

**INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIAS
AGRICOLAS**

ICTA

**EL CULTIVO DEL MAIZ EN GUATEMALA
Una guía para su manejo agronómico**

**Mario Roberto Fuentes López
M Sc. Investigador Principal
Sub-Programa de Maíz**

Guatemala, 2002

PRESENTACION

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.) forma parte del grupo de los granos básicos que constituyen base de la dieta de la población guatemalteca por su alto contenido energético y de proteínas, cuya parte consumida es la semilla sexual. En Guatemala, las principales especies de granos básicos son el maíz, frijol negro, arroz y sorgo. Estos granos revisten una importancia especial por sus implicaciones culturales, socioeconómicas y alimentarias.

Los granos básicos son la principal fuente de carbohidratos (65%) y de proteína (71%) en la dieta de los Guatemaltecos. El principal cultivo de los granos básicos es el maíz. La contribución del maíz en la ingesta per cápita de energía y proteína es alta: 37.7% y 36.5%, respectivamente, comparado con el frijol negro que presenta valores de 9.5% y 22.9%. El consumo promedio per cápita de maíz por año es de 114 kg. Sin embargo, este valor bajo condiciones de menor ingreso económico familiar, puede hasta duplicarse.

El área de cultivo se realiza en aproximadamente 500,000 hectáreas para el cultivo solo y 165,000 hectáreas asociado con frijol, sorgo, ajonjolí y otros. En los últimos años se ha logrado disponer de un nivel de autosuficiencia del mercado de 96% para el caso del maíz de grano blanco, con potencial de lograr el autoabastecimiento de la demanda actual. Sin embargo, para el caso del maíz de grano amarillo se ha optado por la vía de la importación. Actualmente el área maicera dedicada a este color de grano se estima en 1% y con tendencia a desaparecer.

La importancia que representa el maíz dentro de los granos básicos es indudable desde distintos puntos de vista, por tener altas implicaciones en el contexto agrosocioeconómico de una gran mayoría de la población, principalmente para garantizar la seguridad alimentaria y la sobrevivencia. Los productos y subproductos que se obtienen del maíz, son utilizados tanto por la población rural como urbana, siendo estos demandados para el consumo humano, animal, transformación industrial y otros usos variados dentro o fuera de las fincas productoras.

El rendimiento promedio nacional de maíz es bajo (1.77 t/ha). Este promedio es un indicador de los diferentes factores agrosocioeconómicos, culturales y ambientales que influyen en los niveles de producción y productividad del maíz. Esto implica diferencias relacionadas al acceso de tecnología, uso de áreas marginales no aptas para la producción de maíz, aumento de la vulnerabilidad al cambio climático, sequías recurrentes, falta de infraestructura de riego, mercado, crédito agrícola y organización, entre otros. Estos factores limitantes posibilitan el iniciar un reto relacionado a involucrar a todos los actores dentro de la cadena agroalimentaria del maíz que propicie la integración y la definición de líneas de trabajo que posibilite hacer del cultivo del maíz una actividad productiva. Bajo esta perspectiva, el uso de tecnología constituye un aliado estratégico muy importante en esta actividad agrícola a fin de que los productores logren los niveles de rentabilidad que garanticen la sustentabilidad del cultivo.

INDICE

I. INTRODUCCION

1. Sistemas de producción de maíz
2. Área, Rendimiento y Producción del maíz 1991-1999.
3. Productores de maíz
4. Destino de la producción de maíz
5. Importación de maíz
6. Dieta alimenticia del guatemalteco
7. Disponibilidad aparente de maíz

II LA PLANTA DE MAIZ

1. Características morfológicas, taxonómicas y bromatológicas del maíz
2. Crecimiento y fases de desarrollo
 - 2.1 Fase vegetativa
 - 2.2 Fase reproductiva
 - 2.3 Fase de llenado de grano
3. Fases y duración del desarrollo de una planta de maíz
4. Etapas de desarrollo del cultivo
5. Requerimientos para el crecimiento del cultivo
 - 5.1 Influencia del fotoperíodo en el maíz
 - 5.2 Requerimiento de agua
 - 5.3 Influencia de la temperatura
 - 5.4 Requerimientos del suelo
6. Zonas de producción de maíz
7. Desarrollo de variedades e híbridos de maíz
 - 7.1 Variedad de Polinización Libre (VPL)
 - 7.2 Híbridos de maíz

III. MANEJO AGRONOMICO DEL CULTIVO

1. Genotipos recomendados
 - 1.1. Genotipos de maíz para la zona del Trópico Bajo
 - 1.2. Genotipos para la zona del Altiplano
2. Clasificación de la semilla por su tamaño
3. Prácticas agronómicas
 - 3.1 Condiciones del Trópico Bajo (0-1400 msnm)
 - 3.2 Condiciones del Altiplano (1400-3000 msnm)
4. Manejo de la fertilización
 - 4.1 Nitrógeno (N)
 - 4.2 Fósforo (P)
 - 4.3 Potasio (K)
 - 4.4 Azufre (S)
 - 4.5 Criterios para la aplicación de nutrientes en el maíz
 - 4.6 Dosis de nutrientes en el cultivo del maíz

5. Manejo fitosanitario del maíz
 - 5.1. Muestreo en el campo
 - 5.2 Las malezas en el cultivo del maíz
 - 5.3. Manejo de malezas en el cultivo del maíz
 - 5.4 Herbicidas para el control de malezas
 - 5.5 Manejo de insectos en el cultivo del maíz
 - 5.6 Manejo de enfermedades en el cultivo
 - 5.6.1 Enfermedades del follaje
 - 5.6.2 Enfermedades que causan pudrición de la mazorca

6. Plagas en el almacenamiento
 - 6.1 *Sitotroga cerealella* (Palomilla dorada del maíz)
 - 6.2 *Sitophilus zeamais* (Gorgojo de los granos)
 - 6.3 Prácticas a implementar en el almacenamiento

IV. COSTOS DE PRODUCCION

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

EL CULTIVO DEL MAIZ EN GUATEMALA

Una guía para su manejo agronómico

I. INTRODUCCION

El cultivo de maíz (*Zea mays L*) es uno de los cultivos de mayor variabilidad genética y adaptabilidad ambiental. A nivel mundial se siembra en latitudes desde los 55° N a 40° S y del nivel del mar hasta 3800 m de altitud. El cultivo del maíz tiene una amplia distribución a través de diferentes zonas ecológicas de Guatemala. La distribución del cultivo está en función de la adaptación, condiciones climáticas (precipitación, altitud sobre el nivel del mar, temperatura, humedad relativa), tipo de suelo.

La producción de granos básicos en 1996, generó una producción de aproximadamente 1'992'850 tm. Esta producción involucra principalmente al maíz blanco: 83.1%, maíz amarillo: 0.8%, frijol negro: 10%, arroz: 2.6% y sorgo: 3.6% (MAGA/UPIE, 1999b), valorada en unos 3'857 millones de quetzales^{1/} (MAGA 1998), que representan aproximadamente el 10% del valor de toda la producción agrícola observada para ese año. Del cultivo de estos granos básicos se derivaron unos 62'300 millones de jornales equivalentes a 222'600 empleos plenos para el mismo año (MAGA, 1999a).

En Guatemala, de manera general el cultivo de maíz se concentra en la zona del altiplano y zonas de la costa sur-occidental y nor-oriental. Este cultivo se observa entre altitudes de 0-3000 msnm.

1. Sistemas de producción de maíz

La producción nacional de maíz se realiza a través de diferentes sistemas de producción que involucra épocas de siembra y sistemas de siembra que incluye la práctica de asociar e intercalar con otros cultivos. En relación a la época de siembra, esta varía dependiendo de la altitud de ubicación de la localidad. A nivel nacional el mayor porcentaje de siembra (>80%) se realiza bajo condiciones de temporal y varían según la ubicación de la localidad referente a la altitud sobre el nivel del mar. Generalmente estas siembras se realizan en función del período de lluvia y otras localidades como el Altiplano, las siembras dependen de la humedad residual observada en el suelo.. Las zonas maiceras que se encuentren ubicadas abajo de los 1400 msnm realizan siembras entre mayo y junio. Las siembras de segunda se realizan en septiembre. Bajo condiciones del Altiplano (>1500 msnm) se observan diferentes épocas de siembra. En promedio las siembras de primera se realizan entre marzo-abril y siembras de segunda entre abril-mayo. Las siembras bajo condiciones de riego se observa principalmente en la zona del Trópico Bajo y se pueden realizar en cualquier época del año.

Los métodos de siembra varían según la zona de cultivo. Para la zona del Trópico Bajo, las siembras se realizan principalmente bajo el sistema de chuzo y sistema mecanizado. En ambos sistemas los niveles tecnológicos pueden variar significativamente, dependiendo de la disponibilidad económica de los agricultores. Para condiciones de el Altiplano en su mayoría se realiza por medio de siembras manuales y un bajo porcentaje con siembras mecanizadas.

2. Área, Rendimiento y Producción del maíz 1991-1999.

^{1/} Valor estimado con base al precio promedio de 1998 al mayoreo en la terminal en quetzales para los diferentes productos (estadísticas de precios MAGA/UPIE)

En el Cuadro 1, se presentan las áreas, rendimientos y producción de maíz correspondientes al período 1991-1999. La producción en el país se realiza principalmente bajo condiciones de temporal. Las limitantes en este período agrícola es la dependencia de factores ambientales para la producción, en especial dependencia del ciclo de lluvia que en los últimos años ha mostrado ser errático, mala distribución de la precipitación que afecta negativamente el potencial de rendimiento de los cultivos.

Para el caso del maíz se reporta que entre 1985/86 a 1995/96 la producción de maíz manifestó una contracción a razón de una tasa decremental de -1.17% como promedio anual, lo cual obedece a un efecto combinado de la reducción de las superficies cultivadas y los rendimientos, que lo hicieron a razón de -1.06% y -0.12% como promedio anual. Durante el mismo período, las importaciones han llegado a constituir como promedio del período analizado el 7.94% como proporción de la producción interna y la dinámica de crecimiento ha sido del orden de 11.7% como promedio anual. La estructura de consumo de maíz ha evolucionado, llegando a constituir variables importantes dentro del mismo, la demanda industrial de alimentos concentrados y a la industria del consumo humano, misma que en el período bajo análisis se ha incrementado a razón de 6.75% como promedio anual de la serie estudiada. Esto evidencia problemas de abastecimiento para el consumo humano, lo cual repercute con mayor drasticidad a nivel de la población menos favorecida que incluye a un alto porcentaje de agricultores de subsistencia en áreas con serios problemas de atomización de la propiedad, mismos que son incapaces de autoabastecerse.

CUADRO 1. Área, Rendimiento y Producción de maíz durante 1991-1999.

Año	Maíz		
	Area	Rend.	Producción
1991	668.7	1.84	1233.3
1992	725.62	1.88	1366.4
1993	699.65	1.85	1294.8
1994	606.92	2.0	1187.7
1995	546.2	1.94	1061.6
1996	588.0	1.97	1011.0
1997	576.17	1.77	1120.0
1998	628.91	1.70	1068.7
1999	626.62	1.77	1109.1

Área: miles de ha.; Rend.: T/ha; Producción: miles de ton.

Fuente: CEPAL, 2000. Información Básica del Sector Agropecuario. Subregión norte de América Latina y El Caribe, 1980-1999. Comisión Económica. LC/Mex/L.448. México.

3. PRODUCTORES DE MAIZ

En 1998 el cultivo de los principales granos básicos ocupó unas 946'500 ha, de las cuáles el 72.9% fue de maíz blanco, 0.7% maíz amarillo, 20.1% frijol negro, 4.6% sorgo y 1.7% arroz (MAGA/UPIE, 1996). Esta superficie equivalió aproximadamente al 8.7% del territorio nacional y más del 50% de la superficie total cultivada en el país (BANGUAT 1997; MAGA 1999a e IICA, 1999).

La producción de granos básicos se concentra principalmente en minifundios (el 92, 87, 75 y 89% de las fincas de maíz, frijol negro, arroz y sorgo, respectivamente y son menores a 7 Ha) (MAGA, 1998), ubicados en zonas de ladera, ecosistemas frágiles de vocación forestal (MAGA/UPIE, 1999a). En Guatemala uno de los problemas de base del sector agropecuario es la desigual distribución de la propiedad de la tierra (Figura 1). En efecto, el 0.15% de los productores es propietario del 70% de la tierra, el 4% es dueño del 10% y el restante 20% de la tierra se reparte entre el 96% de los propietarios, con el agravante que la mayoría de estos carece de certeza

jurídica sobre su propiedad (MAGA/UPI, 1999a). El 37% de los agricultores guatemaltecos se clasifican como de infrasubsistencia^{2/}, 59% de subsistencia^{3/}, 4% excedentarios^{4/} y 0.15% comerciales^{5/} (MAGA/UPIE 1999a) de estos todos los de infra y de subsistencia producen granos y de subsistencia producen granos básicos.

