado 43 en la zona. Se incluyen los costos de



producción observados en la región de la Costa Sur (Escuintla-Suchitepequez) bajo la tecnología de labranza convencional y de conservación, Oriente (Jalapa-Jutiapa) en labranza convencional y Altiplano Occidental (Quezaltenango) labranza convencional. Los datos corresponden a siembras de temporada que para el caso del altiplano inicia en abril

y para la zona del Trópico Bajo entre mayo-junio, depende del inicio de las lluvias. (Ver cuadro 19).

Los datos del rendimiento corresponden a agricultores promedio que utilizan algún grado de tecnología referente al uso de semilla mejorada, fertilizantes y otros.

Cuadro 19 Costos de producción (Quetzales) para la producción de una manzana de maíz en diferentes zonas de producción de Guatemala, comparación entre 2002 y 2008.

Zona de producción	Actividad o labor realizada	Costo por 0.7 hectáreas (2002) dic 2008
Zona del Trópico Bajo	Arrendamiento	(600) 1000
Con labranza convencional	Preparación de terreno	(2509) 2500
	Mano de obra	(1325) 2000
	Insumos	(910) 3800
	Sub-total	(3085) 9300
	Rendimiento qq/ hectárea	(65)
	Ingresos	(3575) 9750
	Costo total	(3085) 9300
	Ingreso neto	(490) 450
	Rentabilidad (%)	(16) 5
Zona Altiplano	Arrendamiento	(600) 2500



Con labranza de conservación	Preparación de terreno	(0)
	Mano de obra	(1250) 4900
	Insumos	(970) 1200
	Sub-total	(2995) 8600
	Rendimiento qq/ hectárea	(65)
	Ingresos	(3575) 9700
	Costo total	(2995) 8600
	Ingreso neto	(580) 1150
	Rentabilidad (%)	(19) 13.3
Zona Costa Sur	Arrendamiento	(300) 600
	Preparación de terreno	(300) 600
	Mano de obra	(1250) 2500
	Insumos	(660) 1400
	Sub-total	(2510) 5100
	Rendimiento qq/ hectárea	(60)
	Ingresos	(3000) 6000
	Costo total	(2510) 5100

	Ingreso neto	(790) 900
	Rentabilidad (%)	(31) 17.4
Zona Oriente	Arrendamiento	(400) 1400
Con labor convencional	Preparación de terreno	(640) 750
	Mano de obra	(2150) 2300
	Insumos	(579) 1700
	Sub-total	(3724) 6150
	Rendimiento qq/ hectárea	(80)
	Ingresos	(5600) 8000
	Costo total	(3724) 6150
	Ingreso neto	(1876) 1850
	Rentabilidad (%)	(50) 30

*= Incluye mano de obra en siembra, limpiezas manuales, aplicación de plaguicidas, dobla, cosecha, desgrane. **=Incluye el costo de semilla, fertilizantes, herbicidas, insecticidas. Fuente: Datos de campo estimados en cada zona productora durante Dic. 2008. Estimaciones Direcciones regionales, ICTA.

3. Referencias bibliográficas

Banguat (2004). Folleto de estadísticas agrícolas 2004. Hojas electrónicas. Banco de Guatemala, Guatemala.

Bassetti, P., Westgate, M.E. (1993). Water deficit affects receptivity of maize silks. *Crop Sci* 33: 279.

Bolaños, J. and Edmeades, G.O. (1993a). Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. I. Responses in grain yield, biomass and radiation utilization. *Field Crops Res*: 31:233-252

Bolaños, J. and Edmeades, G.O. (1993b). Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. II. Responses in reproductive behavior. *Field Crops Res*: 31:253-272

Bressani, R. (2008). Caracterización química, nutricional y tecnológica de nuevas variedades de maíces de alto valor nutritivo. Informe Final FODECYT 08-03. SENACYT-UVG. Guatemala.

Bressani, R. (1990). Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas. *Food Resw Inter*. 6:255-264.

Cárcoba, J.; Borrás, L.; Otegui, M.E. (2004). Producción de granos. FAUBA. Buenos Aires, Argentina.

Cardona, J. (2006). Producción de semilla de maíz en forma artesanal. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas –ICTA-, Guatemala, Guatemala, no publicado.

