

MANUAL DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS

CULTIVO DE MAÍZ
(*Zea mays*)

Compilado por:
Nevio Bonilla Morales

San José, Costa Rica
2009

Compilado por:

Ing. Nevio Bonilla Morales MSc.

Editado por:

Ing. Laura Ramírez Cartín MSc.

Ing. Juanita Morúa Miranda

Comité Editorial INTA:

Ing. Laura Ramírez Cartín MSc.

Ing. Marielos Aguilar Coronado

Ing. Nevio Bonilla Morales MSc.

Ing. Juan Carlos Hidalgo Ardón MSc.

Ing. Juan Mora Montero MSc.

Revisor externo:

Ing. William Meléndez Gamboa

Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica

Autores Temáticos:

MSc. Nevio Bonilla Morales. Agronomía de cultivo y variedades, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.

Ing. Arnoldo Vargas León. Agronomía de cultivo, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.

MSc. Alonso Acuña Chinchilla. Malerbología. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.

MSc. Ruth León González. Entomología. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.

Ing. Alexis Vargas Villegas. Suelos. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.

Ing. Pedro Guzmán León. Fertilización. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.

Ing. Carlos Rodríguez Chinchilla. Manejo integrado de plagas. Química.

Ing. Orlando Carrillo Araya. Semillas. Oficina Nacional de Semillas

633.1

159m

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria
Manual de recomendaciones del cultivo de maíz.-San José, C.R. : INTA, 2008.

p 72.

ISBN 978-9968-586-00-9

ZEA MAYS; CULTIVO; MANEJO DEL CULTIVO
1. Título

INDICE

	Temas	Página
I.	Introducción.....	7
II.	Clima y suelo.....	9
III.	Zonas de cultivo y épocas de siembra.....	10
IV.	Cultivo.....	13
V.	Siembra.....	14
VI.	Fertilidad.....	16
VII.	Combate de malezas.....	28
VIII.	Manejo de plagas y enfermedades.....	40
IX.	Cosecha y almacenamiento.....	51
X.	Literatura consultada.....	63
XI.	Anexos.....	67

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	Temperatura mínima, máxima y óptima requerida por el cultivo de maíz para una adecuada producción.	9
Cuadro 2.	Épocas de siembra para las diferentes regiones del país.....	11
Cuadro 3.	Cuadro de diagnóstico para análisis de suelos (MAG- CATIE) para todos los suelos, cultivos y soluciones extractoras.	17
Cuadro 4.	Niveles críticos para la interpretación de análisis de suelos.....	19
Cuadro 5.	Ámbitos adecuados para el cultivo de maíz.....	19
Cuadro 6.	Requerimientos nutricionales del cultivo de maíz para alcanzar un rendimiento de 5 ton/ ha.	19
Cuadro 7.	Categorías de acidez para diferentes rangos de pH.....	23
Cuadro 8.	Composición porcentual de algunos fertilizantes.....	23
Cuadro 9.	Composición química y calidad de algunas enmiendas.....	24
Cuadro 10.	Determinación de contenido en el suelo. Transformación de los datos de los análisis de suelo a kg/ ha del elemento.	25
Cuadro 11.	Necesidades nutricionales del maíz en kg/ha según el nivel de Producción deseado.	26
Cuadro 12.	Requerimiento de los cultivos en kg/ ha.....	26
Cuadro 13.	Programa 1.....	27
Cuadro 14.	Programa 2.....	27
Cuadro 15.	Herbicidas más utilizados en el cultivo del maíz.	32
Cuadro 16.	Herbicidas recomendados en el cultivo del maíz.	33
Cuadro 17.	Esquema recomendado de aplicación de herbicidas en maíz.	34
Cuadro 18.	Control químico de gramíneas y ciperáceas.	34
Cuadro 19.	Control de malezas de hojas anchas y ciperáceas.	35
Cuadro 20.	Mezclas de herbicidas recomendadas.	36
Cuadro 21.	Cantidad de semilla necesaria por área de acuerdo con la categoría.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Estandarización para el diagnóstico de los resultados de un análisis de suelos.	18
Figura 2.	Secuencia lógica de consideraciones del plan de manejo de la fertilización.	18
Figura 3.	Muestreo de suelo para llevar una cantidad de suelo al laboratorio para análisis.	18
Figura 4.	Metodologías para evaluar la nutrición del cultivo de maíz desde pre-siembra a cosecha.....	28
Figura 5.	Período crítico de competencia de malezas en el cultivo del maíz.	29
Figura 6.	Período crítico de competencia de malezas en maíz y su efecto en el rendimiento.	31
Figura 7.	Esquema del período crítico de competencia de malezas en maíz.	31
Figura 8.	Esquema integral de las estrategias de combate de plagas insectiles.	45

PRESENTACIÓN

En el año 2.030 la humanidad habrá alcanzado casi nueve mil millones de habitantes donde se tendrá que producir una tercera parte más de alimento, basada principalmente en un aumento de productividad por área, ya que la tierra y el agua disponibles serán cada vez más escasas. Los esfuerzos para evitar la carencia de alimentos en el futuro empiezan hoy, de ahí que es necesario en primera instancia tener la cultura de la producción, donde es importante el productor y la condición productiva de su medio ecológico. Además, es importante que las generaciones futuras hereden el conocimiento técnico y científico de la producción, ya que es por medio de la innovación tecnológica que se realizan los cambios sustantivos para ser más competitivos en la agricultura.

Las exigencias que la sociedad moderna plantea en la actualidad, demandan una respuesta rápida y más cuando éstas provienen de los sectores más necesitados, principalmente de aquellos que claman por alimento. Por esta razón, la seguridad alimentaria del país requiere todo el apoyo necesario del gobierno, para que los programas de investigación puedan ofrecer a los productores, tecnologías adecuadas y semillas de calidad en diversos rubros, para ser más productivos y ofrecer a los consumidores, precios justos en los productos agrícolas necesarios para su alimentación.

La sociedad reclama un desarrollo sostenible, lo que conlleva, bajo una concepción holística, una sostenibilidad que abarca lo económico, lo social y lo ambiental. El gran desafío actual es investigar, crear, experimentar y adaptar tecnologías que permitan producir a menores costos, pero con mayores rendimientos, productos más sanos, de mejor calidad, con mayor competitividad y que a su vez aseguren la sostenibilidad económica sin impactos desfavorables al ambiente. Este tipo de tecnología coadyuvará a preservar la calidad y salud de nuestros recursos básicos: biológicos, aire, agua, suelo y garantizará alimentos y vida sana para la sociedad actual y para las generaciones futuras.

Ajustarse a las exigencias de este nuevo paradigma, no es solo un requisito de los mercados externos, sino también del mercado local; es bajo esta visión que debe diseñarse y orientarse la estrategia de la investigación, del desarrollo científico y tecnológico para el mundo actual y futuro.

Lo anterior nos introduce en otro aspecto a destacar: la innovación científica y tecnológica de procesos y de productos como la base del desarrollo que sostiene y satisface las necesidades de una sociedad próspera.

La investigación agrícola es una cuestión de política pública, que compromete al Estado y a la sociedad en su conjunto. El estado costarricense está comprometido con la investigación agrícola y la innovación tecnológica. Por esta razón, en 1996, por decreto ejecutivo fue creado el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, donde participan instituciones nacionales del sector agropecuario, sector académico, organizaciones de pequeños productores y cámaras empresariales. La instancia técnica de este Sistema son los Programas de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (PITTA) en diversos cultivos. En el caso específico del PITTA Maíz, se encuentran representados el MAG, INTA, UCR, ONS, CNP y se encarga de coordinar acciones interinstitucionales de investigación e innovación tecnológica en el cultivo. El Instituto Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA), creado por Ley 8149 apoya las acciones conjuntas para ofrecer al país nuevas variedades comerciales e implementar nuevas tecnologías para coadyuvar en el logro de una mayor competitividad del productor nacional. Este es el objetivo fundamental del presente documento.

Este Sistema constituye una gran fortaleza para el país, ya que ello significa trabajar juntos, formar alianzas, unir recursos y compartir responsabilidades. Esta visión de trabajo conjunto con el usuario, asegura el éxito de las actividades, principalmente en el campo de la innovación tecnológica, que debe ser el punto donde converjan los intereses de técnicos, científicos, productores, industriales y el interés final de los consumidores y en donde los aspectos de inocuidad y trazabilidad de los alimentos, garanticen una mejor calidad de vida.

La escalada de los precios de los alimentos de consumo básico, como consecuencia, entre otras cosas, de: los altos precios del petróleo, la reducción en las reservas alimentarias, una mayor demanda de las economías en crecimiento y la reorientación del destino de la producción de algunos alimentos para producir biocombustibles; ya

ha impactado los precios de los alimentos en Costa Rica.

El Plan Nacional de Alimentos que impulsa el gobierno a través del Ministerio de Agricultura y Ganadería y demás instituciones del Sector Agropecuario, constituye una iniciativa seria y responsable, donde se prevén las necesidades de los productores, principalmente tecnológicas, que constituyen las herramientas de conocimientos para ser más productivos y ofrecer a la sociedad la disponibilidad de alimento necesarios para su consumo diario. Los avances logrados en los últimos años, tanto en la reducción de la pobreza como en el logro de un vínculo más estable de la producción agropecuaria con los mercados internacionales, se ven hoy amenazados por el aumento en los precios de los alimentos y sus implicaciones sobre la producción nacional y especialmente sobre las familias vulnerables y los pequeños productores agrícolas. Este enfoque integral, pretende minimizar el riesgo alimentario en la población más afectada, persiguiendo un principio solidario, mediante la articulación de las iniciativas del sector público, privado, la cooperación internacional, la academia y las iniciativas centroamericanas.

En el Sector Social, el Plan Nacional de Alimentos se articula con las metas sectoriales tendientes a reducir las asimetrías en los niveles de desarrollo social, y el establecimiento de una agenda de compromisos sociales en materia de lucha contra la pobreza. En el Sector Salud, se inserta el fortalecimiento de las condiciones de salud de la población y la atención de la seguridad alimentaria en los niños y adolescentes en condición de pobreza extrema.

Por ello e involucrados en éste noble esfuerzo mancomunado, se presenta el siguiente documento sobre el cultivo de maíz en Costa Rica como herramienta para todos aquellos productores y técnicos que cultivan la tierra y que con su quehacer diario hacen posible el renacer del fruto noble que alimenta a la población costarricense.

JAVIER FLORES GALARZA.
Ministro de Agricultura y
Ganadería

Prefacio

En esta publicación el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) ofrece una revisión del estado actual de la tecnología del cultivo de maíz en el contexto nacional; el mismo da información actualizada sobre diversos tópicos para realizar una producción competitiva y amigable con el ambiente.

La información técnica fue compilada, analizada y discutida por funcionarios del INTA y funcionarios de diversas instituciones que conforman el Programa de Investigación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (PITTA-Maíz).