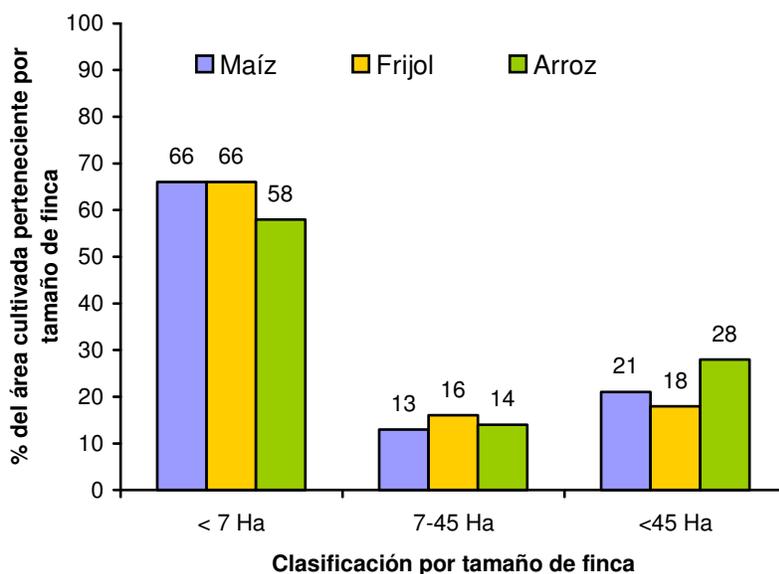


Figura 1: Clasificación del área de producción de los principales Granos Básicos por estrato de tamaño de finca

4. Destino de la producción de maíz

En el cuadro 2 se presenta el destino de la producción de maíz asociado a cada estrato o grupo de productores.

^{2/} Se refiere al tipo de agricultura practicada por campesinos que no logran obtener por este medio los ingresos mínimos necesarios para cubrir sus necesidades básicas (vivienda, alimento, salud, educación); y por el contrario, deterioran sus ingresos año con año, además de su entorno físico (MAGA, 1998)

^{3/} Se refiere al tipo de agricultura practicada por campesinos que no logran obtener por este medio los ingresos mínimos necesarios para cubrir sus necesidades básicas (vivienda, alimento, salud, educación); pero que a diferencia de la agricultura de infrasubsistencia no deterioran su nivel de ingresos aunque sí contribuyen al deterioro de su entorno físico (MAGA, 1998).

^{4/} Se refiere al tipo de agricultura practicada por campesinos que logran niveles de producción que les permiten ingresos que garantizan estándares de vida aceptables y algún grado de capitalización como producto de su participación en los mercados agrícolas (MAGA, 1998).

^{5/} Se refiere al tipo de actividad productiva practicada por los “empresarios” de la agricultura que producen en función del mercado (MAGA, 1998).

Cuadro 2. Destino de la producción asociada a cada estrato o grupo de productores de maíz.

MAÍZ	% PRODUCCIÓN	% AUTOCONSUMO	% COMERCIALIZABLE
Microfincas 1 cda - Mz	6.7	3.35	3.35
Subfamiliar Pequeña 1 - 5 Mz	30.7	15.35	15.35
Subfamiliar Mediana 5 - 10 Mz	12.6	6.30	6.30
Familiar 10 - 64 Mz	25.7	12.85	12.85
Multifamiliar Mediana 1 - 20 Cab	21.5	-----	21.50
Multifamiliar Grande >20 Cab	2.7	-----	2.70

FUENTE: CENSO AGROPECUARIO 1979

5. Importación de maíz

En el Cuadro 3, se presentan las importaciones de maíz durante el período 1988-1999. Tanto las importaciones como las exportaciones de maíz se dan en tres formas: maíz sin moler, almidones comestibles y harinas. Las importaciones provienen mayoritariamente de los Estados Unidos de donde se importa maíz amarillo, cuyo destino es principalmente para el consumo animal y elaboración de concentrados balanceados. Así mismo, se importa excepcionalmente maíz blanco de los países centroamericanos para satisfacer el consumo humano. El abastecimiento de las importaciones a la demanda interna fue durante el período de 1988 a 1999 de 35 a 271 miles de toneladas, específicamente de maíz amarillo que representa un requerimiento de casi 7 veces en relación al año base (1988). lo cuál indica un aumento en los volúmenes de importación de este producto.

Guatemala actualmente es prácticamente autosuficiente en la producción de maíz blanco, sin embargo las proyecciones de crecimiento de la población, la demanda de este producto y una tendencia a la reducción de precios amenazan la capacidad del país de autoabastecerse en el mediano y largo plazo.

Cuadro 3. Importaciones de maíz (000 ton) en Guatemala

Año	Maíz
1988	37
1989	16
1990	119
1991	105
1992	96
1993	146
1994	153
1995	176
1996	214
1997	248
1998	260
1999	271

Fuente: CEPAL (2000). Información Básica del Sector Agropecuario. Subregión norte de América Latina y el Caribe, 1980-1999. LC/MEX/I.448.

6. Dieta alimenticia del guatemalteco

En Guatemala un gran sector de la población no alcanza a cubrir sus necesidades energéticas, ni proteínicas, ni las de vitamina A ni hierro. El consumo de alimentos está determinado por el poder adquisitivo de los mismos en el mercado y la adquisición por su parte depende de la capacidad de compra, la cual esta condicionada a la vez, por el ingreso, el cual permite a la población satisfacer una escala de necesidades, en función de disponibilidad de alimentos, precios, gustos y preferencias.

En relación al ingreso mensual, se estima que en la mayoría de las familias guatemaltecas se dificulta tener acceso a la canasta básica alimentaria. Aunque los salarios mínimos para actividades agrícolas se han incrementado (alrededor de Q.25.00) estos no llenan la expectativa de cubrir las necesidades de cubrir los requerimientos mínimos. La dieta básica del guatemalteco está compuesta por la asociación de cereal/leguminosa, en donde el maíz y el frijol son de relevante importancia, como puede observarse en el cuadro 4.

Para Guatemala, las expectativas de crecimiento, parecen difíciles de concretarse, dado que el 70% de la población vive en extrema pobreza, lo que no les permite cubrir por lo menos el costo de la canasta básica de alimentos, mientras que el 19% de los habitantes del país si cubren el costo de la canasta básica de alimentos y sus ingresos le permiten obtener otros bienes y servicios, hasta llegar a la canasta básica vital, aunque aún son considerados pobres. El 11% de la población restante, constituye el segmento no pobre del país, ya que supera el costo de la canasta básica vital, en la que se incluye gastos de educación, vivienda, vestido, salud, recreación otros de consumo.

El déficit en el consumo de los alimentos básicos se refleja en elevados índices de desnutrición en niños menores de cinco años que alcanza un 32.5% como promedio departamental (mínimo 22.1%; máximo 45.6%), siendo más severo en los departamentos con mayor concentración de productores de granos básicos para subsistencia (PNUD, 1998).

Cuadro 4. Aporte nutricional de los granos básicos

PRODUCTO	Nivel de Ingreso Mensual (Q)	Aporte en calorías (Kcal)	Aporte en proteína (grs)	Aporte en Grasas (grs)
Maíz y derivados (tortillas)	< 500.00	897	23.20	12.60
Derivados del trigo (pan y pastas)		210	5.10	0.50
Arroz	550.00 - 900.00	99	1.70	0.50
Maíz y derivados (tortillas)		669	17.3	8.4
Derivados del trigo (pan y pastas)		306	7.40	0.40
Arroz	> 900.00	111	1.90	1.3
Maíz y derivados (tortillas)		524	13.6	5.3
Derivados del trigo (pan y pastas)		381	9.60	0.2
Arroz		117	2.10	0

Fuente: Encuesta Nacional de Consumo Aparente de Alimentos (1991). INE, 1991

6. Disponibilidad aparente de maíz

En el Cuadro 5, se presenta la disponibilidad de maíz en Guatemala en el período 1991-1999. Desde un punto de vista alimentario la disminución de la disponibilidad per cápita de maíz es preocupante ya que conjuntamente con el frijol constituyen la principal fuente de proteína y de carbohidratos en la dieta de los guatemaltecos. De acuerdo al nivel de ingreso económico familiar, el consumo per cápita de maíz en 1991 fue 123 kg/año. Si se dispone de menor nivel de ingreso económico familiar, el consumo per cápita puede hasta duplicarse. Entre las personas más afectadas suelen estar grupos de alta vulnerabilidad, ó en condiciones económicas precarias.

También el déficit en el consumo de los alimentos básicos se refleja en elevados índices de desnutrición en niños menores de cinco años que alcanza un 32.5% como promedio departamental (mínimo 22.1%; máximo 45.6%), siendo más severo en los departamentos con mayor concentración de productores de granos básicos para subsistencia (PNUD, 1999). Los efectos en el medio rural se manifiestan tanto desde el punto de vista del abastecimiento como del acceso a los alimentos. Por un lado, hay menos o ninguna producción reservada para el consumo en finca, en

tanto la cantidad ofrecida de alimentos se reduce. Asimismo, el acceso se ve afectado por el desempleo, la reducción de otras fuentes de ingreso y el aumento de los precios.

Cuadro 5. Porcentaje de grado de dependencia, consumo aparente, producción neta (kg/hab.) y consumo por habitante para el caso del maíz en Guatemala.

Año	Maíz			
	% GD	Consumo aparente (a)	Produc. Neta kg/hab	Consumo por hab
1991	9.5	1103	111.2	122.9
1992	8.0	1201	120.0	130.3
1993	12.1	1204	112.1	127.3
1994	13.9	1101	97.8	113.4
1995	18.1	975	85.1	97.7
1996	19.3	1108	88.7	108.1
1997	25.5	973	76.9	92.5
1998	24.4	1065	75.6	98.6
1999	25.6	1057	72.0	95.3

(a): Producción neta más importaciones menos importaciones (miles de toneladas)

% GD: Porcentaje de grado de dependencia con relación al consumo aparente.

Fuente: CEPAL, 2000. Información Básica del Sector Agropecuario. Subregión norte de América Latina y El Caribe, 1980-1999. Comisión Económica. LC/Mex/L.448. México.

II LA PLANTA DE MAIZ

1. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS, TAXONOMICAS Y BROMATOLOGICAS DEL MAIZ

La diversidad genética del maíz a nivel mundial es amplia. Hay más de 250 razas clasificadas y se encuentran alrededor de 10,000 entradas almacenadas en los principales bancos de germoplasma a nivel mundial. Mesoamérica es considerada centro de origen, donde se cultiva desde las épocas pre-colombinas. En Guatemala se han clasificado 13 razas de maíz, entre las cuáles se pueden mencionar: raza Olotón, San Marceño, Quiché, Naltel, entre otros. Dentro de la diversidad de maíz existen cultivares de menos de 1 m de altura, 8-9 hojas y una madurez de 60 días y otros con más de 5 m de altura, 40-42 hojas y una madurez de 340 días (Fischer y Palmer, 1984). El maíz es una monocotiledonea perteneciente a la familia Graminea, Tribu Maydae, con dos generos: **Zea** (2n=20) y **Tripsacum** (2n=36). El género **Zea** tiene además de la especie *Z. Mays* (maíz común), cuatro especies conocidas como Teosintles (***Z. mexicana***, ***Z. luxurians***, ***Z. diploperennis*** y ***Z. perennis***). Es una graminea anual, robusta, de 1-4 m de altura, determinada, normalmente con un solo tallo dominante, pero puede producir hijos fértiles, hojas alternas en ambos lados del tallo, pubescentes en parte superior y glabras en parte inferior, monoéica con flores masculinas en espiga superior y flores femeninas en jilotes laterales; potándrica con la floración masculina ocurriendo normalmente 1-2 días antes que la femenina, polinización libre y cruzada con exceso de producción de polen: 25-30 mil granos por óvulo, granos en hileras encrustados en el olote, mazorca en su totalidad cubierta por hojas; grano cariopsis; metabolismo fotosintético C4 (Kiesselbach, 1949; Purseglove, 1972; Fisher y Palmer, 1984).

Cuadro 6. **Clasificación Botánica del maíz**

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Subdivisión	Pteropsidae
Clase	Angiospermae
Subclase	Monocotiledoneae
Grupo	Glumiflora
Orden	Graminales
Familia	Graminae
Tribu	Maydeae
Género	Zea
Especie	Mays
Variedades	Diversas

El grano de maíz es una fruta completa (cariopsis) con una semilla. La semilla, que consiste fundamentalmente en el embrión y el endosperma, se encuentra incrustada en el pericarpio, que es parte del ovario. En promedio, el pericarpio ocupa 5.5%, el endosperma 82%, el embrión 11.5% y el pedicelo solamente 1% del total, respectivamente. El grano contiene alrededor de 1.5-1.6% de N, 0.3% de P, 0.35% de K, 0.03% de Ca, 0.12% de S, 0.17% de Mg, correspondiente con 75% de carbohidratos, 10% de proteína, 5% de lípidos y 10% de agua (Kiesselbach, 1949; Purseglove, 1972). El endospermo que forma la mayor parte del grano 80-85% contiene en su superficie una capa llamada aleurona, cuyo espesor está formado por una célula, capa que es muy rica en proteínas y grasas. El contenido de proteína promedio en el maíz es de 8-10%, aproximadamente la mitad o las tres cuartas partes se hallan en la porción de gluten corneo. El germen constituye 10-15% del peso del grano, encierra la quinta parte del total de proteínas del grano entero. El maíz contiene cuatro tipos de proteínas: prolaminas, principalmente en forma de zeína, glubulina, glutelina y albumina. La zeína aporta casi la mitad de la proteína total del grano entero y aproximadamente la mitad de las contenidas en el endospermo. Los hidratos de carbono equivalen a 73% del grano de maíz y está formado por hidratos de carbono bajo la forma de almidón, azúcar y fibra (celulosa). El almidón se encuentra principalmente en el endospermo, el azúcar en el germen y la fibra o celulosa en la cubierta.