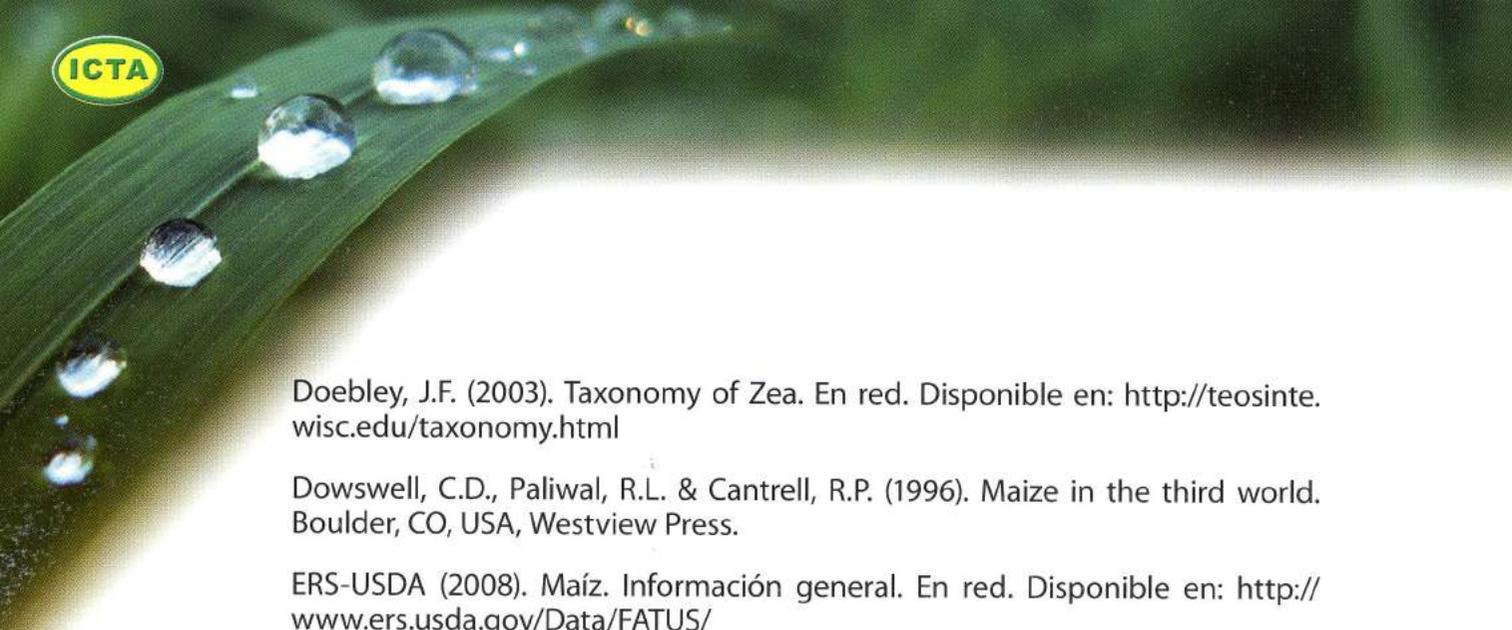
Cheikh N, Jones, R.J. (1994). Disruption of maize kernel growth and development by heat stress. Role of cytokine/abscisic acid balance. *Plant Physiol* 106 (1994) 45.

Centro Internacional para el mejoramiento del maíz y trigo –CIMMYT- (2010). Plagas y enfermedades. En red. Disponible en: http://maizedoctor.CIMMYT.org/index/php?option=com_content&view=articule&id=255&Itemid=50&lang=es

CONABIO (2008). Información biológica-agronómica básica sobre los maíces nativos y sus parientes silvestres. En documento de trabajo para el taller: Agrobiodiversidad en México: El caso del maíz. INE-CONABIO-SINAREFI-SEMARNAT-SAGARPA. 64 p.

Crafts-Brandner, S.J., Salvucci, M.E. (2002). Sensitivity of photosynthesis in a C4 plant, maize, to heat stress. *Plant Physiol* 129: 1773.





Doebley, J.F. (2003). Taxonomy of Zea. En red. Disponible en: <http://teosinte.wisc.edu/taxonomy.html>

Dowswell, C.D., Paliwal, R.L. & Cantrell, R.P. (1996). Maize in the third world. Boulder, CO, USA, Westview Press.

ERS-USDA (2008). Maíz. Información general. En red. Disponible en: <http://www.ers.usda.gov/Data/FATUS/>

FAO (1993). El maíz en la nutrición humana. Título de la serie: Colección FAO: Alimentación y nutrición, N°25. ISBN 92-5-303013-5. 1. En red. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/t0395s/t0395s00.htm>

FAO (2012). FAOSTAT. Dirección de Estadística 2012. Consultado el 20-06-12. En red. Disponible en: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=es#ancor>

Fuentes, M. (2002). El cultivo del maíz en Guatemala. Una guía para su manejo agronómico. ICTA. Guatemala. 45 p.

Fuentes López, M.R. 2002. Informe preliminar sobre la fenología en los maíces del altiplano de Guatemala. Borrador, sp.