El documento hace énfasis en las condiciones ideales de producción de maíz, considerando la aptitud agroecológica de la tierra y la relación con su uso potencial sustentable con respecto al clima, las zonas de cultivo y las diversas épocas de siembra. En el Manual se hace una amplia descripción de la diversas variedades obtenidas, algunas de las cuales con una amplia adaptación a diversos ambientes y de gran aceptación por parte de los agricultores del país.

En el Manual se describen diversos sistemas de acuerdo al tipo de agricultor, se hacen las recomendaciones apropiadas para una buena fertilización, un manejo de malezas, plagas y enfermedades y finalmente se describen aspectos de cosecha y almacenamiento.

Este documento reúne la experiencia vivida de la esperanza de cientos de agricultores a lo ancho y largo del país. A estos agricultores y agricultoras del país que todos los días laboran la tierra nuestro reconocimiento imperecedero por tan noble labor. También nuestro agradecimiento profundo a todas aquellas personas que dieron sus aportes para que este Manual pudiese llegar a las manos de agricultores, agricultoras, agentes de extensión y diverso personal técnico involucrado con la actividad maicera nacional.

Bernardo Mora Brenes
Director Ejecutivo
INTA

MAÍZ

Poáceas

Nombre Científico: *Zea mays* L.



Foto 1. Cultivo en Floración.

Fuente: Bonilla N., 2008

I. Introducción

El cultivo de maíz tiene importancia especial ya que constituye la base de la alimentación de los latinoamericanos. Ocupa el tercer lugar en la producción mundial después del trigo y el arroz. Es un cereal que se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas, por eso se le cultiva en casi todo el mundo.

El maíz es una fuente de almidón pero su contenido de proteína es más bajo que el de otros cereales. Entre las clases de maíz, el amarillo es el más nutritivo por su alto contenido de vitamina A. El maíz de alta calidad de proteína (QPM) tiene un alto contenido de lisina y triptófano que son aminoácidos esenciales.

El maíz es una planta anual con un gran desarrollo vegetativo, tallo nudoso y macizo con quince a treinta hojas alargadas y abrasadoras. Es una planta monoica o sea que cada planta posee flores masculinas y femeninas.

Su nombre científico es *Zea mays* L. es uno de los granos básicos alimenticios más antiguos e importantes que se conocen. Constituye una fuente principal de carbohidratos y proteína. El contenido del grano consiste principalmente de carbohidratos (86 %), proteínas (9 %), aceite (3 %) y fibra (2 %).

Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de gran importancia económica de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teocinte y las especies del género *Tripsacum* conocidas como arrocillo o maicillo son formas salvajes parientes de *Zea mays*.

Son clasificadas como del Nuevo Mundo porque su centro de origen está en América. Planta monoica: flores masculinas y femeninas en una misma planta. Origen: Sureste de México; este de Guatemala y Honduras; valles altos de Perú, Bolivia y Ecuador. Es conocida con varios nombres comunes; el más usado dentro de los países anglófonos es *maize*, excepto en los Estados Unidos de América y Canadá, donde se le denomina *corn*. En español es llamado *maíz*, en francés *maïs*, en portugués *milho* y en el subcontinente hindú es conocido como *makka* o *makki*.



Foto 2. Teocinte 1 (A).

Foto 3. Teocinte 2 (B).

Foto 4. Teocinte 3 (C).

Fuente: Bonilla N., 2008

El maíz cultivado es una planta completamente domesticada y el hombre y el maíz han vivido y han evolucionado juntos desde tiempos remotos. Se clasifica en dos tipos distintos dependiendo de la latitud y del ambiente en el que se cultiva. Es cultivado en los ambientes más cálidos, entre la línea ecuatorial y los 30° de latitud sur y los 30° de latitud norte es conocido como maíz tropical, mientras que aquel que se cultiva en climas más fríos, más allá de los 34° de latitud sur y norte es llamado maíz de zona templada; los maíces subtropicales crecen entre las latitudes de 30° y 34° de ambos hemisferios. El maíz tropical a su vez, es clasificado en tres subclases, también basadas en el ambiente: de tierras bajas, de media altitud y de zonas altas.

El maíz tiene usos múltiples y variados. Es el único cereal que puede ser usado como alimento en distintas etapas del desarrollo de la planta. Las espigas jóvenes del maíz (maíz *baby*) cosechado antes de la floración de la planta es usado como hortaliza. Las mazorcas tiernas de maíz dulce son un manjar refinado que se consume de muchas formas. Las mazorcas verdes de maíz común también son usadas en gran escala, asadas o hervidas, o consumidas en el estado de pasta blanda en numerosos países. La planta de maíz, que está aún verde cuando se cosechan las mazorcas *baby* o las mazorcas verdes, proporciona un buen forraje. Este aspecto es importante ya que la presión de la limitación de las tierras aumenta y son necesarios modelos de producción que produzcan más alimentos para una población que crece continuamente.

Aunque se ha dicho y escrito mucho acerca del origen del maíz, todavía hay discrepancias respecto a los detalles de su origen. Generalmente se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores entre 7.000 y 10.000 años. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México donde algunas pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5.000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos.

La difusión del maíz a partir de su centro de origen en México a varias partes del mundo ha sido tan notable y rápida como su evolución a planta cultivada y productora de alimentos. Los habitantes de varias tribus indígenas de América Central y México llevaron esta planta a otras regiones de América Latina, al Caribe

y después a Estados Unidos de América y Canadá. Los exploradores europeos llevaron el maíz a Europa y posteriormente los comerciantes lo llevaron a Asia y África.

Se considera que alrededor del año 1.000 D.C. la planta de maíz comenzó a ser desarrollada por agricultores mejoradores siguiendo un proceso de selección en el cual conservaban las semillas de las mazorcas más deseables para sembrar en la próxima estación. Esta forma de selección de las mazorcas más grandes todavía es usada por los agricultores en México para mantener la pureza deseada de las razas de maíz; en las alturas de México Central esto es aún un rito motivo de ceremonias religiosas anuales. Después de la cosecha del maíz los agricultores se reúnen para esas ceremonias y llevan consigo las mejores mazorcas en las que el productor y el propietario reciben los honores.

Cuando Cristóbal Colón llegó a Cuba en el año 1.492 los agricultores americanos, desde Canadá a Chile, ya estaban cultivando variedades mejoradas de maíz. Cuando regresó a España en 1.493, probablemente llevó consigo semillas de varios cultivares locales de maíces duros. Hacia fines de los años 1.500 el maíz era extensivamente cultivado en España, Italia y sur de Francia y la difusión del maíz continuó a otros países del Viejo Mundo. Se cree que los navegantes portugueses introdujeron el maíz en África a principios de 1.500 ya que tenían motivos para su cultivo dentro del contexto del tráfico de esclavos. Por cuidadosos estudios que ha llevado a cabo sobre el maíz en África, se piensa que el maíz fue introducido en África tropical en varios lugares distintos al mismo tiempo. La evidencia lingüística sugiere que

muchas áreas de África tropical recibieron el maíz a través del Sahara, probablemente por medio de los mercaderes árabes.

El maíz también llegó al sur del Asia a principios del 1.500, por medio de los comerciantes portugueses y árabes desde Zanzíbar. Es probable también que el maíz haya sido primeramente introducido en el noroeste de la región del Himalaya por los mercantes de la ruta de la seda, de donde posteriormente se difundió a muchas regiones vecinas. Hay una línea de pensamiento que opina que existieron contactos en épocas precolombinas entre el Nuevo y el Viejo Mundo, incluyendo Asia y que las formas primitivas de maíz llegaron a Asia en esas oportunidades. Se sostiene que la región del Himalaya fue un centro secundario de origen del maíz; en la región del Himalaya, en Sikkim y Bhutan, se encuentran algunos tipos de maíz que no se encuentran en ninguna otra parte del mundo, por ejemplo, el maíz Primitivo Sikkim. Sin embargo, se cree que no hay evidencia suficiente para sostener el origen asiático del maíz y ni siquiera la presencia de maíz en épocas precolombinas en India o en Asia.

Se ha indicado que el maíz fue introducido en China a principios del siglo XVI por rutas marítimas y terrestres, también se reporta en Japón alrededor de 1.580 por navegantes portugueses. El maíz se difundió como un cultivo alimenticio en el sur de Asia aproximadamente en 1.550 y hacia 1.650 era un cultivo importante en Indonesia, Filipinas y Tailandia. En 1.750 el cultivo del maíz estaba difundido en las provincias de Fukien, Hunan y Shechuan, en el sur de China. De esta manera, en menos de 300 años el maíz viajó por todo el mundo y se estableció como un importante cultivo en numerosos países.

El maíz tiene una gran variabilidad en el color del grano, la textura, la composición y la apariencia.



Foto 5. Diversidad genética de maíz.
Fuente: Bonilla N. 2008

Puede ser clasificado en distintos tipos según: a) la constitución del endospermo y del grano; b) el color del grano; c) el ambiente en que es cultivado; d) la madurez, y e) su uso.



Foto 6. Diferentes coloraciones de maíz.
Fuente: Bonilla N. 2008

Los diferentes tipos de maíz basados en la apariencia del grano y del endospermo y en su uso se describen a continuación.



Foto 7. Mazorca de maíz con diferentes tonos de grano. Fuente: Bonilla N. 2008

Los tipos más importantes de maíz cultivados para grano o forraje y ensilaje caen dentro de las tres categorías más importantes de duro, dentado y harinoso. Un cuarto tipo de maíz que puede ser agregado a los anteriores es el maíz con proteínas de calidad (MPC) basado en el mutante o2 obtenido en la búsqueda de una mejor calidad de las proteínas. Los tipos de maíz de menor importancia comparativa como aquellos usados como alimento o forraje, pero con un importante valor económico agregado son: maíz reventón cultivado por sus granos para preparar bocadillos; tipos de maíz dulce cultivados para consumir las mazorcas verdes, y tipos de maíz ceroso.

El maíz es un cultivo tradicional con grandes raíces culturales, porque desde la época precolombina se cultivaba en el país, ha jugado un papel fundamental para la iniciación de nuevas fincas, las cuales posteriormente se han sustituido por rubros de mayor rentabilidad. El cultivo de maíz en Costa Rica ha sido producido tradicionalmente por pequeños productores (85 %) cuya área de siembra ha oscilado entre 1,50 y 3,00 hectáreas.

Se admite que el lugar y hábitat del maíz es mesoamericana, entre México y Guatemala. Este existió en esas regiones hace unos 2.000 a 3.000 años A.C. y se cruzaba libremente con el teocinte, su posible antecesor. De Mesoamérica pasaría a Suramérica principalmente a Panamá y Colombia y luego Ecuador, Perú, Bolivia, y Venezuela. Este cultivo se desarrolló primero en el trópico alto, en clima más suave, que es donde vivía la mayor parte de la población, posteriormente se extendió y se adaptó al trópico bajo cálido. De igual forma, desde las latitudes tropicales y subtropicales se ha extendido y adaptado a las zonas templadas. En realidad el maíz es actualmente más de áreas templadas que tropicales, ya que en aquellas se registran las producciones y los rendimientos más altos. En efecto más del 50 % del área mundial sembrada se encuentra en zonas templadas ya que el otro 50 % está distribuido entre la zona tropical y subtropical.