2. CRECIMIENTO Y FASES DE DESARROLLO

La planta de maíz presenta diferente comportamiento a las condiciones agroclimáticas. El conocer las características fenológicas establece el marco temporal que forma el rendimiento y sus componentes. Bolaños y Edmeades (1993) indican que en los puntos cardinales de germinación, iniciación floral, floración y madurez fisiológica se delimitan respectivamente las fases vegetativas, reproductiva y de llenado de grano. La duración de cada una de estas fases depende del genotipo, del fotoperíodo y de la temperatura (Edmeades et al 1992 a y b).

2.1 FASE VEGETATIVA

Esta fase se inicia al momento de comenzar el proceso de germinación de la semilla y se establecen las plántulas; se expande el follaje y se forma la capacidad fotosintética del cultivo, la cual controla la producción de biomasa. La biomasa total producida por el cultivo está altamente correlacionada con el tamaño final de la mazorca y en promedio se estima que ésta ocupa el 40% del peso total (Bolaños y Barreto, 1991). Esta relación se conoce como el índice de cosecha (IC)..

2.2 FASE REPRODUCTIVA

En esta fase se elabora el órgano de interés desde el punto de vista de la cosecha: la mazorca y el número de granos por mazorca que constituye la fracción cosechable de la biomasa. En el caso del maíz las flores masculinas se producen en la inflorescencia terminal (espiga) y las flores femeninas en las axilas laterales (mazorcas), por lo que existe una distancia entre ambas y el polen debe viajar una corta distancia para fecundar a los estigmas. Dependiendo de la zona en donde se este desarrollando el cultivo, existe un período que va de uno a dos días, entre la emisión del polen y la salida de los estigmas en la floración. Este período se puede alargar entre 5-8 días para las condiciones del altiplano. La polinización es una fase extremadamente sensitiva al efecto que puedan causar los estreses ambientales tales como la sequía, que puede afectar negativamente al rendimiento. (Bolaños y Edmeades, 1993, a y b).

2.3 FASE DE LLENADO DE GRANO

Esta fase se inicia inmediatamente después de la polinización y determina el peso final del grano y de la mazorca. El peso del grano está correlacionado con la duración y la cantidad de radiación interceptada durante esta fase, y es afectada por estreses hídricos y nutricionales (Fischer y Palmer, 1984). La fase de llenado está marcada por tres fases: 1) Fase de arresto que puede durar de 10 a 20 días; 2) Fase lineal que es la fase de acumulación de materia seca y tiene una duración aproximada 35 días para maíces del Trópico bajo; y 3) Fase de acumulación lenta con una duración de 7 a 14 días que concluye con la aparición de la capa negra y madurez fisiológica. Se denomina que el grano está en la etapa de capa negra”, cuando éste cesa de alimentarse de la planta, formándose una capa de color negro que evita la entrada de nutrientes al grano, aspecto que da nombre a esta fase. La madurez fisiológica se alcanza cuando el grano está cerca de los 32-35% de humedad

3 FASES Y DURACION DEL DESARROLLO DE UNA PLANTA DE MAIZ

Los diferentes genotipos que se cultivan en Guatemala adaptadas a las condiciones agroecológicas del Trópico con humedad favorecida y limitada provienen de poblaciones mejoradas como la Población Tuxpeño, Esto, La Posta y otras. Las plantas provenientes de la población Tuxpeño sembradas en ambiente tropical (23 a 35°C) a los 28 días después de la siembra (dds) suspenden la formación de hojas y el meristemo apical se convierte en la inflorescencia masculina (espiga). En este momento culmina la Fase Vegetativa y se inicia la Fase Reproductiva. La inflorescencia femenina superior (mazorca) se forma aproximadamente a los 38 dds, es decir, de 10 a 11 días después de la iniciación de la espiga. La antesis (emisión de polen) y la salida de los estigmas de las flores femeninas, ocurre cerca de los 55-60 dds y la madurez fisiológica a los 100 dds. En promedio estos genotipos producen 22 hojas, más de 600 óvulos por mazorca a la floración, pero solo se cosechan 450 granos con un peso de 400 mg/grano (Fischer y Palmer, 1984; Bolaños y Edmeades, 1993 a y b).

En la figura 2 se presentan las fases de desarrollo del cultivo del maíz y su duración aproximada para el caso de maíces adaptadas a las condiciones del Trópico Bajo. Se ejemplifica con la Población Tuxpeño cultivada en un ambiente tropical con temperaturas promedio de 23 a 25°C. Los datos observados en las condiciones del Altiplano Medio y Occidental, corresponden a las localidades de Chimaltenango y Quetzaltenango, respectivamente (Fuentes, 2002).

	Fase Vegetativa	Fase Reproductiva			Fase Llenado de Grano	
Trópico Bajo (0-1000 msnm)	G	IE	IJ	A	EE	MF
Días Despues siembra	3	28	38	55	57	100-110
T termal (°Cd)	50-150	350	450	550	550	1650
Duración (días)	28	28-32			55	
Altiplano Medio (1500-2000 msnm)*						
Días Despues siembra	8	50	61	95-100	100	180
Duración (días)	50	45-50			80-85	
Altiplano occidental (>2000 msnm)*						
Días Despues siembra	8-10	55	65	100-110	108-115	200-210
Duración (días)	55	55-60			92-100	

* (Fuentes, 2002) Datos preliminares fisiología Maíces del Altiplano.

Figura 2. Fases de desarrollo de la planta de maíz y su duración aproximada en condiciones del Trópico bajo y Altiplano.

4. ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO

Para el desarrollo normal de la planta de maíz se requieren condiciones climatológicas adecuadas que favorezcan el normal desarrollo. La fenología de la planta de maíz pasa por los siguientes eventos cardinales y el requerimiento de la acumulación de unidades de calor o grados Celsius que se conoce como tiempo Termal. Se presentan las fases de desarrollo y unidades de calor requeridas para condiciones del Trópico Bajo (Edmeades et al, 1992a):

Cuadro 7. Eventos cardinales en la fenología del maíz tropical, rango en tiempo termal para su ocurrencia y comentarios críticos. (Edmeades et al., 1992a).

Evento	Tiempo Termal (°Cd)	Comentarios
Siembra		Inicio de la germinación. Se requiere humedad y temperatura adecuada.
Emergencia	50-150	Emergencia del coleóptilo arriba de la superficie del suelo
Iniciación de hojas	20-24	La semilla trae 5 a 6 hojas iniciadas. Plastocrón es el intervalo de iniciación de hojas sucesivas. Transición de estado fotoinsensitivo a uno fotosensitivo (Inductivo), ocurre 4 días antes que IE.
Iniciación de la espiga	300-400	Ocurre cuando la iniciación de las hojas ha terminado y marca el comienzo de la fase reproductiva. Se retrasa si el fotoperíodo en fase inductiva excede el valor crítico. Ocurre aproximadamente al 40% del tiempo entre emergencia y emisión de los estigmas.
Iniciación de los jilotes	400-500	Meristemos laterales se inician en sucesión acropetal y se convierten en jilotes en sucesión basipetal en las axilas de las hojas excepto las 6-8 hojas superiores. Meristemos inferiores pueden convertirse en hijos.
Emergencia de hojas	34-44	Después de la Iniciación, las hojas crecen hasta que la punta se encuentra visible y luego hasta que está totalmente expandida: Los aurículos y la lígula (el collar) se encuentran visibles.
Emergencia de la espiga		La aparición de la espiga ocurre 40 a 80 °Cd después de la expansión de la última hoja (hoja bandera).
Antesis	500-1100	Cuando las primeras anteras derramando polen se encuentran visibles.
Emisión de estigmas	500-1100	Cuando los primeros estigmas se encuentran visibles. Normalmente ocurre 1-2 días después de la antesis.
Fase lineal de llenado de grano		12-20 días después de la polinización, el llenado de grano comienza la fase lineal de crecimiento. El grano puede acumular 6-7 mg/día durante esta fase.
Grado de lechosidad del grano		Monitoreado con la desaparición de la línea lechosa. Durante esta fase el contenido de humedad del grano es un indicador del desarrollo fenológico.
Madurez fisiológica	1000-2000	Ocurre cuando cesa el aumento de peso de grano y coincide con la formación de una capa negra en la región placentar del grano, 1-2 días después de la desaparición de la línea lechosa y con humedad cerca de 33-35%. La senescencia de las hojas de la mazorca sirve de indicadores visuales.

5. REQUERIMIENTOS PARA EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO

El cultivo del maíz requiere de condiciones mínimas que favorecerán su rendimiento. El conocimiento de los diferentes eventos fenológicos de la planta posibilita entender el marco temporal de la formación del rendimiento y sus componentes. El maíz es una planta anual y determinada por puntos cardinales de la germinación, la iniciación floral, la floración y la madurez fisiológica, delineando receptivamente las fases vegetativa, reproductiva y de llenado de grano. La duración de cada una de estas fases depende del genotipo, del fotoperíodo y de la temperatura.

5.1 Influencia del fotoperíodo en el maíz

El maíz es una planta determinada cuantitativa de días cortos. Esto significa que el progreso hacia floración se retrasa progresivamente a medida que el fotoperíodo excede de un valor mínimo. En general, para la mayoría de germoplasma de maíz tropical el fotoperíodo crítico oscila entre 11 y 14 horas y en promedio 13.5 horas. La mayoría de los materiales tropicales tienen mucha sensibilidad al fotoperíodo que puede influir en el retraso en la iniciación de la espiga (Bolaños y Edmeades, 1993).

5.2 Requerimiento de agua

El requerimiento mínimo que las plantas de maíz necesitan para cumplir las diferentes fases de crecimiento se presenta en el Cuadro 8. La disponibilidad de agua en cantidades adecuadas al requerimiento de la planta, posibilita que el cultivo pueda desarrollarse adecuadamente y que posibilite potenciar rendimiento. La utilización del agua está en función del desarrollo fenológico de la planta y se correlaciona con otras variables muy importantes como lo es la capacidad de campo, evapotranspiración y temperatura. La cantidad de agua accesible al cultivo en un momento dado depende de la profundidad explorada por las raíces, de la cantidad de agua disponible hasta dicha profundidad y de la efectividad con que las raíces pueden extraer la humedad del suelo en los distintos niveles.

En general, el cultivo del maíz dispone de una fase crítica que demandan la mayor cantidad de agua. Este período ocurre durante la fase de pre y post floración. La limitación de agua en esta fase puede afectar negativamente al rendimiento debido al estrés que provoca en la fisiología de la planta. También la falta de agua en las etapas iniciales posterior a la siembra pueden afectar significativamente la población de plantas, lo que causa la muerte de plántulas y por consiguiente pérdida de población que se reflejará en disminución del rendimiento.

El efecto particularmente de la sequía afecta la habilidad de la planta de maíz a producir grano en tres fases críticas del crecimiento vegetativo: a) Al inicio del ciclo de cultivo, en estado de plántula puede matar a estas plantas y reducir la densidad de población; b) En fase de floración y c) en fase de llenado de grano. Se han realizado diferentes estudios en maíces tropicales para simular y cuantificar potencialmente el efecto de la reducción del grano por efecto de sequía. 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. Heisey y Edmeades (1999) informan que el momento crítico de estrés de sequía de maíz se ubica entre los 7 días previos al inicio de la floración y 15 días posterior a esta. En esta etapa la reducción de rendimiento es mayor y puede ser 2 o 3 veces mayor que en otra fase de crecimiento. Se indica también que en esta fase el número de granos puede reducirse hasta en 45%.

El umbral mínimo de precipitación desde el cual puede esperarse cosecha de granos es de 150 mm. Según Lafitte (1994), el maíz necesita por lo menos 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo de cultivo. Sin embargo, aun esa cantidad de lluvia no es suficiente si la humedad no puede ser almacenada en el suelo debido a la poca profundidad de éste o del escurrimiento, o si la demanda evaporativa es muy grande por las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa.

Cuadro 8. Requerimiento hídrico (mm) del maíz

Cultivo	Fase			Total (mm)
	Vegetativa	Floración	Reproductiva	
Maíz	300	200	200	700

5.3 Influencia de la temperatura

El desarrollo vegetativo y reproductivo de la planta de maíz en la zona Tropical esta muy relacionada con la altitud (msnm) en donde se encuentra la plantación. Dependiendo de la ubicación de la zona, esta manifestará diferente comportamiento relacionado a la temperatura ambiental. En Guatemala, la zona del Trópico bajo presenta temperaturas promedio de 25 °C y que pueden manifestar extremos de 35-40°C en ciertos períodos del año. Para las condiciones de altiplanicie, la temperatura promedio es de 18 °C y pueden presentarse temperaturas mínimas cercanas a 0°C en ciertas épocas del año. Localidades con menor temperatura posibilita que el desarrollo vegetativo sea mas largo y viceversa en condiciones de mayor temperatura.