Fuentes López, M.R. y Van Etten, J. (2004). Diagnóstico para la reactivación de la cadena agroalimentaria del maíz blanco y amarillo. MAGA-Mesa Nacional Alimentaria-Representación de FAO en Guatemala. Guatemala. 120 p.

Fuentes, M.; Van Etten, J.; Ortega, A. y Vivero, J.L. (2005). Maíz para Guatemala. Propuesta para la reactivación de la cadena agroalimentaria del maíz blanco y amarillo. Serie "PESA Investigación". No. 1. FAO Guatemala. Guatemala, C.A. 141 p.

Heisey, P, and Edmeades, G. (1999). Maize in Drought-Stressed Enviroments: Technical Options and Research Resource Allocation. In: World Maize Facts and Tends 1997/98. CIMMYT. México., 68 p.

ICTA (2000). Informe Técnico de Maíz. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), Guatemala.

ICTA (2009). Informe Técnico de Maíz. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). Guatemala. sp.

INE (2004). IV Censo Nacional Agropecuario. INE, Guatemala. CD-ROM.

INE (2008). El maíz en México y en el mundo. En documento de trabajo para el taller: Agrobiodiversidad en México: El caso del maíz. INE-CONABIO-SINAREFI-SEMARNAT-SAGARPA. 64 p.



Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH- (2010). Zonas climáticas de Guatemala. En red. Disponible en <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/zonas%20climaticas.htm>.

Jugenheimer, R.W. (1988). Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Limusa. México. 841p.

Jull, L.G., Ranney, T.G., Blazich, F.A. (1999). Heat tolerance of selected provenances of atlantic white cedar. *J Am Soc Hort Sci* 124 (1999) 492.

Kato, T.A.; Mapes, C.; Mera, L.M.; Serratos, J.A. y BYE, R.A. (2009). Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116 pp.

MAGA (2010). El agro en cifras. Guatemala julio de 2011. UPIE-MAGA. Guatemala.

Paliwal, R.; Granados, G.; Lafitte H. y Violic, A. (2003). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Título de la serie: Colección FAO: Producción y Protección Vegetal No. 28. ISBN: 9253044578. En red. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650S00.htm>

Poey, F. (1979). Las bases del fitomejoramiento para el respaldo del programa de maíz en el ICTA. ICTA. Guatemala.

Ramírez, R. (2010). Historia del maíz. En red. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/11996681/Historia-Del-Maiz>.

Reyes, C.P. (1990). El maíz y su cultivo. AGT-EDITOR S.A. México, D.F.

Rincón, J.A.; Castro, S.; López, J.A.; Huerta, A.; Trejo, C. y Briones, F. (2006). Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz tropical. En red. Disponible en: http://www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol75/Rincon_Tuexi.pdf.

Rincón, J.A.; Castro-Nava, S.; López, J.A.; Huerta, A.; Trejo, C. y Briones, F. (2006). High temperature and water stress during flowering in tropical corn populations. *En Pyton International Journal of experimental botany*. (2006) 75: 31-40.

Robutti, J.L. (2010) Calidad y usos del maíz. En red. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/cereales/maiz03.pdf>.





Rodriguez, E. (2011). Laboratorio de Diagnóstico del MAGA. Comunicación personal

Romero, W. (2007). Análisis de cadenas de valor de pequeños productores, potencialmente afectados por el CAFTA en Guatemala. IFPRI-IDIES. Guatemala. 229 p.

SAGARPA (2005). La producción de maíz en México. 1994-2005. En red. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros/2010b/707/La%20produccion%20de%20maiz%20en%20Mexico.htm>

Salazar, O. (2008). Proyecto para la producción de semilla de maíz en Guatemala. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, Centro América.

Suzuki K, Tsukaguchi, T., Takeda, H., and Egawa, Y. (2001). Decrease of pollen stainability of green bean at high temperatures and relationship to heat tolerance. *J Am Soc Hort Sci* 126: 571.