II. Clima y Suelo

El maíz exige un clima relativamente cálido y agua en cantidades adecuadas. Para la germinación, la temperatura media diurna mínima debe estar a no menos de 10 °C, siendo la óptima entre los 18 y 20 °C.

Cuadro 1. Temperatura mínima, máxima y óptima requerida por el cultivo de maíz para una adecuada producción.

Etapa/ Temperatura	Mínima	Máxima	Óptima
Germinación	10 °C	40 °C	20 a 25 °C
Crecimiento	15 °C	40 °C	20 a 30 °C
Floración	20 °C	30 °C	21 a 30 °C

Foto 8. Germinación de maíz.
Fuente: Bonilla N. 2008

Para su crecimiento el maíz requiere pleno sol. En cuanto a la floración, el maíz es una planta que florece rápido en días cortos. Su floración se retarda durante los días largos del año; sin embargo, los mayores rendimientos se obtienen con 11 a 14 horas de luz por día.



Foto 9. Flor femenina de una planta de maíz.
Fuente: Bonilla N. 2008



Foto 10. Flor masculina de maíz.
Fuente: Bonilla N. 2008

Temperatura

Las temperaturas superiores a 30°C y hasta 35°C ó más, reducen el rendimiento y determinan un cambio cualitativo significativo en la composición de las actividades enzimáticas y se ven afectadas al máximo, cuando coinciden temperaturas elevadas y falta de agua.

La temperatura y la humedad del aire, se encuentran relacionados entre sí en cualquier lugar, la coincidencia de estos factores sobre todo al final del

ciclo es que contribuyen a retardar la madurez del grano, por otra parte, un exceso de humedad también puede originar la presencia de enfermedades en el cultivo.

Precipitación

La cantidad, distribución y eficiencia de la lluvia son factores importantes en la producción de maíz. El calor y la sequía durante el período de polinización, a menudo causan la desecación del tejido foliar y la formación deficiente del grano.

La condición ideal de humedad del suelo, para el desarrollo del maíz, es el estado de capacidad de campo. La cantidad de agua durante la temporada de crecimiento no debe ser menor de 300 mm. La cantidad óptima de lluvia es de 550 mm y la máxima de 1.000 mm.

Altitud

Es una planta que se adapta bien desde el nivel del mar hasta los 3.000 msnm.

Suelos

La planta de maíz puede desarrollarse en una gran gama de suelos de texturas medias como francos y franco arcillo-arenosos. El crecimiento en suelos arenosos y arcillosos es pobre si no se ejecutan las labores pertinentes para esos casos. Se requieren suelos profundos, ya que las raíces necesitan entre 0,80 y 1,00 m de profundidad para su desarrollo normal. La planta de maíz es susceptible al

agua encharcada porque impide la respiración de las raíces y absorción de nutrientes, en consecuencia la producción se reduce. Un desarrollo normal de la planta requiere suelos bien drenados.

Es recomendable que el contenido de materia orgánica sea bueno y que la topografía sea plana o ligeramente ondulada. El maíz requiere suelos ligeramente ácidos por lo que el pH óptimo oscila entre 5,6 y 6,5.



Foto 11. Etapa vegetativa del cultivo.
Fuente: Bonilla N. 2008

En resumen el cultivo requiere temperaturas de 18 a 26 °C y un buen suministro de agua a través de su ciclo vegetativo, principalmente durante la floración. El cultivo requiere suelos de tipo intermedio, con buen drenaje, sueltos, aireados, planos o ligeramente quebrados. No son aconsejables suelos arcillosos debido a su alta retención de humedad, ya que esta condición disminuye el aire del suelo, esencial para el desarrollo de la planta.

III. Zonas de cultivo y época de siembra

Las zonas de cultivo en Costa Rica siguen siendo las mismas, solo que las áreas que potencialmente podrían ser utilizadas para el cultivo de maíz en muchas regiones, han sido ocupadas por otros cultivos, que ofrecen mayor rentabilidad a los agricultores, tal es el caso de la piña, en las Regiones Huetar Norte y Atlántica, así como las especies forestales y cítricos en la Región Huetar Norte.



Foto 12. Día de campo con agricultores. Fuente: Bonilla N. 2008

El país dispone de 482.3 mil hectáreas con aptitud para el cultivo de maíz, el 11,00 % con solo una limitante de producción y el 89,00 % con algunas de las diferentes limitantes. La Región Chorotega dispone de un 34,20 % de las tierras con capacidad de uso 1 y 2, la Región Huetar Norte de un 27,37 %, la Región Brunca de un 13,00 % y el 15,40 % entre otras regiones.

Épocas de siembra

Debido al cambio climático, las épocas sugeridas pueden variar en cada zona del país, por lo que se le recomienda a los agricultores esperar que las épocas de lluvias estén bien establecidas.

Cuadro 2. Épocas de siembra para las diferentes regiones del país.

Región	Primera época de siembra (meses)	Segunda época de siembra (meses)
BRUNCA (Pérez Zeledón, Buenos Aires, Corredores.	Abril – Mayo	Setiembre - Octubre
HUETAR NORTE (San Carlos, Los Chiles, Guatuso, Upala, Sarapiquí)	Mayo	Octubre - Noviembre
CHOROTEGA (Cañas, La Cruz, Nicoya. REGIÓN CENTRAL, ORIENTAL Y	Mayo - Junio Mayo	2da y 3era Semana de Agosto
OCCIDENTAL (incluye Puriscal)	(Solamente)	
ATLÁNTICA: CENTRAL (Río Frío, Pococí, Guácimo, Jiménez, Siquirres)	Enero - Febrero	Julio ó Agosto
Atlántico Sur	Mayo	Noviembre
ZONAS ALTAS (arriba de 1 200 msnm)	Mayo (solamente)	

Densidad de Siembra

Se entiende por densidad de siembra: “**La cantidad de plantas por área**”. En este caso sería, el número de plantas de maíz en una hectárea. En siembras comerciales, se utilizan densidades que van de 50.000 a 55.000 plantas por hectárea. Sin embargo, para producir semilla registrada o certificada se recomienda utilizar entre 40.000 a 45.000 plantas por hectárea.



Foto 13. Densidad de siembra de maíz. Fuente: Bonilla N. 2008

Distancia de Siembra

Las distancias de siembra y la cantidad de semilla por golpe determinan la densidad y la cantidad de semilla a utilizar. Las distancias son: la distancia entre surco o calle y la distancia entre planta.



Foto 14. Distancia de siembra. Fuente: Bonilla N. 2008

En términos generales, las distancias recomendadas para la siembra mecanizada son: 75 cm entre surcos para cultivares de porte bajo y hasta 90 cm para los de porte alto y entre 20 y 25 cm entre plantas. Para la siembra a espeque se aconseja 75 cm entre hileras, 50 cm entre golpes de siembra y dos semillas por sitio de siembra.

Las distancias de siembras comerciales más recomendadas son:

- 0,75 m entre calle por 0,25 m entre planta a una semilla por golpe para siembra mecanizada.
- 0,75 m entre calle por 0,50 m entre planta a dos semillas por golpe para siembra a macana o espeque.

Así mismo, para la siembra de semilla registrada o certificada, se recomienda ampliar un poco las distancias para obtener una mejor calidad de producto. Siendo estas:

- 0,80 m entre calle y 0,30 m entre planta por una semilla por golpe para siembra mecanizada.
- 0,80 m entre calle y 0,60 m entre planta por dos semilla por golpe para siembra a macana.

Recuerde que se debe realizar una prueba de germinación a la semilla antes de sembrar.

Algunas recomendaciones en cuanto a la condición de la semilla, la densidad y distancia de siembra se resumen a continuación:

1. Mínimo: 80 % de germinación de la semilla
2. Pureza genética: 99 % en la semilla
3. 50.000 a 55.000 plantas/ ha
4. 20,00 a 25,00 kg/ ha de semilla de calidad.
5. 75,00 cm entre surcos y 25,00 cm entre plantas (mecanizado).
6. 75,00 cm entre surcos y 50,00 cm entre plantas (espeque), 2 a 3 semillas por sitio de siembra.
7. Profundidad de semilla 3,00 -5,00 cm (dependiendo del tipo de suelo).

IV. Cultivo

Es importante señalar algunos conceptos sobre las variedades e híbridos de maíz:

Se entiende por **variedad** un conjunto de poblaciones locales (**eco tipos**) los que tienen en común ciertas características como por ejemplo: el ciclo, la naturaleza de grano (forma, grosor, color, textura, etc.). **Las especies alógamas (polinización cruzada)** como el maíz, son un conjunto de plantas muy diversas que se reproducen por fecundación libre y cuyas características globales permanecen en las generaciones sucesivas.

Una variedad ó población selecta significa que se ha realizado una selección racional, en un ecotipo cultivado, local o introducido con o sin aportación exterior.

En cuanto al término **variedad sintética** se entiende como una variedad obtenida a partir de por lo menos cinco líneas autofecundadas. Se aprovecha esta variedad en F1 o en generación avanzada.

- No se trata siempre de líneas puras.
- Los sintéticos se orientan generalmente en función de cierto propósito, por ejemplo: resistencia al encamado, tolerancia a cierta plaga, riqueza en aceite.

El concepto de **híbrido** se define como aquel individuo que es el producto de una cruce entre padres genéticamente diferentes. Debido al fenómeno de la heterosis que es el vigor que se manifiesta en la f1, los híbridos generalmente superan a los padres con respecto a uno o más caracteres. La característica común de los híbridos es que no es posible reproducir su semilla. Si un agricultor decide sembrar la semilla cosechada notará que el cultivo no

tiene el mismo comportamiento. Posiblemente observará poca uniformidad de las plantas y reducción en el rendimiento. Esto es el resultado de un proceso que se llama **segregación genética**, el cual consiste en que los diferentes factores genéticos se combinan de diferentes maneras en la nueva generación, originando la aparición de nuevos tipos.

a. Variedades

De **grano blanco**, para las zonas comprendidas entre 0 y 1000 msnm, están disponibles las variedades de polinización libre: **Los Diamantes 8843, JSAENZ (variedad criolla)** y **UPIAV-G6** y los híbridos: **3086, HS5G, 30F32 y HS23**.

De **grano amarillo**, están disponibles la variedad **EJN-2** y el híbrido **HR-ORO**.



Foto 15. Variedad UPIAV-G6. Fuente: Bonilla N. 2008

A continuación se indican las variedades e híbridos de maíz inscritos en la Oficina Nacional de Semillas:

Híbridos

3031	C-343	DK-388A	HR-99	HS-56
3041	D-330	HR-101	HR-ORO	HS-6
3086	DA-1343	HR-245	HRR-51	HS-1
ACF-12	DK-234	HR-950	HS-23	HS-9
30F32				

Variedades

UPIAV-G6	LOS DIAMANTES 8843
EJN2 (grano amarillo)	JSAENZ (ensilaje y elote)

b. Preparación de suelo

La preparación del suelo es uno de los componentes más importantes para la siembra del cultivo de maíz, pero se debe tener en cuenta que en las regiones coexisten distintas formas de realizar esta labor:

- Chapea y quema.
- Labranza de conservación.
- Laboreo con tracción mecánica, etc.