Cuando las condiciones de temperatura es mayor al promedio (>35°C) durante el desarrollo vegetativo y especialmente en la fase de reproducción, posibilita que la planta entre en un proceso de defensa debido al estrés que provoca este efecto y ocurra disminución de la tasa de fotosíntesis, posibilita la reducción del número de óvulos y viabilidad del polen, efecto negativo en la fase de llenado de grano y puede repercutir en pérdida de rendimiento. Lo contrario puede ocurrir al observarse bajas temperaturas que pueden causar daños a la parte vegetativa y reproductiva, por consiguiente también afectar el rendimiento.

5.4 Requerimientos del suelo

El cultivo de maíz se desarrolla bajo diferentes condiciones de suelo. La mayor dificultad de desarrollo del cultivo se encuentran en los suelos excesivamente pesados (arcillosos) y los muy sueltos (arenosos). Los primeros por su facilidad a inundarse y los segundos por la tendencia a secarse excesivamente. Sin embargo, las mejores condiciones se pueden encontrar en suelos que presenten buenas condiciones tales como textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención del agua. El maíz se puede cultivar con buenos resultados en suelos que presenten pH de 5.5 a 8, aunque el óptimo corresponde a una ligera acidez (ph entre 6 y 7). Un pH fuera de estos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia. Con un pH inferior a 5.5, a menudo hay problemas de toxicidad por Al y Mn, con carencias de P y Mg. Con un pH superior a 8 (o superior a 7 en suelos calcáreos), tiende a presentarse carencias de Fe, Mn y Zn. (Lafitte, 1994). El maíz es medianamente tolerante a los contenidos de sales en el suelo o en las aguas de riego. Las sales retrasan la nacencia de las semillas, sin afectar sus porcentajes de emergencia (un contenido de sales totales solubles de 0.5% en el suelo, o bien, 15.3 gr/lt en la solución del suelo). Las plantas mueren cuando la concentración alcanza valores de 1.15% ó 43 gr/lt.

6. ZONAS DE PRODUCCION DE MAIZ

En el país el cultivo del maíz se realiza en diferentes condiciones agroclimatológicas ubicadas entre 0-3000 msnm. La mayor zona de producción se encuentra en el Trópico Bajo que comprende áreas comprendidas entre los 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 Humedad favorecida). En esta zona se ubican áreas de cultivo que corresponden a los departamentos de la zona baja de San Marcos y Quetzaltenango, Retalhuleu, Escuintla, Santa Rosa, algunas zonas de Jutiapa, El Polochic, A.V, Izabal, zona baja de Huehuetenango y Quiché y El Peten.

La zona con limitación de precipitación (Zona de humedad limitada) abarca las diferentes áreas de cultivo que en los últimos años han presentado períodos de sequía recurrente durante el desarrollo del ciclo de cultivo. En esta zona se ubican áreas que corresponden a los departamento de Jutiapa, Chiquimula, Jalapa, Zacapa, El Progreso, Baja Verapaz, algunas zonas de sequía ubicadas en Quiché, Huehuetenango y El Petén. Así mismo, en los últimos años se ha identificado como zona con problema de sequía una franja de 15 km a lo largo del Océano Pacífico que incluye áreas maiceras de los departamentos de San Marcos, Reetalhuleu, Suchitepequez y Escuintla.

En la zona del Altiplano se encuentran el área maicera ubicada a mayor de 1500 msnm. El área de producción se estima en 224,000 ha (32%). Esta zona presenta diversidad de condiciones agroecológicas relacionadas a altitud, temperatura y precipitación. Incluye áreas maiceras correspondientes a los departamentos de Guatemala, Sacatepequez, Chimaltenango, Quiché, Sololá, Totonicapan, Quetzaltenango, San Marcos, Huehuetenango y algunas localidades ubicadas en Jalapa.

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 (ICTA, 200).

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) para fines de ubicación geográfica, rango de adaptación y condiciones agroclimatológicas, agrupa el área maice tres principales zonas que se describen en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Zonas agroecológicas productoras de maíz en Guatemala

Zona	Area (ha)	%	Altitud (msnm)	Descripción
Trópico con humedad favorecida	301,000	43	0-1400	Precipitación relativamente uniforme
Trópico con humedad limitada	175,000	25	0-1400	Precipitación deficiente y errática
Altiplano (Central y Occidental)	224,000	32	1400-3000	Precipitación relativamente uniforme

Fuente: Sub-Programa Maíz, 2000.

7. DESARROLLO DE VARIEDADES E HIBRIDOS DE MAIZ

El ICTA ha desarrollado diferentes alternativas tecnológicas a través de la aplicación del fitomejoramiento genético, lo que posibilita el disponer de variedades e híbridos de maíz adaptados a diferentes condiciones agroecológicas del país. La semilla obtenida de este proceso de mejoramiento constituye un insumo estratégico que proporciona las mejores tasas de retorno a capital comparada con otras tecnologías utilizadas en el proceso de producción del cultivo. Además, esta tecnología puede incluir genes que proporcionan tolerancia a determinado estrés clasificado como factor biótico (plagas ó enfermedades) o abiótico (sequía, suelos ácidos) que afecte el potencial de rendimiento.

La orientación del trabajo de investigación en el área de fitomejoramiento ha enfatizado en el desarrollo de las tecnologías:

7.1 Variedad de Polinización Libre (VPL)

Representa la fracción superior de líneas o familias (6-10) que provienen de una población en mejoramiento y que al recombinarse proporcionan plantas con características definidas en relación a sus características agronómicas, tipo de grano, textura de grano, adaptación agroecológica.

7.2 Híbridos de maíz

Se define como el cruzamiento de dos progenitores genéticamente distintos. La F1 producto de este cruzamiento posibilita producir el efecto de "vigor híbrido o heterosis" que equivale al incremento cuantitativo o cualitativo de alguna característica agronómica respecto a sus progenitores.

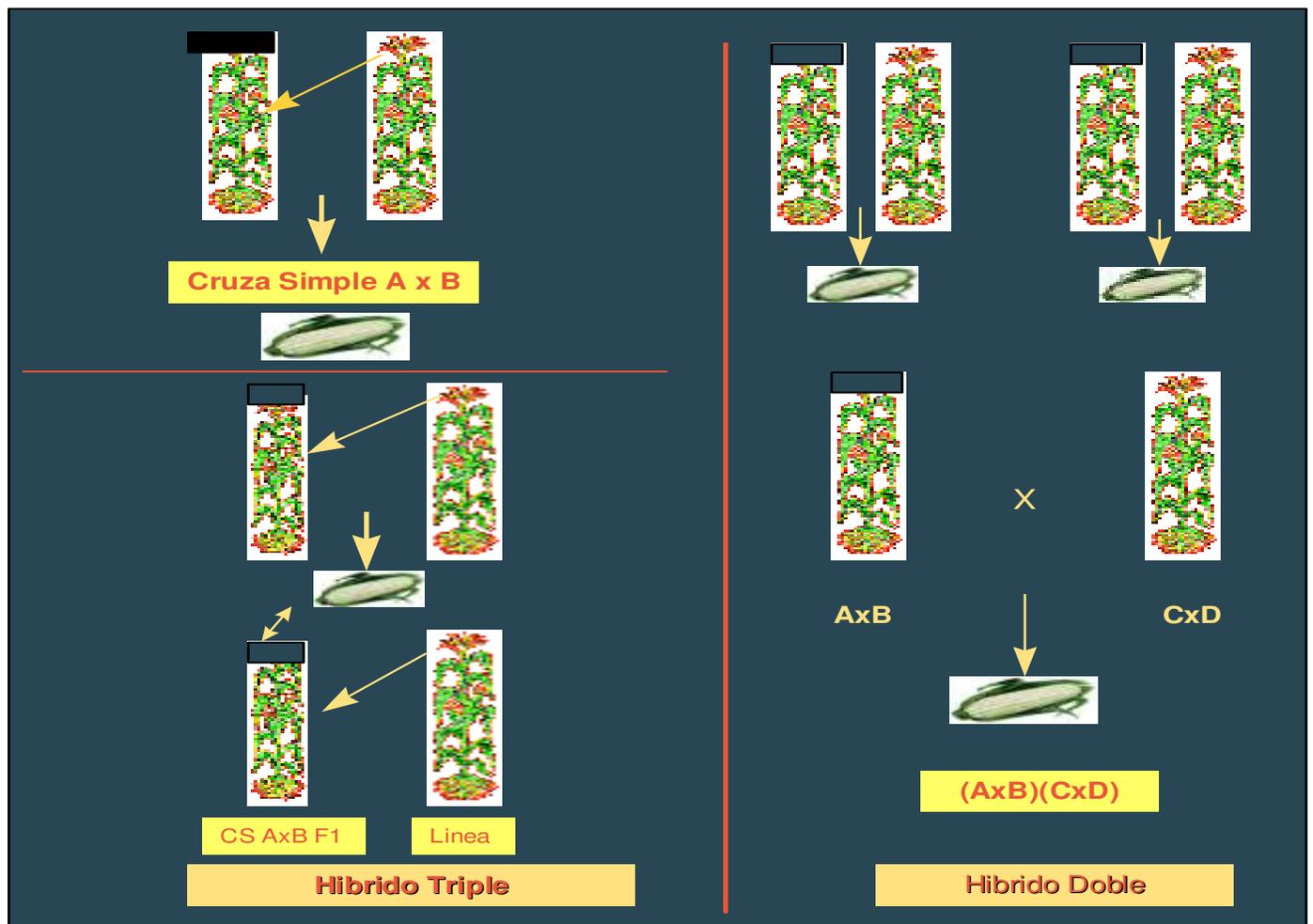
De acuerdo al número de progenitores que conforman a los híbridos, estos pueden clasificarse en:

- 7.2.1. Simples: Cuando participan dos progenitores (A y B)
- 7.2.2. Triples: Están constituidos tres progenitores (AxB) x C.
- 7.2.3. Dobles: Están constituidos por cuatro progenitores (AxB) (CxD).

De acuerdo a la conformación de los progenitores de los híbridos, estos se pueden clasificar en:

- 7.3.1 Híbridos convencionales: Cuando la composición de los progenitores del híbrido está constituido por líneas endogámicas.
- 7.3.2 Híbridos no convencionales: Cuando la composición de los progenitores del híbrido está constituido por variantes, tales como variedad x variedad; Cruza simple con líneas endogámicas x variedad; variedad x línea endogámica.

Tipos de híbridos de maíz de acuerdo al número de progenitores



III. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

1. GENOTIPOS RECOMENDADOS

El maíz se cultiva bajo diferentes condiciones de adaptación agroecológica. La zona del Trópico Bajo corresponde a una de las principales zonas del cultivo, y comprende diferentes áreas maiceras que se cultivan a una altitud entre cero a 1,400 metros sobre el nivel del mar –msnm-. En esta zona, se ubican diferentes localidades que corresponden a los departamentos localizados en la Costa Sur-occidental, Sur-oriental, Oriente y Norte del país, presentan condiciones adecuadas para la realización del cultivo. El ICTA ha desarrollado para esta zona variedades de polinización libre (VPL) e híbridos de grano blanco y amarillo, con amplia adaptación agroecológica y potencial de rendimiento. Su utilización depende de la preferencia y condiciones agrosocioeconómicas de los productores, y constituyen alternativas tecnológicas que favorecen a mejorar la producción y productividad.

Para la zona del Altiplano del país que corresponde a nichos altitudinales entre 1500 y 3000 msnm, se presentan diversidad de condiciones agroecológicas en relación a la temperatura, humedad relativa y precipitación que determina la adaptación y ciclo de crecimiento de la planta de maíz. Los genotipos desarrollados para esta zona presentan rangos de adaptación y ciclo de madurez específicos que determina su área de siembra.

1.1. Genotipos de maíz para la zona del Trópico Bajo

1.1.1 Variedades de Polinización Libre (VPL) de grano blanco y amarillo

El ICTA ha desarrollado diferentes variedades adaptadas a zonas de trópico bajo, actualmente es la semilla que se encuentra disponible a nivel de mercado. Se describen en términos generales las características agronómicas y su potencial de rendimiento.

▪ ICTA B-1

Variedad de grano blanco, cuya altura de planta y la posición de la mazorca es de aproximadamente 2.20 y 1.20 metros, respectivamente. El grano es de textura dentada. Por la buena posición de la mazorca y desarrollo radicular posibilita ser menos afectada por fuertes vientos que causan el acame de plantas. Las plantas se pueden doblar a los 90 días y cosechar a los 120 días. El rendimiento comercial promedio es de 60 quintales por manzana, dependiendo de las condiciones ambientales y manejo agronómico. Bajo condiciones de riego y buen manejo agronómico esta variedad puede tener potencial de producción hasta de 90 quintales por manzana.

▪ ICTA LA MAQUINA 7422

Variedad de grano blanco, cuya altura de planta y la posición de la mazorca es de aproximadamente 2.20 y 1.20 metros, respectivamente. El grano es de textura semi-cristalina. Por la buena posición de la mazorca y desarrollo radicular posibilita ser menos afectada por fuertes vientos que causan el acame de plantas. Las plantas se pueden doblar a los 90 días y cosechar a los 120 días. El rendimiento comercial promedio es de 60 quintales por manzana, dependiendo de las condiciones ambientales y manejo agronómico. Esta variedad presenta buen comportamiento en zonas de alta precipitación pluvial

- **ICTA B-5**

Variedad de grano blanco, cuya altura de planta y la posición de la mazorca es de aproximadamente 2.10 y 1.20 metros, respectivamente. El grano es de textura cristalina. Esta variedad es de ciclo precoz y está recomendada para áreas de escasa precipitación o de mala distribución de la lluvia. Las plantas se pueden doblar a los 80 días y cosechar a los 95 días. El rendimiento comercial promedio es de 40 quintales por manzana, dependiendo de las condiciones ambientales y manejo agronómico. Esta variedad se adapta a condiciones de siembra en asocio con frijol y sorgo.