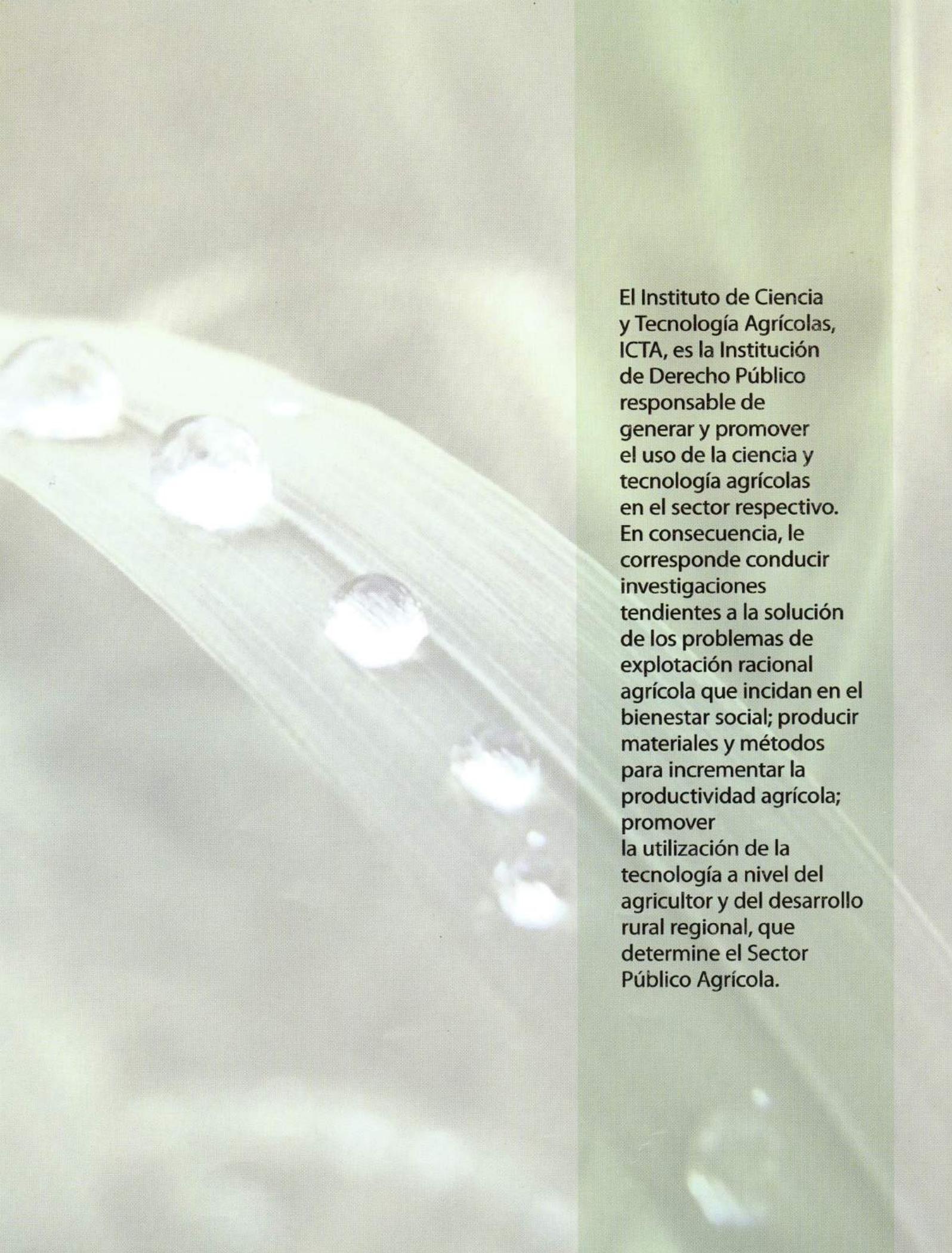
USDA, ARS, National Genetic Resources Program. Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Base de Datos en Línea]. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. Disponible en URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html> (November 2011).

USDA (2012). World Agricultural Production. En red. Disponible en: <http://www.ers.usda.gov/Data/FeedGrains/Table.asp?t=04>

Vásquez, F.; Wilkes, G. y Taba, S. (1990). Hacia donde va el teocinte. En Informe Anual de Resultados de Recursos Fitogenéticos, 1990. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-. Guatemala. 26 p.

Wellhausen, E.J., Fuentes, A. and A. Hernández C. (in collaboration with P.C. Mangelsdorf). (1957). Races of maize in Central America. Natl. Res. Council.

Wilhelm E.P., Mullen, R.E., PL Keeling, P.L. and Singletary, G.W. (1999). Heat stress during grain filling in maize. Effects on kernel growth and metabolism. *Crop Sci* 39: 1733.



El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA, es la Institución de Derecho Público responsable de generar y promover el uso de la ciencia y tecnología agrícolas en el sector respectivo. En consecuencia, le corresponde conducir investigaciones tendientes a la solución de los problemas de explotación racional agrícola que incidan en el bienestar social; producir materiales y métodos para incrementar la productividad agrícola; promover la utilización de la tecnología a nivel del agricultor y del desarrollo rural regional, que determine el Sector Público Agrícola.



INVESTIGACIÓN PARA
EL DESARROLLO
AGRÍCOLA



INSTITUTO DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS

Km. 21.5 Carretera al Pacífico, Bárcena,
Villa Nueva, Guatemala
Tel.: 6629-7899
www.icta.gob.gt