Preparación mecánica:

Roturación: Los objetivos de esta operación, además de roturar el suelo, consisten en la incorporación de residuos y desperdicios, eliminación de malezas y el aflojamiento de la capa arable, a una profundidad de 10 a 20 cm. Esta labor se debe ejecutar con suficiente antelación a la siembra por los beneficios que se derivan de los procesos físico-químicos del suelo y para favorecer el control natural de insectos y malezas.

Rastrea: Se realiza con los siguientes objetivos:

- Aflojar el suelo, romper terrones, cortar los residuos y pastos, eliminar malezas, nivelar y alisar los terrenos.
- Se deben realizar por lo menos dos pasadas de rastra de discos, cada una perpendicular a la anterior.
- Es recomendable realizar esta labor inmediatamente después del inicio de las lluvias para realizar la siembra de forma inmediata.

En la preparación del suelo es importante arar (con suficiente anticipación a la siembra) para aflojar la capa arable e incorporar residuos, así como combatir las malas hierbas y plagas (15-20 cm). Rastrear en ciclos cortos al inicio de lluvias en función de la humedad del suelo, ya que esto facilita las labores de siembra, fertilización, aplicación de insecticida y herbicida.

Si la preparación del suelo es mecanizada, es conveniente realizar una arada, dos o tres rastreas; la nivelación del terreno para evitar el encharcamiento y una compactación ligera del suelo, para disminuir el problema del volcamiento. La arada se puede hacer a 15 ó 20 cm de profundidad dependiendo del tipo de suelo, ya sea liviano o pesado. Es conveniente hacer la segunda rastrea en forma perpendicular con respecto a la otra. La última rastrea es recomendable hacerla inmediatamente antes de la siembra.

En condiciones de suelos con pendientes importantes (> 30%) se recomienda la **labranza mínima** o cero labranza que consiste en la aplicación de un herbicida de contacto o sistémico para eliminar malezas, la siembra con espeque o macana y la aplicación de un herbicida pre-emergente luego de la siembra. Bajo estas condiciones el suelo no se altera prácticamente. La labranza mínima es un método adecuado para terrenos con pendientes fuertes, ya que evita la erosión al no remover, ni exponer el suelo a la acción del medio.

Si la maleza tiene más de 60 cm de altura, se debe chapear y dejarla entre 15-60 cm de alto, posteriormente aplicar un herbicida quemante o un graminicida quince días después de la chapea. Antes de la siembra, dependiendo del tipo de maleza presente, es recomendable aplicar herbicidas pre-emergentes o de pos-emergencia temprana.

Si es necesario, durante el desarrollo del cultivo se puede aplicar un herbicida quemante entre los veinticinco o treinta días después de la siembra dirigida y con pantalla. De no ser posible aplicar los herbicidas pre-emergentes, hacer el manejo de las malezas en forma manual con una o dos chapeas durante los primeros treinta días después de la siembra.

V. Siembra

Es muy importante usar semilla que sea de alta germinación (mínimo 80 %) y de pureza varietal, características que deben ser garantizadas por el proveedor de la semilla. Para el caso de los maíces híbridos, se debe adquirir nueva semilla para cada siembra. La semilla debe ser tratada con fungicidas antes de la siembra. En el momento de la siembra se recomienda también aplicar algún insecticida para prevenir el ataque de cortadores. Para sembrar una hectárea de maíz se necesitan 20 kg de semilla.

La siembra puede ser mecanizada (con el uso de sembradoras) o manual (mediante espeque). El primer sistema se recomienda para áreas grandes, donde la preparación del terreno haya sido mecanizada. La siembra manual, se realiza en áreas medianas o pequeñas, ya sea que hayan sido preparadas por medio de labranza mínima o con maquinaria.



Foto 16 : Siembra de maíz.
Fuente: Acosta M. 2008



Foto 17. Siembra en ladera.
Fuente: Bonilla N. 2008

En ambos sistemas de siembra, la densidad oscila entre 50.000 y 55.000 plantas por hectárea. En los cultivos a espeque, el abono se deposita en el fondo del hueco de siembra o bien se puede colocar en hoyos o sobre el suelo, a un lado de las plantitas recién germinadas. En la siembra mecanizada, el abono es adicionado durante la siembra con la sembradora. La profundidad de siembra varía entre 3 y 7 cm para propiciar una buena germinación. Cuando se siembran varias semillas por golpe, es conveniente hacer la ralea, ésta debe realizarse quince días después de la siembra, halando la planta o cortándola con un cuchillo dentro del suelo y dejando dos por golpe.

Recomendaciones para lograr una buena siembra:

1. Sembrar cuando la época de lluvia está bien establecida. La mejor época de siembra en Centroamérica va del 10 de Mayo al 15 de Junio bajo condiciones climáticas normales, ya que el trimestre con los días de luz más largos del año es mayo, junio y julio. En esta época el maíz se desarrolla mejor. Las siembras tardías están expuestas a una mayor incidencia de plagas y enfermedades.
2. Realizar muestreos en el campo para determinar insectos del suelo:
 - Dividir la siembra en lotes no mayores de 20 ha.
 - En cada lote hacer 10 a 20 hoyos de un metro cuadrado y de 0,50 m de profundidad.
 - Zarandear la tierra con una zaranda similar a la que usan los albañiles.
 - Anotar la cantidad y clase de insectos encontrados.
 - La simple presencia, sin tomar en consideración cantidades de insectos, no es suficiente índice para justificar hacer aplicaciones.

- Si se encuentran insectos en el 50 % de los hoyos haga aplicaciones específicas.
3. Si por razones de lluvia no se ha podido preparar bien el terreno y se han desarrollado malezas, asegúrese que éstas no tengan insectos, ya que éstos en estados larvales avanzados (gusanos grandes) son difíciles de controlar en las plantas de maíz pequeñas. Dosificaciones altas de insecticidas necesarias para controlar los insectos grandes podrían quemar las hojas tiernas del maíz recién nacido. Estos insectos pueden controlarse en la maleza aplicando productos que combaten una amplia gama de éstos.
 4. La profundidad de siembra debe ser de acuerdo a la humedad y tipo de suelo.
 5. La distancia de siembra con máquina debe ser de 75 a 90 cm entre surcos. En el raleo deje de 4 a 5 plantas por metro lineal. Busque una población productiva de aproximadamente 50.000 plantas por hectárea.

6. Es importante conocer bien su equipo de siembra, leyendo los manuales de operación que publica el fabricante. Use en las sembradoras los platos (discos) para el tamaño y forma de la semilla.
7. Es necesario sembrar al menos 8 granos por cada metro de surco, con semilla de 80 % de germinación o mayor.

Está comprobado que por razones ajenas al poder germinativo de la semilla, se pierde entre un 20 y 30 % de semillas y/ o plantas, por los siguientes motivos:

- Daño mecánico
- Profundidad de siembra
- Mala preparación del terreno
- Humedad excesiva o sequía
- Malezas
- Plagas
- Enfermedades y hongos
- Pájaros
- Roedores



Foto 18 : Riego por goteo en una plantación de maíz.
Fuente: Campos R. 2008



Foto 19 : Pivot 4.
Alta tecnología de riego

VI. Fertilidad



Foto 20. Adecuada fertilización. Fuente: Bonilla N. 2008

Una buena planificación para el manejo adecuado de la fertilidad del cultivo debe iniciarse con un análisis químico del suelo. Con esta herramienta se puede hacer una estimación de la disponibilidad de nutrientes para la planta durante su ciclo de desarrollo, ya que es posible evaluar ciertos parámetros que son de suma importancia en la fertilidad como lo es el pH, acidez, o aluminio intercambiable, suma de bases y la saturación de acidez que presenta el suelo (Molina 1998, Bertsch 1995).

Primero se debe de establecer las necesidades de encalado, para la cual se recomienda la siguiente fórmula:

$$t \text{ CaCo}_3/\text{ha} - 1,50 (\text{Al-RAS})(\text{CICE}) \times \&/ 100.$$

Donde: Al= % de saturación de acidez existente en el suelo.
 RAS= % de saturación de acidez deseado.
 CICE= Capacidad de intercambio catiónica efectiva.
 &= 100/ PRNT
 PRNT= Poder relativo de neutralización total.

Este material en lo posible se debe incorporar durante la preparación del suelo. Debe existir suficiente humedad para que reaccione. El pH para este cultivo debe ser superior a 5,50 y se recomienda aplicar la cal 90 días antes de la siembra.

Aunque, sólo relativamente pequeñas cantidades totales de nutrientes, son requeridas en los estados muy tempranos de desarrollo de la planta, altas concentraciones de nutrientes en la zona radicular en esta época son beneficiosas para promover un temprano crecimiento en la planta. Este es el período en que todas las diferentes partes de la planta han sido iniciadas y comienzan a crecer. Aunque la cantidad de nutrientes absorbidos es relativamente pequeña, el tamaño final de las hojas, mazorcas y otras partes de la planta dependen

en gran parte de que haya habido un adecuado suplemento de nutrientes disponibles para la planta durante la primera parte de la etapa de crecimiento.

La colocación del fertilizante a una banda a 5,00 cm al costado y ligeramente por debajo de la semilla es importante para que las raíces primarias puedan interceptar esa banda de fertilizante.

En estados posteriores de crecimiento, las plantas requieren cantidades mucho mayores de nutrientes. Estos deben estar en suelo húmedo para que efectivamente puedan ser absorbidos por las raíces.

- Los suelos en Centroamérica son pobres en nitrógeno, el fósforo existe de niveles medios a altos, el potasio en niveles medios y altos también, el magnesio es adecuado y en la mayoría de casos el contenido de azufre es bajo.
- **Suelos arenosos:** generalmente no tienen nitrógeno, el fósforo es bajo a medio, el potasio existe en medianas cantidades, carecen de azufre y en algunos casos son deficientes en magnesio (Mg), zinc (Zn) y boro (B).
- **Suelos francos:** entre franco arenoso y franco arcilloso, aunque son los mejores suelos, generalmente no tienen niveles adecuados de nitrógeno, pero por tener cantidades apreciables de materia orgánica, requieren menor cantidad de fertilización nitrogenada, el fósforo en estos suelos se encuentra en cantidades de medianas a altas; el potasio aparece alto, hay deficiencia de azufre y el magnesio, boro y zinc existen en niveles adecuados.
- **Suelos pesados:** generalmente no tienen nitrógeno, el fósforo no es abundante o es poco asimilable,

el potasio se encuentra en niveles medios o altos, suelen tener deficiencias de magnesio y azufre y los niveles de boro y zinc son variables.

El maíz es muy exigente en elementos nutritivos, comparado con otros cultivos. En un plan de fertilización se debe tomar en cuenta, el análisis químico del suelo, la época más apropiada para abonar, la colocación del abono en el suelo y las formas y cantidades de fertilizante.