- **ICTA A-6**

Variedad de grano amarillo, cuya altura de planta y la posición de la mazorca es de aproximadamente 2.00 y 1.10 metros, respectivamente. El grano es de textura semi-cristalino. Esta variedad se recomienda para áreas de escasa precipitación o mala distribución de la lluvia por ser una planta precoz. El ciclo de cultivo de la siembra a la cosecha es de 90 días. El rendimiento comercial promedio es de 60 quintales por manzana, dependiendo de las condiciones ambientales y manejo agronómico. Esta variedad puede sembrarse en asocio o relevo con los cultivos de ajonjolí o sorgo y su producción es importante para la industria de concentrados.

b. Híbridos de maíz de grano blanco y amarillo

- **ICTA HB-83**

Híbrido doble de grano blanco, cuya altura de planta y la posición de la mazorca es en promedio de 2.30 y 1.25 metros, respectivamente. El grano es de textura semidentada. Por la buena posición de la mazorca y desarrollo radicular posibilita ser menos afectada por fuertes vientos que causan el acame de plantas. Las plantas se pueden doblar a los 90 días y cosechar a los 120 días. El rendimiento comercial promedio es de 70 quintales por manzana, dependiendo de las condiciones ambientales y manejo agronómico. Bajo condiciones de riego y buen manejo agronómico, este híbrido puede tener potencial de producción hasta de 100 quintales por manzana.

ICTA HB-83 Mejorado

Híbrido doble de grano blanco, cuya altura de planta y la posición de la mazorca es en promedio de 2.11 y 1.24 metros, respectivamente. El grano es de textura semidentada. Por la buena posición de la mazorca y desarrollo radicular posibilita ser menos afectada por fuertes vientos que causan el acame de plantas. Las plantas se pueden doblar a los 90 días y cosechar a los 120 días. El rendimiento comercial promedio obtenido a través de parcelas de validación en el 2002 fue 78 quintales por manzana, dependiendo de las condiciones ambientales y manejo agronómico. Este híbrido superó en rendimiento al HB83 en 17%. Bajo condiciones de riego y buen manejo agronómico, este híbrido puede tener potencial de producción hasta de 100 quintales por manzana. Este híbrido a partir del 2003 estará sustituyendo al HB-83, debido a que presenta mejores características agronómicas tanto a nivel del híbrido comercial como también en los progenitores que conforman este genotipo y que favorecen a mejorar la producción y productividad en el proceso de formación de semilla certificada.

- **ICTA HB-PROTICTA**

Híbrido de grano blanco con textura semicristalina. Este híbrido de maíz presenta la ventaja de disponer de mejor calidad de proteína debido a la mayor presencia de los aminoácidos de lisina y triptófano en relación al maíz común, lo que posibilita proporcionar mejor contenido nutricional al consumidor. Las características agronómicas en relación a la altura de la planta y de la mazorca son 2.35 y 1.15 metros, respectivamente. Las plantas se pueden doblar a los 90 días y cosechar a

los 120 días después de la siembra. El rendimiento comercial promedio es de 70 quintales por manzana, dependiendo de las condiciones ambientales y manejo agronómico. Bajo condiciones de riego o en localidades de mayor altitud sobre el nivel del mar y buen manejo agronómico, este híbrido puede tener potencial de producción hasta de 100 quintales por manzana. Otra ventaja que dispone este genotipo es su potencial de uso para alimentación de aves y cerdos a través de raciones balanceadas o uso directo del grano, lo cuál favorece a mejorar la nutrición para este tipo de especies y posibilita disminuir costos de producción.

▪ **HA-46**

Es un híbrido de grano amarillo. El grano es de textura semi-dentado, las mazorcas son cilíndricas y uniformes. La altura de la plantas y de la mazorca son 2.20 y 1.30 metros, respectivamente, y posee un buen desarrollo radicular, lo cual lo hacen resistente a los vientos fuertes. Su ciclo de siembra a cosecha es de 115 días y tiene un rendimiento comercial de 65 quintales por manzana, dependiendo de las condiciones ambientales y manejo agronómico. Bajo condiciones de riego y buen manejo agronómico, este híbrido puede tener potencial de producción hasta de 90 quintales por manzana.

▪ **HA-48**

Es un híbrido de grano amarillo. El grano es de textura semi-dentado, las mazorcas son cilíndricas y uniformes. La altura de la plantas y de la mazorca son 2.20 y 1.35 metros, respectivamente y posee un buen desarrollo radicular, lo cual lo hacen resistente a los vientos fuertes. Su ciclo de siembra a cosecha es de 115 días y tiene un rendimiento comercial de 70 quintales por manzana, dependiendo de las condiciones ambientales y manejo agronómico. Bajo condiciones de riego y buen manejo agronómico, este híbrido puede tener potencial de producción hasta de 90 quintales por manzana.

1.2 Genotipos para la zona del Altiplano

1.2.1 Variedades de Polinización Libre (VPL) de grano blanco y amarillo

ICTA Compuesto Blanco

Es una variedad de grano blanco dentado, de la cual se pueden utilizar las hojas y los tallos, para alimentar al ganado en el verano. Tiene un ciclo de 225 días, la altura de la planta y de la mazorca es de 2.25 y 1.25 metros, respectivamente. El rendimiento promedio esta entre 70 y 80 quintales por manzana, más o menos, de cuatro a cinco quintales por cuerda de 25 varas, dependiendo del manejo agronómico y condiciones agroclimáticas en la zona. Esta variedad se adapta a altitudes entre 2100-2400 msnm.

ICTA San Marceño Mejorado

Es una variedad de maíz de polinización libre (VPL) de grano amarillo. Esta nueva variedad es un logro obtenido a través del mejoramiento genético que incluye la utilización de germoplasma de maíz proveniente de la raza “San Marceño” e incorporación de accesiones de germoplasma mejorado superior que favorece a su amplia adaptación agroecológica para condiciones del Altiplano de Guatemala que es la principal limitante para esta zona.

La variedad “ICTA San Marceño Mejorado” fue evaluada en diferentes localidades y ambientes contrastantes de la zona maicera del Altiplano Guatemalteco, comprendida entre altitudes de 1800-2800 msnm. Presenta excelente arquitectura de planta y porte bajo, buen potencial de rendimiento y características agronómicas deseables, tales como: tolerancia al acame de tallo y de raíz que posibilita ser menos afectada por la incidencia de fuertes vientos, tolerancia a enfermedades foliares y de la mazorca que superan a los mejores testigos convencionales.

A través de la evaluación de la variedad “ICTA San Marceño Mejorado” en parcelas de los agricultores, permitió comprobar su amplia adaptación a las diferentes altitudes y aceptación por parte de los potenciales usuarios por las ventajas comparativas de las características agronómicas en general. Además, esta variedad se adapta a los diferentes sistemas de siembra que practican los agricultores del altiplano, tales como siembras en monocultivo y en asocio.

Promedio de características agronómicas Variedad “ICTA San Marceño Mejorado”

Rendimiento	84 qq/mz
Color de grano	Amarillo
Tipo de grano	Dentado
Días a floración	115
Días a cosecha	210
Altura de planta	233 cm
Altura de mazorca	103 cm
Densidad de siembra	35-39,000 pl/mz
Siembra primera	Marzo-abril
Siembra segunda	Mayo

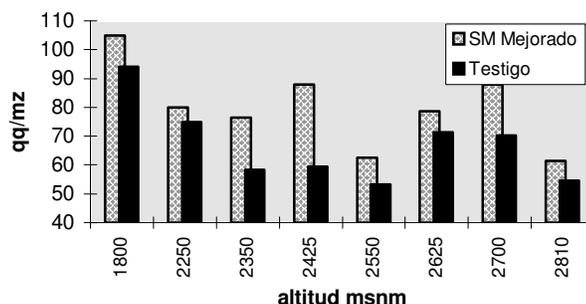


Figura 3. Comportamiento del rendimiento (qq/mz) a través de diferentes altitudes (msnm)

ICTA San Marceño

Es una variedad de grano amarillo dentado, a la cual se le han practicado más de 10 ciclos de selección. Esta variedad se puede cosechar a los 210 días. Tiene un altura de planta de 2.25 metros y una altura de mazorca de 1.25 metros, lo que sumado a su tallo vigoroso, la hacen resistente al volcamiento. Se pueden obtener rendimientos de entre 70 y 80 quintales por manzana, más o menos, de cuatro a cinco quintales por cuerda de 25 varas, dependiendo del manejo agronómico y condiciones agroclimáticas en la zona. Se recomienda para los municipios de Salcajá, Cantel, La Esperanza, Olintepeque, San Mateo, Cajolá, San Miguel Sigüilá, San Juan Ostuncalco y Concepción Chiquirichapa, cuya altura está comprendida entre 2,200 a 2,400 metros sobre el nivel del mar.

ICTA Chivarreto

Es una variedad cuyo ciclo de siembra a cosecha es de 210 días similar al de las variedades criollas, por lo que al igual que ellas, escapa al peligro de las heladas tempranas. Es altamente productora, con mazorca de tamaño regular y granos semi cristalinos de color amarillo. Tiene un

rendimiento entre 60 y 70 quintales por manzana (4-5 quintales por cuerda de 25 varas), dependiendo del manejo agronómico y condiciones ambientales de la zona. Esta variedad se recomienda para los municipios de Cabricán, Huitán, San Carlos Sija, La Unión, Sibilia y San Francisco el Alto, cuya altura está comprendida entre 2,500 a 2,700 metros sobre el nivel del mar.

ICTA Toto Amarillo

Su grano es de color amarillo, semicristalino, tiene un ciclo de siembra a cosecha de 240 días (8 meses) y una altura de planta y de la mazorca de 2.10 y 1.10 metros, respectivamente. Su rendimiento está entre 70 y 80 quintales por manzana, más o menos de cuatro a cinco quintales por cuerda de 25 varas, dependiendo del manejo agronómico y condiciones agroclimáticas en la zona. Esta variedad se recomienda para los municipios de San Cristobal, Totonicapán y el valle de Quetzaltenango. cuya altura está comprendida entre 2,200 y 2,400 metros sobre el nivel del mar.

Guateian Xela

Su grano es de color amarillo dentado, precoz, con un ciclo de siembra a cosecha de 210 días (siete meses). Tiene una altura de planta y de la mazorca de 2.25 y 1.25 metros, respectivamente. Es especial para siembras tardías y tiene un rendimiento entre 60 y 70 quintales por manzana, más o menos, cuatro quintales por cuerda de 25 varas, dependiendo del manejo agronómico y condiciones agroclimáticas en la zona. Se recomienda principalmente para el Valle de Quetzaltenango.

ICTA V-301

Su grano es de color blanco dentado, con un ciclo de siembra a cosecha de 190 días (seis meses). Tiene una altura de planta y de la mazorca de 2.35 y 1.30 metros, respectivamente. Tiene un rendimiento entre 60 y 70 quintales por manzana, dependiendo del manejo agronómico y condiciones agroclimáticas en la zona. Se recomienda principalmente para el Valle de Chimaltenango y localidades comprendidas entre 1500-1900 msnm.

ICTA V-302

Su grano es de color amarillo dentado, con un ciclo de siembra a cosecha de 190 días (seis meses). Tiene una altura de planta y de la mazorca de 2.40 y 1.35 metros, respectivamente. Tiene un rendimiento entre 60 y 70 quintales por manzana, dependiendo del manejo agronómico y condiciones agroclimáticas en la zona. Se recomienda principalmente para el Valle de Chimaltenango y localidades comprendidas entre 1500-1900 msnm.

ICTA V-304

Su grano es de color amarillo dentado, con un ciclo de siembra a cosecha de 210 días (siete meses). Tiene una altura de planta y de la mazorca de 2.40 y 1.30 metros, respectivamente. Tiene un rendimiento entre 60 y 70 quintales por manzana, dependiendo del manejo agronómico y condiciones agroclimáticas en la zona. Se recomienda principalmente para localidades ubicadas en los municipios de Patzicia, Patzun, Tecpan Guatemala, y en general localidades comprendidas entre 1900-2100 msnm.

ICTA V-305

Su grano es de color blanco dentado, con un ciclo de siembra a cosecha de 210 días (siete meses). Tiene una altura de planta y de la mazorca de 2.40 y 1.35 metros, respectivamente. Tiene un rendimiento entre 60 y 70 quintales por manzana, dependiendo del manejo agronómico y condiciones agroclimáticas en la zona. Se recomienda principalmente para localidades ubicadas en los municipios de Patzicia, Patzun, Tecpan Guatemala, y en general localidades comprendidas entre 1900-2100 msnm.

ICTA Don Marshall Blanco y Amarillo

Estas dos variedades presentan grano de color blanco y amarillo dentado, respectivamente, con un

ciclo de siembra a cosecha de 150-160 días (cinco meses). Tiene una altura de planta y de la mazorca de 2.10 y 1.15 metros, respectivamente. Tiene un rendimiento entre 60 y 70 quintales por manzana, dependiendo del manejo agronómico y condiciones agroclimáticas en la zona. Estas variedades por ser de ciclo precoz se recomienda para intercalar con hortalizas, posibilita siembras tardías. Se recomienda principalmente para localidades ubicadas en los municipios de Patzicía y Chimaltenango y en general localidades comprendidas entre 1400-2100 msnm.

2. Clasificación de la semilla por su tamaño

A nivel comercial existen diferentes categorías de semillas que pueden utilizarse para la siembra de maíz. El tamaño uniforme del grano facilita la eliminación de granos quebrados y los granos que no tienen el mismo peso específico que los granos normales. Si la semilla está clasificada de acuerdo con las normas internacionales de clasificación, el agricultor puede sembrar uniformemente la población óptima de plantas por área. En muchos casos existe la duda de que pasará cuando se siembran granos pequeños ó redondos. La respuesta es que no pasará nada que pueda afectar el potencial del rendimiento de la variedad o híbrido a utilizar. Todos los granos clasificados de acuerdo a las normas internacionales, reproducen la misma información genética y por consiguiente plantas similares. La principal diferencia que puede ocurrir al disponer de diferente tamaño y clasificación de la semilla, es decir utilizar semilla pequeña y redonda (R-17) y una producida a partir de semilla plana y grande (P-24), es el vigor que esta puede presentar al momento de la siembra, debido a disponer de mayor reserva esta última clasificación de semillas al momento de la germinación. Esta situación puede ser favorable sobretodo en siembras de temporal que puede favorecer a soportar diferente estrés en las etapas iniciales de crecimiento, especialmente bajo condiciones de sequías. Si al momento de la siembra, se dispone de suficiente humedad en el suelo y condiciones que favorezcan la normal germinación, cualquier categoría de semilla presenta similitud comportamiento.

La clasificación de la semilla dispone de diferentes categorías de tamaño de grano que se realiza en diferentes tamices y mantienen una diferencia máxima de 2/64 avos de pulgada entre ellos. Los tamaños mayores se presentan en las zarandas 24/64 avos de pulgada, las zarandas para los tamaños intermedios están ubicados entre 18/64 y 22/64 avos y para el grano pequeño, 17/64 avos de pulgada.

Categorías de grano en una mazorca normal

	}	Granos redondos, pequeños y medianos: (R-15); (R-16); (R-17); (R-18) y (R-19)
	}	Granos planos pequeños: (P-15); (P-16) y (P-17)
	}	Granos planos medianos: (P-18) y (P-19)
	}	Granos planos grandes: (P-20); (P-21); (P-22); (P-23); (P-24) y (P-25)
	}	Granos planos gruesos: (PG-20); (PG-21); (PG-22) y (PG-23)
	}	Granos planos: (P-22); (P-23); (P-24) y (P-25)
	}	Granos planos gruesos: (PG-22); (PG-23); (PG-24)
	}	Granos redondos: (R-18); (R-19); (R-20); (R-21) y (R-22)
	}	Granos redondos grandes: (R-20); (R-21); (R-22); (R-23) y (R-24).

3. Prácticas agronómicas

El manejo agronómico del cultivo depende de la zona en donde se realiza la actividad y está influenciada por aspectos climatológicos (precipitación, humedad relativa, temperatura), altitud sobre el nivel del mar, topografía, épocas de siembra y aspectos socioeconómicos de los agricultores. Esta situación provoca variabilidad en los componentes del rendimiento que influyen significativamente a través de localidades (Bolaños, et al, 1997). Se presentan alternativas tecnológicas factibles de utilizar en los diferentes sistemas de producción de maíz a nivel nacional.

3.1 Condiciones del Trópico Bajo (0-1400 msnm)

3.1.1. PREPARACION DEL TERRENO

Se puede realizar de acuerdo a las siguientes alternativas:

a. Labranza convencional: Es la práctica tradicional con la utilización de maquinaria agrícola o tracción animal para la realización de las diferentes tareas agrícolas. Esta práctica agronómica, consiste en la realización de un paso de arado y dos pasos de rastra. También se puede utilizar el uso de un paso de rastra pesada (row-plow) y dos pasos cruzados de rastra liviana. Posterior a la labranza convencional, se realiza el surqueo que puede efectuarse con maquinaria o implementos de tracción animal, se realizar la siembra.

b. Labranza de conservación: Es una tecnología que contribuye a la conservación del suelo a través del manejo de residuos del cultivo anterior o rastrojos como mantillo superficial. Esta práctica no requiere de la remoción del suelo. Bajo este sistema se identifican dos alternativas:

b.1 -Labranza Mínima: En este tipo de labranza se consideran todas aquellas que incluyen una o más operaciones mecánicas sin incorporación total del rastrojo o residuo superficial. Previo a la siembra se destruye la maleza presente en el terreno. Se aplica un herbicida quemante para el control de la maleza.

b.2 Labranza Cero: Con esta labranza solo se prepara una franja angosta ó corte hecho por los discos de la máquina sembradora o por la punta del chuzo. Una semana antes de la siembra, el terreno es chapeado de manera manual (machete) o mecánica (chapeadora). Al momento de la siembra se aplica herbicida quemante.

3.1.2 Análisis de suelo

Se recomienda previo a realizar la siembra la toma de una muestra de suelo que sea representativa del área en donde se realizará la siembra de maíz. El muestreo se realizará a una profundidad de 20 cm y en zig-zag. El muestreo debe de considerar 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. En cada área a muestrear deben de considerarse varias sub-muestras (5-10) y a partir de estas sub-muestras conformar una muestra compuesta. Inmediatamente de realizar el muestreo del suelo, conducir la muestra al laboratorio de suelo para el análisis respectivo. Los resultados del análisis de laboratorio permitirán planificar las fertilizaciones y ser más eficientes en el uso

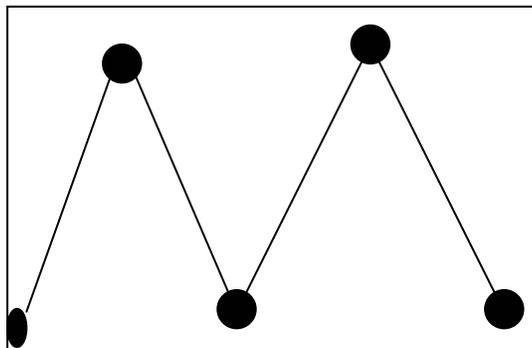


Figura 3. Representación gráfica de la dirección de toma de muestra del suelo tipo zig-zag.

3.1.3. EPOCA DE SIEMBRA:

Para la zona del Trópico bajo del país, se marcan dos épocas de siembra. La de primera, que se realiza durante mayo a junio que constituye la principal época de siembra y la de segunda en

septiembre. Para el caso particular de zonas con áreas húmedas, por ejemplo el parcelamiento Nueva Concepción, Escuintla, se recomiendan dos épocas de siembra una en los meses de marzo y abril (siembra de fuego) y otra en época de temporal. En zonas en donde se dispone de riego es factible la siembra en cualquier época del año.

3.1.3 Tratamiento a la semilla

Debido a problemas de plagas en el suelo que afectan el comportamiento de la germinación y estado de plántula de la semilla de maíz en las etapas iniciales del ciclo de cultivo y que incide negativamente en disponer de menor población de plantas por unidad de área, se recomienda aplicar producto químico insecticida que posibilita proteger a la semilla a partir del momento de la siembra y 10-15 días posteriores. Esta práctica favorece a disminuir la pérdida de plantas y favorece a disponer de buen vigor en la germinación. A nivel comercial existen diferentes opciones, entre las cuales se pueden mencionar a: Semevin, Barredor y Marshall. Se recomienda atender las recomendaciones del fabricante referente a la dosis y modo de aplicación previo a su uso en la semilla.

3.1.4 DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRA

El disponer de nuevos genotipos de maíz posibilita el disponer que estos materiales puedan tolerar mayores densidades de siembra que es una cualidad de los genotipos modernos que pueden contribuir al aumento del rendimiento. Bolaños y Barreto (1991), indican que una de las razones fundamentales de los bajos rendimientos de maíz en condiciones tropicales está relacionada a bajas densidades. La densidad ideal en la cosecha para un genotipo, es aquella que produce el mayor rendimiento de grano cuando el cultivo se desarrolla en condiciones favorables sin limitaciones de suelo y clima, situación poco frecuente en los campo de los productores.

De acuerdo a diferentes evaluaciones se han encontrado densidades óptimas que favorecen a que los genotipos puedan mostrar su potencial de rendimiento y puedan adaptarse a las condiciones de manejo de los agricultores.

Para siembras manuales, las distancias recomendadas son de 75 a 80 centímetros (cm.) entre surcos y 40-50 centímetros por postura, colocado dos y tres granos por postura en forma alterna. Bajo este sistema, se necesitan 25 ó 30 libras de semilla por manzana. 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.

Cuadro 10. Densidad de plantas por hectárea y manzana resultante de la combinación de distancias entre plantas y surcos.

No. Plantas por		Distancias entre surcos (cm)	
		75	80
Ha	Mz	Distancia entre posturas (cm)*	
53,333	37,322	50	47
57,000	39,888	46	44
60,000	41,987	44	42

* = 2 plantas por postura

3.2 Condiciones del Altiplano (1400-3000 msnm)

3.2.1. PREPARACION DEL TERRENO

Esta práctica varía a través de las localidades ubicadas en la zona de altiplanicie. Si la forma de preparar es mecanizada, se requerirá del paso de arado y dos de rastra en forma cruzada, a 25 centímetros de profundidad. Generalmente, la mayor parte del área maicera en esta zona se realiza

de manera. Si es manual, se recomienda un picado del terreno a 30 centímetros de profundidad, prepare camellones y realice el picado en el mes de enero lo que permite disponer de humedad residual.

3.2.2. EPOCA DE SIEMBRA:

Para la zona del Altiplano del país, se realizan diferentes épocas de siembra. Estas varían en función de la altitud, inicio del ciclo de lluvia, disponibilidad de humedad residual, ciclo de cultivo 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

3.2.3. Siembra

Para realizar la siembra, cave cuidadosamente con azadón hasta encontrar la humedad residual, separe la tierra seca de la tierra húmeda, luego aplique la materia orgánica y encima de ésta una capa de tierra húmeda, deposite el grano cúbralo con tierra húmeda desmenuzada. De esta forma facilitará la germinación del grano.

3.2.4 Control de plagas del suelo

Al igual que en la zona del Trópico Bajo, las localidades ubicadas en el Altiplano presentan similar problemática debido a la presencia de plagas en el suelo, que afectan el comportamiento de la germinación y estado de plántula de la semilla de maíz en las etapas iniciales del ciclo de cultivo y que incide negativamente en disponer de menor población de plantas por unidad de área. Se recomienda realizar la aplicación de producto químico insecticida que posibilita proteger a la semilla a partir del momento de la siembra y 20-25 días posteriores. Esta práctica favorece a disminuir la pérdida de plantas y favorece a disponer de buen vigor en la germinación. A nivel comercial existen diferentes opciones, entre las cuales se pueden mencionar a: Semevin, Barredor y Marshall. Se recomienda atender las indicaciones del fabricante referente a la dosis y modo de aplicación previo a su uso en la semilla. También se recomienda el uso de insecticidas granulados, una opción a nivel de mercado es el Volaton granulado 5%. Se aplicaran 5-6 lbs/cuerda (80-100 lbs/mz).

3.2.5 DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRA

De acuerdo a diferentes evaluaciones se han encontrado densidades óptimas que favorecen a que los genotipos puedan mostrar su potencial de rendimiento y puedan adaptarse a las condiciones de manejo de los agricultores.

Para siembras manuales, las distancias recomendadas son un metro entre surcos y 80 centímetros por postura, colocar 4 granos por postura. Otras zonas utilizan 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.

4. Manejo de la fertilización

El maíz es exigente en los principales nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y azufre. En la mayoría de los suelos en donde se cultiva esta planta no es necesario aplicarle elementos menores tales como cobre, zinc, boro, hierro, magnesio y molibdeno, debido a que por lo general los suelos del país disponen de estos elementos ó porque la demanda de los mismos es mínima.

4.1. Nitrógeno (N)

El maíz absorbe la mayor parte del nitrógeno en forma nítrica (NO₃), si bien, cuando la planta es joven las raíces pueden tomar del suelo más rápidamente las formas amoniacales. Inicialmente la absorción del N por parte de las plantas se realiza de a un ritmo lento, pero cuando se aproxima el momento de la floración, la absorción de N crece rápidamente. Las deficiencias de este elemento se observan inicialmente como una clorosis marcada en las hojas más viejas de la planta y que se encuentran ubicadas debajo de la mazorca principal, si la deficiencia es severa las mismas llegan a cercarse prematuramente.

4.2. Fósforo (P)

La cantidad de fósforo presente en las plantas vivas es aproximadamente una décima parte de la del nitrógeno. Su presencia en el suelo en forma asimilable es de gran importancia en los estados de crecimiento vegetativo y cuando las raíces son pequeñas que no pueden llegar a las reservas de P del suelo, compiten en desventaja con los microorganismos con los microorganismos. Una deficiencia de P en las etapas iniciales causará una formación deficiente de los órganos reproductores. Este elemento contribuye en el metabolismo de la planta joven una mejor utilización del N. La cantidad de P extraída por las plantas en condiciones normales de cultivo se acerca a los 10 kg por tonelada de grano cosechada. La deficiencia de fósforo en la planta, causa enrojecimiento de las hojas y produce mazorcas pequeñas, torcidas, falta de granos debido a que la deficiencia de fósforo interfiere con la polinización y por consiguiente granos poco desarrollados.