Bertsh (1995) explica que para la interpretación de un análisis de suelo se debe utilizar la tabla de niveles críticos o niveles de concentración de nutrimentos extraídos del suelo, por encima de los cuales la posibilidad de encontrar respuesta a la fertilización es muy baja y por debajo de los cuales muy probablemente los rendimientos serán pobres. En el Cuadro 3 se presenta la tabla de niveles críticos que se usa en el país. Este cuadro no establece diferencias por grupo de suelo ni de cultivo.

Cuadro 3. Cuadro de diagnóstico para análisis de suelos (MAG-CATIE) para todos los suelos, cultivos y soluciones extractoras.

		Bajo	Medio	Alto
pH		< 5.5	5.6 - 6.5	> 6.5
Acidez	cmol/L	< 0.5	0.5 - 1.5	> 1.5
S. A.	%	< 10	10 - 50	> 50
Ca	cmol/L	< 4	4 - 20	> 20
Mg	cmol/L	< 1	1 - 5	> 5
K	cmol/L	< 0.2	0.2 - 0.6	> 0.6
Suma de bases	cmol/L	< 5	5 - 25	> 25
CICE	cmol/L	< 5	5 - 25	> 25
P	mg/L	< 10	10 - 20	> 20
Fe	mg/L	< 10	10 - 100	> 100
Cu	mg/L	< 2	2 - 20	> 20
Zn	mg/L	< 2	2 - 10	> 10
Mn	mg/L	< 5	5 - 50	> 50
B	mg/L	< 0.2	0.2 - 1	> 1
S	mg/L	< 12	12 - 50	> 50
M. O.	%	< 2	2 - 10	> 10
Relaciones de cationes	Ca/Mg	Ca/K	(Ca + Mg)/K	Mg/K
	2 - 5	5 - 25	10 - 40	2.5 - 15

Fuente: MAG-CATIE

Existe una secuencia lógica en la interpretación del análisis de suelos que se puede esquematizar de la siguiente manera:

El fósforo, potasio y una parte del nitrógeno se aplican a la siembra mediante fórmulas de fertilizante completo como 10-30-10 y 12-24-12. El resto del nitrógeno se aplica en una segunda abonada a las tres o cuatro semanas después de establecido el cultivo en una o dos aplicaciones fraccionadas.

En zonas muy lluviosas y de suelos muy arenosos, es aconsejable fraccionar esta fertilización en dos partes, una a las dos semanas después de sembrar y la otra, tres o cuatro semanas, luego de la siembra. Esta aplicación de nitrógeno, debe efectuarse sobre la superficie del terreno y cerca de la base de la planta, a chorro continuo en los surcos y después de que haya llovido. Las cantidades de abono a usar variarán de acuerdo a la fertilidad natural del suelo:

- Para suelos de fertilidad media a alta se recomienda las siguientes cantidades:

100 kg de nitrógeno/ha.
60 kg de fósforo/ha.
40 kg de potasio/ha.

- Para suelos de baja fertilidad se recomienda:

100 kg de nitrógeno/ha.
90 kg de fósforo/ha.
50 kg de potasio/ha.

Para suministrar dichas cantidades, se puede usar: 200 kg de 10-30-10 ó 250 kg de 12-24-12 por hectárea en la siembra. Para la aplicación posterior de nitrógeno, utilizar 200 kg de urea, 250 kg de nitrato de amonio ó 300 kg de sulfato de amonio, tres o cuatro semanas después de la siembra. En suelos de zonas con alta precipitación, se deben aplicar estos abonos nitrogenados en mitades, de acuerdo a lo mencionado anteriormente.

A continuación se presenta una estandarización (Figura 1) para el diagnóstico de los resultados de un análisis de suelos:



Figura 1. Estandarización para el diagnóstico de los resultados de un análisis de suelos.

Como se mencionó anteriormente, la necesidad de encalado se calcula de la siguiente manera:

$$t \text{ Ca CO}_3/\text{ha} = \frac{1,50 (\text{Al} - \text{RAS}) (\text{CICE})}{100} \times f$$

En cualquier plan de manejo de fertilización se debería establecer la siguiente secuencia lógica de consideraciones:

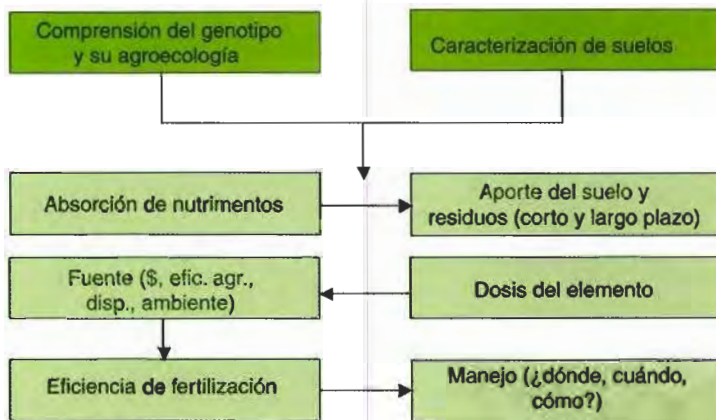


Figura 2. Secuencia lógica de consideraciones del plan de manejo de la fertilización.

Para la toma adecuada de una muestra de suelo se deben seguir las siguientes recomendaciones generales:

- Toma de muestras
- Sub-muestras (20 – 30 cm)
- Identificación adecuada
- Ubicación del área muestreada
- Envío de la muestra al Laboratorio

A continuación se da un ejemplo de cómo se puede obtener una muestra de suelo compuesta para análisis de fertilidad, mediante diferentes esquemas de muestreo.

- En el muestreo de suelos se puede señalar algunos aspectos o factores importantes a considerar:

Profundidad del muestreo

1. Representatividad (conceptos geomorfológicos o de manejo)
2. Número de sub-muestras por muestra
3. Sistemática
4. El cultivo (en cuanto a su distribución radical)
5. Época (fenología de la planta, tiempo a fertilización, periodicidad en el año)
6. Proceso de cuarteo de la muestra



MUESTREO CON PALA



Figura 3. Muestreo para llevar una cantidad de suelo al laboratorio para análisis

Cuadro 4. Niveles críticos para la interpretación de análisis de suelos.

Elemento	MO mg/l	P cm/l	K cm/l	Ca cm/l	Mg cm/l	S mg/l	B mg/l	Cu mg/l	Mn mg/l	Fe mg/l	Zn mg/l
Nivel crítico	5,00	10,00	0,20	4,00	1,00	12,00	0,20	1,00	5,00	10,00	3,00

Fuente: Bertsch 1995.

Por medio del análisis foliar se puede determinar el estado nutricional de la planta y relacionar los resultados con el análisis de suelo donde se encuentra el cultivo. Con base en las concentraciones de elementos reportados en el análisis y un cuadro de ámbitos adecuados de nutrimentos se puede establecer si el cultivo padece deficiencias nutricionales o toxicidad por micro nutrientes.

El nivel crítico de deficiencia foliar, es el contenido de un elemento en cierto tejido indicador por debajo del cual se espera una respuesta significativa a la aplicación del elemento y por encima del cual no se espera respuesta. Igualmente, el nivel crítico de toxicidad determina el contenido del elemento por encima del cual la planta sufre intoxicación por exceso de ese elemento. Entonces el rango normal para el mejor crecimiento de la planta esta entre el nivel crítico de deficiencia y el nivel crítico de toxicidad. Esto quiere decir que el óptimo económico debe estar dentro de ese rango.

Cuadro 5. Ámbitos adecuados para el cultivo de maíz.

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Ámbito	3,50 a 5,00	0,30 a 0,5	2,50 a 4,00	0,30 a 0,70	0,15 a 0,45	0,75 a 0,50	5,00 a 25,00	5,00 a 20,00	50,00 a 250,00	20,00 a 300,00	20,00 a 60,00

Fuente: Bertsch 1995

La elaboración de un programa de fertilización debe basarse en el análisis de suelo que se le realizará al sitio donde se establecerá el cultivo; en los resultados encontrados en el análisis foliar de cultivos anteriores o aledaños y en los requerimientos nutricionales del cultivo de maíz. La cantidad de nutrimentos que requiera o absorba un cultivo durante su ciclo de vida está en función directa al rendimiento de ese cultivo.

Cuadro 6. Requerimientos nutricionales del cultivo de maíz para alcanzar un rendimiento de 5 ton/ ha.

Rendimiento/ha	N	P	K kg/ha	Ca	Mg	S	Lugar
5 toneladas	170	30	60	23	25	20	Colombia

Fuente: Bertsch 1995.

Algunas empresas semilleras recomiendan para los suelos de Centroamérica y para sus híbridos (según estudios realizados por estas empresas) las siguientes dosis:

Nitrógeno: 143 a 180 kg/ha

Fósforo: 35 a 115 kg/ha

Potasio: 0 a 100 kg/ha

A la vez recomiendan usar niveles altos de fósforo y potasio únicamente después del análisis de suelo. El potasio debe ser usado racionalmente ya que el mismo puede resultar tóxico o causar desbalances nutricionales. Como fuente de nitrógeno se recomienda usar el sulfato de amonio o nitro-Sulfato amónico como fuente básica ya que ambos productos contienen el azufre, necesario para suplir la deficiencia común en nuestros suelos.



Foto 21. Primera fertilización nitrogenada.
Fuente: Bonilla N. 2008

A manera de recomendación general para el cultivo del maíz se pueden considerar los siguientes valores, sin embargo, para cada recomendación se debe partir de un análisis particular de la condición de fertilidad particular de cada suelo, variedad y sistema de producción.

Para un nivel de fertilidad media - alta se recomiendan las siguientes cantidades:

N = 100 kg/ ha (25 % siembra y 75 %, 25 DDS)

P₂O₅ = 60 kg/ ha (100 % siembra)

K₂O = 40 kg/ ha (100 % siembra)

Estas cantidades se pueden suministrar con las siguientes dosis:

200 kg de 10-30-10 ó 250 kg de 12-24-12 a la siembra.

200 kg de Urea ó 250 kg de Nutrán a los 25 días después de la siembra (DDS)

1. **Fertilización durante la siembra:** 100 kg/ha de la fórmula 18-46-0.
2. **Fertilización:** 240 kg/ ha de sulfato de amonio.
3. **Fertilización anterior a la floración:** Cuando las plantas tienen entre 0,60 m y 1,00 m aplicar 130 a 190 kg/ ha. En los suelos deficientes con potasio se puede usar una fórmula con potasio o agregar cloruro de potasio durante la segunda fertilización. En los suelos deficientes de magnesio usar una fórmula 15-15-6-4.

Se debe comprobar previamente que el nivel de potasio es adecuado, lo cual es común en nuestros suelos.

Importancia de los diferentes nutrientes para el cultivo

Nitrógeno:

Funciones principales

1. Forma parte de proteínas, clorofila, alcaloides y enzimas responsables de regular el crecimiento y formación del material vegetal.
2. Relación carbono/ nitrógeno (C/ N)
3. Asociado al potasio en la formación de la parte vegetativa.
4. Desarrollo de inflorescencias.
5. Mayor número de granos.