4.3 Potasio (K)

El contenido de potasio en los tejidos de la planta depende principalmente de su edad. Las plantas jóvenes de maíz pueden tener entre un 4-6% de K₂O sobre materia seca. En la planta adulta el porcentaje normal disminuye hasta un 2%. La velocidad de absorción del K por la planta es algo superior a la del N. La mayor parte de todo el K que necesita el maíz lo toma en los primeros 80 días de la planta. No obstante, en el primer mes, la velocidad de absorción potásica es relativamente lenta. Aunque el largo de la mazorca puede ser normal, los granos son pequeños y la punta de la mazorca es cónica, a veces faltan granos en la punta.

4.4 Azufre (S)

El contenido de azufre en los tejidos vegetales es similar al del fósforo. Las necesidades del azufre son pequeñas comparadas con las de otros elementos principales. La deficiencia de este nutriente se observa como una clorosis general o en ocasiones una clorosis intervenal de las hojas más nuevas de la planta. Al ocurrir deficiencia de azufre afecta la absorción de nitrógeno y provoca que la mazorca se quede pequeña y no llena adecuadamente.

4.5 Criterios para la aplicación de nutrientes en el maíz

A través de diferentes evaluaciones realizadas en el Sub-Programa de Maíz en diferentes localidades de la zona del Trópico Bajo de Guatemala se ha generado información confiable que sirve de base para la interpretación y recomendación de fertilizantes para el cultivo del maíz. Así mismo, se ha documentado que la eficiencia de uso de los fertilizantes es baja en los sistemas de producción de maíz. La baja eficiencia del uso de fertilizantes está relacionada a la aplicación del fertilizante a la superficie del suelo al voleo o por posturas. Esta aplicación superficial de fuentes amoniacales puede conducir a pérdidas considerables por volatilización directa o por escorrentía y así contribuir a la baja eficiencia de uso (Larios et al, 1997).

4.5.1 Aplicación del fertilizante voleo vrs chuzo

Se realizaron diferentes evaluaciones relacionadas al método de aplicación del fertilizante. La aplicación del fertilizante al voleo es la más generalizada por su facilidad y rapidez. Sin embargo, al comparar esta metodología y aplicando el fertilizante por postura e incorporado, posibilita mejorar la eficiencia de uso del fertilizante e incrementa el rendimiento.

4.6 Dosis de nutrientes en el cultivo del maíz

Inicialmente es deseable disponer de un análisis del suelo para determinar el contenido de los principales nutrientes del terreno. Estos resultados determinarán la mejor fertilización para el terreno seleccionado. Para las condiciones del Trópico bajo de Guatemala por varios años se ha evaluado la respuesta del maíz a la fertilización con N, P, K y S, resultando respuestas significativas únicamente al N. Al relacionar estos resultados con los análisis económicos, se recomienda la aplicación de 100 kg de N/ha, 40 kg de P₂O₅/ha y 0 kg de K₂O/ha., que equivale a la utilización de 4.5 qq de 20-20-0 por manzana, distribuida en dos aplicaciones. Como primera aplicación, en los primeros 10 días después de la siembra y 1.5 qq de Urea al 46% a los 35 a 40 días después de la siembra (dds).. Estos niveles posibilitan maximizar los rendimientos del grano de maíz. Es importante indicar que las aplicaciones de los fertilizantes requieren que existe de suficiente humedad en el suelo.

Para las condiciones del Altiplano, aplique al momento de la primera limpia y en forma mateada, 25-30 libras de 20-20-0 por cuerda (4-4.8 qq/mz) Al momento del candealeo y junto con la segunda limpia, aplique 10-15 libras de Urea 46% por cuerda, en forma mateada (160-240 lbs/mz).

5. Manejo fitosanitario del maíz

De acuerdo al crecimiento fenológico del cultivo del maíz, este puede ser afectado por la presencia de plagas, enfermedades y malezas que pueden incidir negativamente, disminuyendo el potencial de rendimiento y productividad del mismo. Es importante conocer la fisiología y fenología de la planta, de las relaciones dinámicas entre sus etapas de crecimiento; así como las reacciones negativas o positivas ante la aplicación de los insumos y la implementación de prácticas culturales.

Al disponer de un área de cultivo del maíz, es importante realizar un muestreo periódico en el campo que genera información valiosa con respecto a la presencia de plagas presentes, densidad poblacional, las condiciones del cultivo, las variables ambientales y la presencia y actividad de los enemigos naturales.. Los métodos de muestreo varían de acuerdo con el cultivo y con su etapa fenológica, así como con las plagas, enfermedades ó malezas. En el caso de problemas fitosanitarios es importante considerar los niveles de daño económico (NDE), el cual se define como la población plaga (insecto, maleza o enfermedad) en el cual el costo de su control iguala al beneficio económico esperado del mismo. La acción de control salva una parte del rendimiento, que se perdería de no haberse hecho el control. Al profundizar la práctica de muestreo para conocer en detalle lo que está sucediendo en el campo, se puede tomar una mejor decisión, así se minimiza el aumento de los costos de producción debido al excesivo uso de plaguicidas y se maximizan los ingresos.

5.1. Muestreo 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 (Lafitte, 1994).

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.

5.2 Las malezas en el cultivo del maíz

Las malezas son plantas adaptadas a crecer en las condiciones en que se siembran los cultivos y que, además de no ser objeto directo de las actividades agrícolas, perjudican las cosechas. Es decir, las malezas crecen espontáneamente en terrenos agrícolas y no tienen ningún valor de uso para el productor.

Las malezas interfieren con los cultivos compitiendo por luz, agua y nutrimentos del suelo (competencia) o a través de la producción y excreción al medio ambiente de sustancias químicas tóxicas al cultivo (alelopatía). Algunas pueden ser hospedantes alternos de patógenos o insectos plagas de los cultivos y de esta forma ejercer un efecto negativo indirecto sobre las cosechas. También muchas malezas pueden proveer refugio o alimento a los enemigos naturales de las plagas de los cultivos, por lo que su presencia puede beneficiar a la comunidad agrícola.

Los hábitos de crecimiento y los ciclos de vida de las especies de malezas se asemejan a los de los cultivos con los cuales se asocian, dificultando su control. El conocer el comportamiento de la maleza y de los cultivos, provee los instrumentos básicos para conformar programas de su manejo y favorecer el desarrollo del cultivo. El principal conocimiento de los elementos dentro de la dinámica poblacional de las malezas se observa a través de la producción de semilla, su almacenamiento y conservación en el suelo, que son etapas críticas de su biología que determina su potencial de competencia con el cultivo. Las principales malezas que se observan en campos de maíz son:

5.2.1. *Cyperus rotundus* (Coyolillo)

Es una maleza considerada entre las más importantes por lo difícil de su control, sus altas poblaciones pueden presentar 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.

El tallo erecto, de sección triangular, posee en la inflorescencia racimos de espigas de color rojizo a café púrpura. Los tubérculos poseen entre 3 y 10 yemas colocadas en espiral que pueden originar nuevas plantas o rizomas. En estado joven son blancos y blancos, que al madurar se vuelven ásperos y de color café. El bulbo basal es un tallo y produce una planta o un brote aéreo, raíces y rizomas subterráneos. La emisión de rizomas se 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. Esta maleza compete con el cultivo de maíz debido a que produce un retardo de crecimiento y desarrollo inicial de las plántulas. Compete por la obtención de nutrientes, principalmente por el nitrógeno y por la disponibilidad de agua. Los primeros 20 días del desarrollo del cultivo del maíz son críticos cuando existen altas poblaciones de esta maleza y puede afectar el rendimiento provocando pérdidas del 40% (Gordón, 2001).

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.
- ◆ Los tubérculos que se exponen al sol o a un ambiente seco se deshidratan y mueren.
- ◆ En condiciones de suelos húmedos y pesados, su crecimiento y desarrollo es óptimo, no así en suelos livianos y en condiciones de baja humedad.

5.2.2. *Rottboellia cochinchinensis* (Caminadora)

Es una gramínea anual originaria de la India. Está distribuida en la mayor parte de las zonas tropicales del mundo y algunas zonas templadas. Se adapta a diferentes tipos de suelos, puede alcanzar estados de desarrollo entre 1 a 4 metros de altura. Las hojas llegan a medir hasta 60 cm de largo por 3 cm de ancho y sus vainas están recubiertas por vellosidades o pubescencias que irritan la piel.

Esta maleza se reproduce por semilla que se origina en una espiga y donde se presentan espiguillas sésiles (fértiles) y espiguillas pediceladas (estériles). Las semillas germinan de manera escalonada debido al fenómeno de latencia, que está relacionada con sustancias inhibitorias de la germinación. Una vez rota la latencia, las semillas emiten al término de cuatro a cinco días el coleóptilo, dando lugar al desarrollo vegetativo. El macollamiento se inicia aproximadamente en la tercera semana (cuando la maleza tiene 5 hojas). 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 hospedante alternativo del virus del rayado fino del maíz (CATIE, 1990).

5.2.3. *Sorghum halapense* (Zacate 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 *Pyricularia oryzae*, causante del añublo del arroz y de la mosquita de la panoja del sorgo (*Cantarinia sorghicola*).

5.2.4 *Amaranthus spinosus* L (Bledo)

Son plantas anuales o perennes de la familia Amaranthaceae. Es de vigoroso crecimiento,

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.

5.2.5 *Ipomoea spp* (Batatilla)

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, llegando a causar graves inconvenientes al momento de la cosecha.

5.3. Manejo de malezas en el cultivo del maíz

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 limpias como promedio a lo largo del ciclo de cultivo, utilizando azadón ó machete. En sistemas de producción de mayor disponibilidad de recurso, las limpias 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:

5.3.1. 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. Dependiendo 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 limpias 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 limpias, las cuáles se realizan entre los 15 dds y la segunda a los 30 dds.

5.3.2. 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 11, se presenta un listado de opciones de tratamientos químicos recomendados en la literatura para el control de malezas en el cultivo del maíz.

5.3.3. 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 sombreado 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. .

5.4 Herbicidas para el control de malezas

En el Cuadro 11 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 11. Herbicidas químicos recomendados por la literatura para el control de malezas en el cultivo del maíz.

Nombre Común	Nombre comercial	Dosis	Tipo de maleza	Época de aplicación
Atrazina	Gesaprim 80 WP Atrazina	3 lb/mz	Hoja ancha y algunas gramíneas anuales	Pre o post emergencia temprana
Paraquat	Gramoxone	1.5-2 lt/mz	Hoja ancha y algunas gramíneas anuales	Pre o post emergencia Conjuntamente con aplicación atrazina.
Glifosato	Round-up, Rival, Round-up Max, Glifosato	1-1.5 lt/mz	Peremne, ciperaceas	Pre-emergencia
2,4-D Amina	2, 4-D Amina	1-1.5 lt/mz	Hoja ancha	Pre o post emergencia temprana

5.5 Manejo de insectos en el cultivo del maíz

Se informará especialmente sobre las plagas primarias de mayor importancia económica que afectan al cultivo del maíz. Existen también plagas secundarias de poco interés económico. Sin embargo, cuando se realizan prácticas agronómicas y se abusa de la aplicación de los plaguicidas puede ocasionar presión sobre las plagas secundarias y estas convertirse en plagas de importancia económica.

5.5.1 *Phyllophaga spp* (Coleoptera: Scarabaeidae) (Gallina Ciega)

Se considera como 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, generalmente se localizan de 10-14 huevos por postura. El estado larvario tiene una duración de 8-24 meses dependiendo de la especie, pasa por tres estadios. La longitud varía entre 25-40 mm, cuerpo en forma de "C" de color blanco cremoso, cabeza prominente café amarillenta, mandíbulas fuertes, patas traseras peludas y desarrolladas. Las larvas empupan en una celda que hacen en el suelo. La pupa es café claro. Los adultos de mediano a grandes son de color café oscuro a naranja café, emergen y vuelan poco después de las primeras lluvias y son atraídos fuertemente 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, generalmente al inicio de las siembras y especialmente en junio a octubre, con ciertas variaciones. La correcta preparación del suelo previo a la siembra posibilita a disminuir la presencia de larvas en el suelo. 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 Volatón 5% granulado, a una dosis de 80 libras por manzana o Volatón 5% en polvo, a una dosis de 100 libras por manzana. Estos productos se aplican al voleo o incorporadas con el paso de la rastra o bien al momento de la siembra, aplicado en cada postura. Otra práctica muy conveniente 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: Semevin, Barredor, Marshall). La dosis varía según el producto y la

concentración, se sugiere atender la recomendación del fabricante previo a su utilización en la semilla. Al observarse la presencia de posturas afectadas, se recomienda la aplicación dirigida de insecticida al pie de la planta y quitando la boquilla de la bomba aspiradora. Se puede utilizar aplicaciones de Volatón líquido, a una dosis de una o dos medidas Bayer por bomba de cuatro galones de agua.

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.

5.5.2. *Dalbulus maydis* (Homoptera: Cicadellidae) (Chicharrita del maíz)

Es un insecto de hábitos alimenticios chupador y con capacidad de transmitir enfermedades distintas con sintomatología parecida que constituyen limitantes de la producción de maíz. El insecto está distribuido a partir del 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 aparecen colocados en hileras pegadas de hasta 8, entre las venas de las hojas del cogollo y algunas veces entre las láminas de las hojas jóvenes. La ninfa, de color amarilla traslúcida, pasa por cinco estadíos. 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 traslúcidas. 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 dependerá de lo temprano que ocurra la inoculación. 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.

5.5.3. *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) (Gusano cogollero)

Esta plaga es considerada de amplia dispersión en la zona maicera, pero de importancia variable, ya que ciertas zonas son más susceptibles al daño que otras. El daño lo inicia la larva joven haciendo ventanitas en las hojas. Las larvas grandes se alimentan vorazmente del cogollo haciendo agujeros grandes e irregulares, dejan como huella abundante excremento. El cultivo es afectado en todas sus etapas, al nivel de plántula como cortador y al llenado de grano como elotero. La flor masculina puede ser dañada hasta resultar en una disminución del polen que incidirá negativamente en la producción.

Ciclo de vida: Los huevos son colocados en grupo de hasta 300, en cualquier parte de la superficie foliar, cubiertos con escamas grises rosadas del abdomen de la hembra en oviposición, lo que le da una apariencia de pelusa. La larva pasa por 5 a 6 estadíos dependiendo de la temperatura y del tipo de alimento. Los primeros estadíos son de color verde con manchas y líneas negras dorsales; después cambian a verde con líneas especulares y dorsales negras, café beige o casi negra. Cuando las larvas recién eclosionadas emigran a los cogollos, el canibalismo las reduce a una o dos por planta. En estadíos avanzados pueden comportarse como gusano soldado, pasando a otras gramíneas u otros cultivos. Empupan en el suelo, raras veces en las hojas de las plantas hospederas. 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.

Como alternativas de tipo cultural para el control del gusano cogollero se consideran la uniformidad en la fecha de siembra para evitar reinfestaciones, siembras en alta densidad en compensación por la mortalidad de plántulas, fertilización adecuada. El uso de labranza mínima reduce la infestación de esta plaga. El control químico, como alternativa inmediata del agricultor, se basa en el uso de insecticidas aplicados al suelo antes o a la siembra. Cuando se realiza el control preventivo al cogollo, se recomienda la utilización de Volatón 2.5% granulado en dosis de 10-15 Lbs/Mz.

5.5.4. *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.

El control se puede realizar con la aplicación de insecticidas líquidos tales como: Volatón líquido y Lannate en polvo. Las dosis es: 1-1.5 litros por manzana (Lts/Mz).

5.5.5 Araña Roja (Acarina: Tetranychidae)

En los últimos años esta plaga ha causado pérdidas económicas en el cultivo del maíz. 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 con 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.

5.6 Manejo de enfermedades en el cultivo

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.

5.6.1 Enfermedades del follaje

Se presentan las principales enfermedades que se presentan en las diferentes zonas maiceras de Guatemala:

5.6.1.1. Achaparramiento del maíz

Esta enfermedad es causada por un complejo de patógenos. Entre los cuáles están el espiroplasma del achaparramiento del maíz: *Spiroplasma kunkeli*, que produce la enfermedad "Corn Stunt Spiroplasma" (CSC) y el fitoplasma Maize bushy stunt (MBS), también denominado Enanismo Arbustivo del Maíz y el virus del Rayado Fino (MRFV). Estos patógenos son transmitidos por la Chicharrita del maíz *Dalbulus maidis*. El área de distribución de la enfermedad se ubica en la zona del Trópico y Sub-Trópico. 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 requiere de pruebas de laboratorio, tales como: ELISA y técnicas de la Reacción de la Cadena de Polimerasa (PCR) para definir con exactitud el patógeno presente (Henríquez y Jeffers, 1995).

La sintomatología común es: Clorosis de las hojas jóvenes, las puntas se tornan gradualmente a un color rojo purpura. A medida que se aproxima la madurez, las plantas muestran macollamiento excesivo, color rojizo y clorótico. Las yemas auxiliares se desarrollan formando 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.

5.6.1.2. *Helminthosporium maydis* y *H. turcicum* (Tizon Foliar)

El *H. 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.

H. turcicum 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 primeramente 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 *H. maydis* requiere temperaturas ligeramente más altas que *H. turcicum*, 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.

5.6.1.3 *Puccinia sorghi*, *Puccinia 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. La *P. polysora* presenta pústulas más pequeñas, de color más claro y más circulares. También se encuentran en ambas caras de las hojas, pero la epidermis permanece intacta por más tiempo. Las pústulas se tornan tornan de color café oscuro a medida que las plantas se acercan a la madurez. Esta enfermedad se presenta en las regiones cálidas y húmedas.

La *P. zeae* 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.

5.6.1.4. *Curvularia lunata* y *C. pallescens* (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.

5.6.1.5 *Physoderma maydis*

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 peciolo 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.

5.6.2. 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.

5.6.2.1. *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.

G. fujikuroi es conocida como la pudrición del grano por fusarium. Posiblemente es el patógeno más común de la mazorca del maíz a nivel mundial, tanto en ambientes húmedos y calientes, como ambientes secos. Los granos infectados desarrollan 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.

5.6.2.1. *Diplodia maydis*, *D. macrospora* (Pudrición de la mazorca por *Diplodia*)

En las zonas cálidas y húmedas se presenta como parte del complejo “pudrición de mazorcas”. El hongo invade la mazorca, produciendo 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 con color

amarillento claro y crecimiento algodonoso blanco entre los granos. Posteriormente se forman picnidios negros, que son la 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 oscilar entre 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.

5.6.2.3 *Aspergillus spp* (Pudrición 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 pulverulentas 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.

6 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.

6.1 *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.

6.2 *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.

6.3 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:

a) DETIA TABLETAS

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.

b) ACTELLIC 2%

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

▪ METODO I

Aplique 20 gramos de Actellic 2% (una cajita de fósforos recargada con Actellic 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.

▪ METODO II

Ponga 20 gramos de Actellic (una cajita de fósforos recargada con Actellic 2%) en el fondo del Silo antes de empezar a llenarlo. Luego vierta un quintal de grano. Después agregue otros 20 gramos de Actellic y así sucesivamente hasta que llene el silo; ponga una última capa de Actellic 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.

IV COSTOS DE PRODUCCIÓN

Se realiza un análisis de los costos de producción que implica la siembra de una manzana de maíz. Estos costos varían entre regiones. Se utilizaron los precios de los insumos que rigieron en el ciclo de cultivo (2002 B). Los costos de mano de obra e insumos, son un promedio de lo observado

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

Cuadro 12. Costos de producción (Quetzales) para la producción de una manzana de maíz en diferentes zonas de producción de Guatemala.

	Zona del Trópico Bajo			Zona Altiplano
	Costa Sur		Oriente	Occidente
Actividades	L. Convencional	L. Conservación	L. convencional	L. convencional
Costos Operativos				
Arrendamiento	600	600	300	400
Preparación terreno	250	0	300	640
Mano de obra*	1325	1425	1250	2105
Insumos agrícolas**	910	970	660	579
Sub-total Costo Prod.	3085	2995	2510	3724
Rendimiento qq/mz	65	65	60	80
Q/qq	55	55	50	70
Ingresos (Q)	3575	3575	3000	5600
Costo de Producción	3085	2995	2510	3724
Ingreso Neto	490	580	790	1876
Rentabilidad (%)	16	19	31	50
Costo Unitario (Q)	47.46	46.08	41.80	46.55

*= 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 el ciclo 2002B por C. Perez, J.L. Zea y M. Fuentes, respectivamente.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BANGUAT, 1997. Estadísticas de producción de Granos Básicos. Guatemala.
- 2 Bolaños J y H. Barreto. 1991. Análisis de los componentes de rendimiento de los ensayos regionales de maíz de 1990. In: Análisis de los Resultados Experimentales del PRM 1990. Vol. 2. CIMMYT. Guatemala.
- 3 Bolaños J., J. Pérez, J. Zea, M. Fuentes, C. Mendoza y G. López. 1997. Dinámica y variabilidad de los componentes del rendimiento en 28 campos de maíz en Centro América. In: Síntesis de resultados experimentales del PRM 1992. CIMMYT-PRM. Guatemala.
- 4 Bolaños, J. and G.O. Edmeades. 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
- 5 Bolaños, J. and G.O. Edmeades. 1993b. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. II. Responses in reproductive behavior. *Field Crops Res*: 31:253-272
- 6 Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1990. Proyecto Regional Manejo Integrado de Plagas. Guía para el Manejo Integrado de plagas del cultivo de maíz. Turrialba, Costa Rica. 88p.
- 7 COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE -CEPAL-, 2000. Información básica del sector agropecuario. Sub-región Norte de América Latina y El Caribe 1980-1999. Naciones Unidas. LC/Mex/L.448.
- 8 De León, C.1984. Enfermedades del Maíz. Una guía para su identificación en el campo. CIMMYT. México. 114p.

- 9 Edmeadea, G.O, H.R. Lafitt and S.C. Chapman. 1992a. Predicting the phenology of tropical maize: Effects of photoperiod and temperature. CIMMYT, México. In: Síntesis de Resultados Experimentales del PRM 1992. Vol. 4, 1993.
- 10 Edmeadea, G.O, R. H. Ellis and H.R. Lafitte. 1992b. Photothermal responses of tropically-adapted maize: 84a. Annual Meeting American Society of Agronomy. ASA Abstracts, p. 124.
- 11 Fischer K. S. and A. Palmer. 1984. Tropical Maize. In PR Goldsworthy and NM Fischer (Eds.) The Physiology of Tropical Field Crops. John Wiley and Sons, NY. 213-248 p.
- 12 Fuentes López, M.R. 2002. Informe preliminar sobre la fenología en los maíces del altiplano de Guatemala. Borrador, sp.
- 13 Gordón Mendoza, R. 2001. Guía para el manejo integrado del maíz mecanizado. IDIAP. Panamá. 45 p.
- 14 Gordón, R., I. Camargo, N. de Gracia, J. Franco y A. González. 1995. Evaluación de Distintas Épocas de Siembra y la Incidencia del Achaparramiento del Maíz en Panamá. In. Síntesis de Resultados Experimentales 1993-1995. Programa Regional de Maíz -PRM-.
- 15 Heisey, P, and G. Edmeades. 1999. Maize in Drought-Stressed Enviroments: Technical Options and Research Resource Allocation. In: World Maize Facts and Tends 1997/98. CIMMYT. México., 68 p.
- 16 Henríquez, P. y D. Jeffers. 1995. El Achaparramiento del Maíz: Patógenos, Síntomas y Diagnóstico. In: Síntesis de Resultados Experimentales 1993-1995. Programa Regional de Maíz -PRM-. Guatemala. 338 p.
- 17 ICTA, 1998. Informe Técnico Programa de Maíz. Guatemala. sp.
- 18 ICTA, 2000. Informe Técnico Sub-Programa de Maíz. Guatemala. sp.
- 19 Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura -IICA-, 1999. Guatemala: Marco Cuantitativo de la agricultura guatemalteca (1950-1999). L. Del Valle, Consultor. Guatemala. 387 p.
- 20 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA -INE-, 1991. Encuesta Nacional de Consumo Aparente de alimentos. Guatemala.
- 21 Kiesselbach, T.A, 1949. The Structure and reproduction of Corn. Univ. Of Nebraska Press, Lincoln.
- 22 Laffite, H.R. 1994. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de Campo, México D.F. CIMMYT. 122p.
- 23 Larios L, R Gordón, R. Obando, M. Osorio, G. López y J. Bolaños 1997. Eficiencia de Uso de Nitrógeno en el cultivo del maíz bajo distintos métodos de aplicación. In: Síntesis de resultados experimentales del PRM 1992. CIMMYT-PRM. Guatemala. 338 p.
- 24 MAGA-UIPE, 1999a. Política de Granos Básicos. Guatemala. 24 p.
- 25 MAGA-UIPE, 1999b. Política Agraria y Sectorial (1998-2030), Guatemala, 28 p.
- 26 MAGA-UIPE. 1996. Situación actual y perspectivas de los granos básicos en Guatemala. Guatemala. 101 p.
- 27 MAGA. 1998. Granos Básicos: Producción y Comercialización, Situación Actual y Perspectivas. Guatemala. 25 p.
- 28 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-. 1998. Granos Básicos: Producción y Comercialización, Situación Actual y Perspectivas. Guatemala. 25 p.
- 29 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-. 1999. Política de Granos Básicos. Guatemala. 24 p.
- 30 Ortega, A. 1987. Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo CIMMYT, México. D.F. 106 p.
- 31 Proyecto de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD-, 1999. Guatemala: el rostro rural del desarrollo humano. 277 p.
- 32 Proyecto de Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD-, 1998. Guatemala: Los Contrastes del desarrollo humano. Guatemala. 277 p.
- 33 Purselove, J.W. 1972. Tropical Crops: Monocotyledons. Longman, London.
- 34 Unidad Ejecución Proyecto Postcosecha Guatemala -UCPCG- 1999. Informe Final Fase 1996-1998. UCPCG-MAGA-COSUDE. 20 p.