Deficiencias

1. Hojas viejas.
2. Amarillamiento uniforme de toda la hoja.
3. Desde la base de la planta hasta la punta.
 - Se requiere entre 170 y 230 kg/ ha.
 - Forma parte de la proteína y la clorofila.
 - Es necesario para la fotosíntesis.
 - El suministro adecuado incrementa la eficiencia del uso del agua.
 - Se utiliza tanto Nitrato como Amonio.
 - Más de 110 kg/ha son requeridos durante los primeros 50 días, el requerimiento llega hasta 4 kg/ha/día en los picos de absorción.
 - La tasa de absorción varía entre híbridos.

Fósforo:

- El cultivo puede tomar más de 110 kg/ ha.
- Es esencial para el crecimiento vigoroso de las raíces y partes aéreas.
- Es necesario en el almacenamiento y transferencia de energía en la planta.
- Es inmóvil en el suelo y se mantiene donde se coloca.
- Ayuda a sobreponer los efectos de la compactación.
- El suplemento adecuado incrementa la eficiencia del agua. Adelanta la madurez, disminuye la humedad del grano en la cosecha.

Potasio:

- Mayor disponibilidad del Nitrógeno.
- Es esencial para muchos sistemas enzimáticos.
- Reduce la incidencia del acame y enfermedades.
- Ayuda a tolerar el estrés de la humedad, aumenta la eficiencia del uso del agua.
- Cuando es limitante afecta la velocidad de casi todos los sistemas biológicos de la planta.

Azufre:

- Forma parte de muchos aminoácidos y de la proteína.
- Puede incrementar la eficiencia del uso de fósforo y el nitrógeno.
- Esencial para la formación de la clorofila.
- Un cultivo de alta producción toma más de 30 kg/ ha.
- La planta toma el azufre en forma de sulfato.

Magnesio:

- Parte de la clorofila.
- Se encuentra en la fotosíntesis.
- Activa muchos sistemas enzimáticos.
- Un cultivo de alta producción toma 30 kg/ ha.

Micronutrientes:

- Importantes en el crecimiento temprano de la planta.
- Las deficiencias se observan rápidamente en las plantas jóvenes.
- El Zn es el primer micronutriente limitante.
- El balance del potasio y boro es importante para la planta.
- Alta disponibilidad de fósforo puede limitar la absorción de Zn, Cu y Mn.
- La severidad de las deficiencias puede variar entre híbridos.

Las deficiencias son mayores en suelos que presentan bajos niveles de materia orgánica, compactos y suelos que han sido nivelados.



Foto 22. Lavado de nutrientes. Fuente: Bonilla N. 2008

Síntomas de deficiencia o toxicidad

Nitrógeno: No es de fácil determinación en las etapas tempranas de crecimiento y los síntomas severos rara vez se presentan antes de que la planta haya llegado a la altura de la rodilla. Sin embargo, existe escasez de nitrógeno si las plantas jóvenes tienen una apariencia verde amarillenta. El síntoma se inicia con un amarillento en las plantas de las hojas bajas que gradualmente se expanden entre las nervaduras y luego continúa en las hojas más altas de la planta.

Fósforo: La deficiencia aparece cuando las plantas son muy jóvenes. El síntoma se presenta como una mancha de color rojiza púrpura en las hojas. El fósforo controla el tamaño del tallo y la formación de la mazorca. Un buen indicador de la deficiencia de fósforo es la presencia de tallos torcidos y débiles que no tienen mazorcas o éstas son pequeñas y deformes.

Potasio: La deficiencia de potasio aparece como una "quemadura" o coloración café en los filos de las hojas más cercanas al suelo. Otros síntomas son la presencia de una coloración café oscuro en el interior de los nudos del tallo que se pueden observar cortando el tallo a lo largo. Aún cuando la deficiencia de potasio puede no tener mucho efecto en el tamaño de las mazorcas, como ocurre con la deficiencia de fósforo y nitrógeno, los granos en la punta de la mazorca no se desarrollan.

Cobre: Una severa deficiencia de cobre aparecerá en las plantas jóvenes como un secamiento de las puntas de las hojas superiores y una torcedura y secamiento de las hojas más nuevas.

Zinc: Crecimiento desigual del cultivo con la presencia de crecimiento normal, otras muy pequeñas de solamente 40 a 50 cm de altura en el momento de la floración.

Boro: Se puede presentar en suelos bien fertilizados en donde se presentan plantas sin mazorca.

Necesidades nutricionales

Nitrógeno: El maíz absorbe casi todo el nitrógeno en forma de NO₃ pero este sólo se almacena en el suelo en pequeñas cantidades, a causa de la lixiviación y desnitrificación. Se estima que por quintal de grano producido, el maíz requiere entre 2,00 y 2,50 kg de Nitrógeno ó de 17 a 23 kg/ t.

Otros nutrientes fundamentales son fósforo y potasio, los que generalmente se aplican al momento de la siembra. El nitrógeno debe aplicarse de manera fraccionada. Se utiliza tanto el nitrato como el amonio. Más de 110 kg/ha son requeridos durante los primeros 50 días, el requerimiento llega hasta 4 kg/ha/día en los picos de absorción, éstos varían entre híbridos. Existen aproximadamente 25 g de N por cada kg de rendimiento de raíces, forraje y grano. La relación en cuanto a necesidades de N, P y K es 1,00:0,38:1,19 respectivamente.

Fósforo: La mayor cantidad de fósforo que la planta necesita es absorbida continuamente por las raíces en forma de los componentes químicos H₂PO₄ y HPO₄, muy pequeñas cantidades se absorben en forma orgánica. Por su baja movilidad y solubilidad debe ser aplicado 4 a 5 cm al lado y por debajo de la semilla. El requerimiento normal de maíz es de 0,40 kg por

quintal producido, el periodo crítico de su utilización por la planta, se extiende desde la germinación y hasta los 45 días. En suelos con pH menores de 6,50 ó mayores a 7,80 parte de fósforo se inactiva.

Potasio: Un cultivo de maíz de 10 t/ha toma más de 100 kg/ha, mayor disponibilidad de nitrógeno incrementa los requerimientos.

Azufre: Un cultivo de alta producción requiere más de 30 kg/ha. La planta toma el azufre en forma de sulfato.

Magnesio: El maíz requiere 30 kg/ha.

Una vez obtenido el resultado del análisis de suelo por parte del laboratorio se deben tener en consideración algunas conversiones para expresar en kg/ha los valores obtenidos del mismo.

1 cmol/ l de:	Equivale a kg/ ha
K	780
Ca	400
Mg	244
Al	180
1 mg/ l de P	2

Ejemplo de Informe de Resultados de Laboratorio:

A continuación se presenta un cuadro característico de resultados de un análisis de suelo.

IDENT.		cmol(+)/ l					mg/ l					
# LAB.	# CAMPO	pH	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe	
305	1,00	5,00	1,40	1,50	0,30	0,13	5,00	1,00	5,00	6,00	200,00	

% de MO = 6,60
CICE = 3,35

% Saturación. Acidez = 42,00
% RAS = 25,00

Suma de bases = 1,93

Ca/ Mg= 5,00
(2,00 – 5,00)

Mg/ K= 2,31
(2,50-15,00)

Ca+Mg/ K = 13,80
(10,00-40,00)

Para la aplicación de fertilización se debe tomar en cuenta lo siguiente:

El cultivo, la zona, el clima, el tipo de explotación, la condición del agricultor, aspectos económicos entre otros.

Para el cálculo de la cantidad de fertilizante a aplicar se aplica la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Requerimientos del cultivo} - \text{Contenido en suelo}}{\text{Eficiencia del fertilizante}}$$

A continuación se presenta un ejemplo de recomendación de fertilización:

Requerimiento del cultivo (kg/ ha):

N	P ₂ O ₅	K ₂ O
80	60	80

Cálculo para Fósforo P (como P₂O₅):

Contenido en el suelo =
5,00 x 2,00 x 2,29= 22,00 kg/ ha

Fertilizante a aplicar:
(60,00 – 22,00)/ 0,50 = 76,00 kg/ ha de P₂O₅

Cálculo para Potasio K (como K₂O):

Contenido en el suelo =
0,13 x 780,00 x 1,20= 122,00 kg/ ha

Para mantener:
0,20 x 780,00 x 1,20= 187 kg/ ha de K₂O

Fertilizante a aplicar:
(187,00-122,00)/ 0,80 = 81,00 kg/ ha de K₂O

Cálculo para Nitrógeno N:

Fertilizante a aplicar:
80/ 0,70= 114 kg/ ha de N

En el ejemplo, se deben aplicar:

76 kg/ ha de P₂O₅

81 kg/ ha de K₂O

114 kg/ ha de N

Fórmula comercial 10-30-10:

5 sacos de la fórmula contienen:
75 kg de P₂O₅; 25 kg de K₂O; 25 kg de N

Faltan:
56 Kg. de K₂O (+ 2 sacos de KCl)
89 Kg. de N (+ 4 sacos de urea ó 5 sacos Nutrán)

Con relación a los problemas de acidez en suelos éstos se pueden ubicar en categorías de acuerdo con el pH del suelo de la siguiente manera:

Cuadro 7. Categorías de acidez para diferentes rangos del pH

Categoría	Rangos de pH
Fuertemente ácido	4,50 – 5,50
Ligeramente ácido	5,50 – 6,90
Alcalino	> 7,00

Fuente: Vargas A. 2008

Cmol Al⁺⁺⁺/ l de suelo > de 0,50
 Porcentaje de saturación > de 10,00
 Suma de bases < de 5,00 cmol/l

Neutralización de la acidez del suelo
 1 t Ca CO₃/ ha = 1 cmol Ca/l
 0,50 -1,00 cmol Al/l

Porcentaje Saturación de acidez:
 Al⁺⁺⁺ X 100 / CICE

RAS: Tolerancia a la acidez de algunos cultivos (25%)

Acidez x 1,50: ton Ca CO₃/ ha

1,80 (% Saturación Acidez – RAS)
 CICE/ 100= ton Ca CO₃/ ha

Fuente: Cochrame 1980

2,00 (% Saturación Acidez – RAS)
 CICE / 100= ton Ca CO₃/ ha
 (Modificación)

CICE: Ca + Mg + K + Al

Cada cultivo posee un nivel de tolerancia de saturación de acidez de acuerdo con los siguientes valores:

Maíz	30,00 – 40,00 %
Sorgo	15,00 %
Frijol	10,00 %
Yuca	75,00 %
Café	40,00 %

En el Cuadro 8, se presentan las diferentes composiciones de algunos

productos fertilizantes y que resultan útiles para los cálculos de fertilizante a aplicar.

Cuadro 8. Composición porcentual de algunos fertilizantes.

Producto	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Ca	S
Nitrato de amonio	33,50					
Sulfato de amonio	15,00					
Urea	46,00					
Superfosfato		20,00				
Superfosfato triple		46,00				
Cloruro de potasio			60,00			
Sulfato de potasio			50,00			17,00
Sulfato de K y Mg			22,00	18,00		

Fuente: Vargas A 2008

Algunos factores de conversión son:

$$\text{Ca} \times 1,40 = \text{CaO}$$

$$\text{Mg} \times 1,66 = \text{MgO}$$

$$\text{P} \times 2,29 = \text{P}_2\text{O}_5$$

$$\text{K} \times 1,20 = \text{K}_2\text{O}$$

$$\text{B} \times 3,18 = \text{B}_2\text{O}_3$$

$$\text{S} \times 3,00 = \text{SO}_4$$

Muchas veces, aunque se aplican fertilizantes en los cultivos no se toma en cuenta la eficiencia de los mismos de acuerdo a su fuente originaria. A continuación se presentan algunos datos al respecto:

Nitrogenados: 70,00 a 50,00 %

Fósforo (P) : 50,00 a 30,00 %

Potasio (K) : 80,00 a 60,00 %

Definiciones importantes:

CICE = Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva. Suma de Ca + Mg + K + Al.

% **Saturación de Aluminio** = % de Aluminio Intercambiable respecto a la CICE.

% **Saturación de Aluminio deseado RAS**= % de Aluminio intercambiable al cual se desea que se desarrolle el cultivo

% **Saturación de Bases** = % de la suma de Ca + Mg + K respecto a la CICE.

% Saturación de Bases deseado = % Saturación de bases al cual se desea que se desarrolle el cultivo

PRNT = Poder Relativo de Neutralización Total.

$$\text{PRNT} = \frac{\% \text{ EG} \times \% \text{ EQ}}{100}$$

EG = Eficiencia Granulométrica. % de enmienda que pasa por malla de 60 mesh.

EQ = Equivalente Químico. Es la Capacidad de neutralización de la enmienda con relación al CaCO₃ puro, el cual tiene un valor del 100 %.

Es importante conocer la composición química y la calidad de los productos que aplicamos al suelo. Algunos de ellos se presentan a continuación:

Cuadro 9. Composición química y calidad de algunas enmiendas

Lugar	Material	EG	EQ	PRNT
Azul Turr.	CaCO ₃	99,90	100,00	99,00
CEMPASA Patarrá	CaCO ₃	98,30	82,80	81,40
Fila de Cal Coto Brus	CaCO ₃	62,70	89,10	55,90
Belice	Dolomita	93,00	107,30	99,80
Honduras	Dolomita	96,60	105,50	101,70
Guatemala	Dolomita	82,60	103,70	85,70
CEMPASA Patarrá	Cal + Magox	92,60	106,70	98,80

Fuente: Molina E. 1998

Por lo tanto, si se cuenta con los datos del análisis de suelo y cálculos realizados previamente, se pueden hacer algunos cálculos, útiles para el cultivo de maíz.

Análisis de suelo

cmol(+)/L					Porcentaje			
pH	Ca	Mg	K	Al	CICE.	Sat. Al	RAS	Sat. Bas.
4,90	1,80	0,40	0,20	1,60	4,00	40,00	10,00	60,00

Cálculo de la dosis de CaCO₃ por medio de la fórmula de Pedro Sánchez.

$$t \text{ CaCO}_3 / \text{ha} = \frac{1,80 (\% \text{ Sat. Al} - \text{RAS}) \text{ CICE}}{100}$$

$$t \text{ CaCO}_3 / \text{ha} = \frac{1,80 (40,00 - 10,00) 4,00}{100} = 2,16$$

Cálculo de la dosis de CaCO₃ por medio de la fórmula de Bernardo Van Raij.

$$t \text{ CaCO}_3 / \text{ha} = \frac{(\text{Sat.B.des} - \text{Sat .B.su}) \text{ CICE}}{100} f$$

$$t \text{ CaCO}_3 / \text{ha} = \frac{(90,00 - 60,00) 4,00}{100} 1,00 = \frac{120,00}{100} = 1,20$$

Cálculo de la dosis de CaCO₃ por medio de la fórmula modificada.

$$t \text{ CaCO}_3 / \text{ha} = \frac{1,50(\text{Sat. Al} - \text{RAS}) \text{ CICE}}{100} f$$

$$t \text{ CaCO}_3 / \text{ha} = \frac{1,50 (40,00 - 10,00) 4,00}{100} 1 = 1,80$$

Cálculo de las dosis de fertilizantes a aplicar en los cultivos.

$$\text{Dosis} = \frac{\text{Requerimiento del cultivo} - \text{Existencia en el suelo}}{\% \text{ de eficiencia del fertilizante.}}$$

Cuadro 10. Determinación de contenido en el suelo. Transformación de los datos de los análisis de suelo a kg/ha del elemento.

Elemento	Cantidad	Concentración	Factor de Conversión	Ex.kg/ ha
Fósforo		mg/ l	2	
Potasio		cmol(+)/ l	780	
Calcio		cmol(+)/ l	400	
Magnesio		cmol(+)/ l	240	
Azufre		mg/ l	2	
Boro		mg/ l	2	
Cobre		mg/ l	2	
Hierro		mg/ l	2	
Manganeso		mg/ l	2	
Zinc		mg/ l	2	

Fuente: Vargas A. 2008

Requerimientos Nutricionales del Maíz.

Se han realizado estudios para determinar las necesidades de la planta de maíz, en los Cuadros 11 y 12 se muestran algunos de los resultados de estos estudios.

Cuadro 11. Necesidades nutricionales del maíz en kg/ ha según el nivel de producción deseado.

Elemento	Nivel de Producción 1,00 t/ha	Nivel de producción 4,00 t/ha
Nitrógeno (N)	40,00 kg	115,00 kg
Fósforo (P ₂ O ₅)	20,00 kg	100,00 kg
Potasio (K ₂ O)	10,00 kg	50,00 kg
Azufre (S)	6,00 kg	30,00 kg
Magnesio (Mg)	8,00 kg	40,00 kg

Fuente: Fertica 2000.

Cuadro 12. Requerimientos de los cultivos en kg/ ha.

CULTIVO	REND.	N t	P g/ha	K	Ca kg/ha	Mg	S
Maíz	1,00	40,00	9,00	33,00	8,00	5,00	—
Maíz	3,00	72,00	16,00	45,00	4,00	4,00	5,00
Maíz	5,00	170,00	30,00	60,00	23,00	25,00	20,00
Maíz	7,00	200,00	34,00	130,00	31,00	24,00	—
Frijol	1,00	68	16,00	59,00	—	—	—
Frijol	1,00	102	24,00	89,00	—	—	—

Fuente: Bertsh F. 1998

Según las necesidades de la planta y los contenidos, se puede diseñar un programa de fertilización para un caso particular de una finca. En este sentido se presentan en los Cuadros 13 y 14 dos ejemplos para un programa de fertilización. Es importante indicar que para cada caso particular se debe establecer un programa de manejo de la fertilización y actualizarlo cada tres años.

Cuadro 13. Programa 1

			Niveles suplir				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S
Siembra	10-30-10 Nutramón	6	30	90	30	-	-
		2	30	-	-	-	-
15 - 20 DDS	Nutrán K Mag	3	45	0	0	-	-
		2	-	-	22	18	22
35 DDS	Nutrán	3	45	-	-	-	-
Total		16	150	90	52	18	22

DDS: Días después de la siembra.

Fuente: Fertica 2000.

Cuadro 14. Programa 2

			Niveles suplir				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S
Siembra Nutramos	10-30-10	6	30	90	30	0	-
		2	20	-	-	8	-
15-20 DDS	Nutrán K Mag	3	45	0	0	0	0
		1	-	-	22	18	22
30-35 DDS	Nutrán	3	45	0	0	0	0
Total		15	140	90	52	26	20

Fuente: Fertica 2000

Así mismo, seguidamente se presentan las fórmulas para el cálculo de las dosis de fertilizante para el cultivo del maíz, para obtener un rendimiento de 5 t/ha grano, en un suelo con 5 mg/l de P y 0,11 cmol (+)/l de potasio.

$$\text{Dosis de P} = \frac{30 - 10}{0,40} = 50 \text{ kg}$$

$$\text{Dosis de P}_2\text{O}_5 = 50 \times 2,29 = 114,50 \text{ kg}$$

$$\text{Sacos de 10-30-10} = 114,50 / 30 = 3,83$$

$$\text{Dosis de K} = \frac{60 - 85}{0,80} = \text{el suelo suple los requerimientos de potasio.}$$

$$\text{Dosis de N} = \frac{170,00 - 0}{0,70} = 242,80 \text{ kg}$$

$$\text{Ajuste de dosis} = 242,80 - 38,20 = 204,66 \text{ kg}$$

$$\text{Sacos de Urea} = 204,66 / 46,00 = 4,40$$

Finalmente de manera resumida se presenta un esquema que muestra con base en los resultados de análisis de suelo y las etapas de desarrollo de cultivo las estrategias de manejo de la fertilización para el cultivo del maíz.

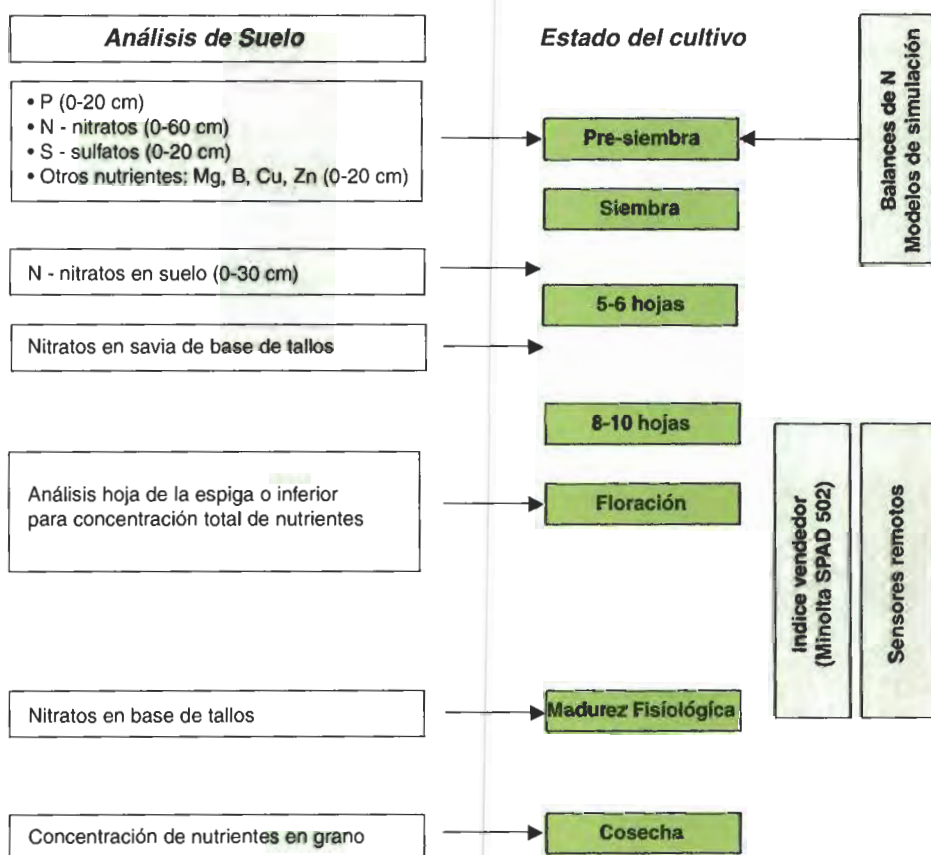


Figura 4. Metodologías disponibles para evaluar la nutrición del cultivo de maíz desde pre-siembra a cosecha. Fuente: Novoa y Villagrán 2002.

VII. Combate de Malezas

¿Qué es una maleza?

Son todas aquellas plantas que compiten con los cultivos y reducen tanto los rendimientos como la calidad de la cosecha, obstaculizando la recolección de la misma. En este sentido podríamos preguntar ¿qué, o por qué, compiten o interfieren las malezas con el cultivo del maíz?

La interferencia de las malezas con el maíz y en general con los cultivos, es la suma de la competencia por agua, luz, nutrimentos y bióxido de carbono. De esta manera tenemos pérdidas, tanto en calidad como en cantidad, pérdida de energía no renovable. Por lo tanto se puede o no, permitir el desarrollo de malezas en el cultivo.

Es importante establecer el concepto de **período crítico de competencia**, que es el momento en el ciclo de crecimiento de las plantas cultivadas cuando las malezas ocasionan el mayor daño económico, significativo e irreversible (ver Figura 5)

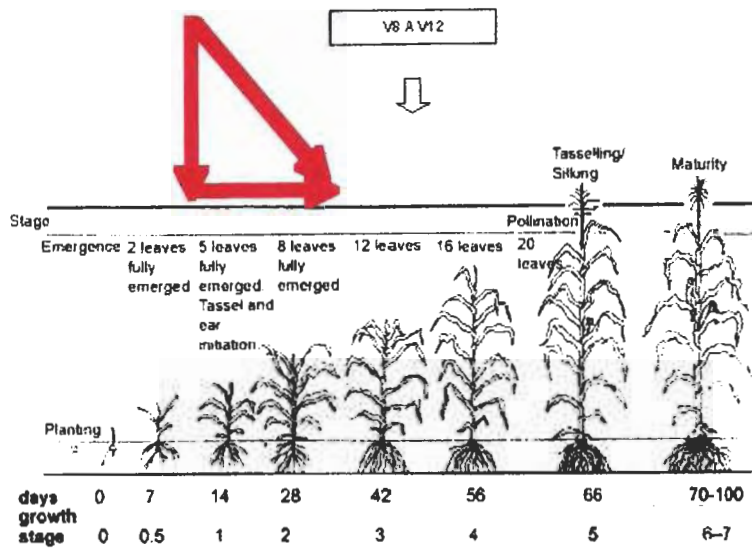


Figura 5. Período crítico de competencia de malezas en el cultivo del maíz.



Foto 23. Problemas de malezas. Fuente: Acosta M. 2008.

Se pueden citar algunas razones que conllevan las malezas a pérdidas en el cultivo del maíz.

- Pueden reducir el rendimiento hasta en un 75 %.
- Retardan el desarrollo normal del cultivo (3 cm/ día) .
- Causan alelopatía (sustancias liberadas al medio por una planta ya sea en su estado de desarrollo o de descomposición) sobre el cultivo (inhiben germinación).
- Permiten que en ellas se mantengan otras plagas que atacan al maíz.

Las malezas son una asociación o mezclas de diversas especies que compiten con el maíz por luz, nutrientes, agua y espacio o son hospederas

de microorganismos que son fuente de inóculo de virus, hongos, bacterias y agentes que causan enfermedades, o bien son hospederas de plagas que atacan al maíz. Sin embargo, su presencia en forma controlada, tiene diversas ventajas tales como ser fuente de materia orgánica para el suelo, disminuyen el efecto de la erosión, en ocasiones las malezas sirven de trampas para las plagas que de lo contrario atacarían al maíz. Las malezas leguminosas, pueden fijar el nitrógeno del aire mejorando la fertilidad del suelo. Por lo anterior el manejo de malezas debe ser tal que se logre un equilibrio que no cause problema que dañen la producción y calidad del grano o el forraje.

Las malezas pueden ser plantas silvestres o cultivadas y son problema cuando causan daños múltiples: milpas débiles con baja o nula producción, dificultad para el manejo del cultivo, presencia de espigas, zarcillos o bejucos que se enredan en las plantas favoreciendo el acame o la quiebra de la plantación.

Para fines de control, las malezas se clasifican en dos grandes grupos:

- Plantas de hoja ancha (dicotiledóneas).
- Planta de hoja angosta (monocotiledóneas) gramíneas y ciperáceas, que pueden ser anuales, perennes, de propagación sexual, asexual o ambas con diversas modalidades de hábitos de crecimiento.

Métodos de control:

Es económico y aconsejable a corto, mediano y largo plazo el combate oportuno de las malezas. Erradicarlas no es posible, ni debe de ser el objetivo, por los beneficios relativos que ocasionan, pero si es posible su control. Los métodos más comunes de combate son: preventivos, culturales, biológicos y químicos.

Preventivos:

Antes de la siembra y en atención al tipo de maleza, es posible quemar, inundar, pasar el arado, etc. con el fin de eliminar la mayor cantidad de malezas para así realizar una adecuada preparación del terreno. El monocultivo del maíz es poco aconsejable y recomendable si se hace un adecuado manejo del suelo.

Culturales:

Los cuidados culturales son prácticas que requieren el uso de herramientas o aperos capaces de remover la superficie del suelo a escasa profundidad de modo que las malezas jóvenes sean destruidas y el crecimiento de las plantas cultivadas se acelere. La primera de esas prácticas es la buena preparación del suelo, para la cama de siembra.

Las malezas generalmente son problemas en los primeros 15 a 45 días después de la siembra y cuando las plantas de maíz tienen de 3 a 8 hojas, es cuando se deben proteger contra las malezas, después el maíz se cuida solo.

Por lo tanto, eliminar las malezas prematuramente es muy necesario, recordando que por cada planta de maíz hay 100 a 200 plantas de malezas o más que compiten con ventaja.

Los objetivos de las labores culturales son:

- Retener la humedad del suelo.
- Destrucción de las malezas.
- Mullido de la superficie.
- Retener el agua de lluvia.
- Facilitar la nutrición de las plantas.
- Airear el suelo y facilitar la circulación del oxígeno.

- Promover la actividad de los microorganismos.

Biológicos:

La utilización de agentes biológicos (bacterias, hongos, virus, insectos, etc.) selectivos que destruyan la malezas, pero que no dañen el cultivo, es todavía un reto para la biotecnología.

Químicos:



Foto 24. Control de malezas con químicos.
Fuente: Acosta M. 2008

El uso de herbicidas es el más común en el control de malezas tanto de hoja ancha como de gramíneas y además selectivos o sea que no afecten el cultivo o lo dañen ligeramente sin llegar a ser problema económico o que afecte rendimientos. En la actualidad se pueden encontrar en el mercado varios compuestos químicos que son utilizados como herbicidas. En la mayoría de los casos, las malezas, gramíneas y dicotiledóneas se encuentran asociados por lo cual se emplean herbicidas en mezclas.

Recomendaciones para el control de malezas:

Preparación adecuada del suelo. En zonas donde la preparación de tierra se dificulta por causas climáticas y/o condiciones adversas de suelos,

es recomendable usar herbicidas, complementado con labores de labranza.

1. En zonas donde la lluvia causa muchos problemas durante la preparación de la tierra, es recomendable dejar el suelo preparado durante la época seca.
2. Si el período entre la preparación de la tierra y la época de siembra es muy prolongado, se puede mantener el terreno libre de malezas:

- Aplicando herbicidas preemergentes como: Atrazina, Diurón o mezclas de Diurón más Lazo. Inmediatamente antes de la siembra se recomienda incorporar este herbicida con rastra pesada para que no afecte la germinación del maíz.
- Aplicando herbicidas quemantes como: Paraquat o Glifosato para no dejar que la maleza desarrolle una altura mayor de 15 cm. También dosis altas de 2-4 D son efectivas en el control de coyolillo.

El concepto de Período Crítico de Competencia es muy importante a considerar para realizar un combate adecuado de malezas que permita un manejo que sea agronómico y económicamente viable, así como ambientalmente pertinente. Se entiende este concepto como el momento en el ciclo de crecimiento de las plantas cultivadas cuando las malezas ocasionan el mayor daño económico, significativo e irreversible.

Período crítico de competencia de malezas en maíz (efecto en el rendimiento)

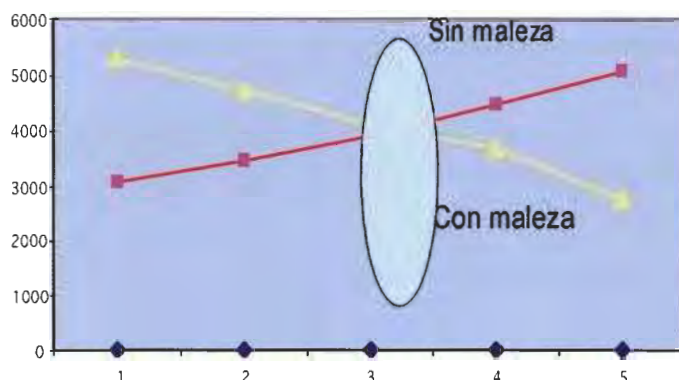


Figura 6. Período crítico de competencia de malezas en maíz y su efecto en el rendimiento. Fuente: Acuña A. 2008

La Figura 7 muestra gráficamente el período de competencia de malezas en el cultivo del maíz:

Período crítico de competencia de malezas en el cultivo de maíz

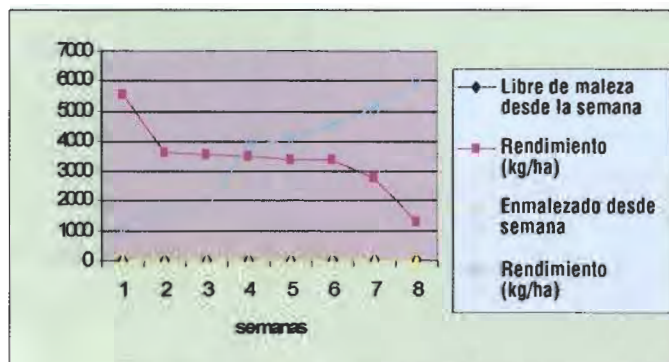


Figura 7. Esquema del período crítico de competencia de malezas en maíz. Fuente: Acuña A. 2008

Existen algunas preguntas y respuestas claves que se deben realizar, de manera que contribuyan a un combate adecuado de las malezas. Entre éstas se pueden citar las siguientes:

¿Cuales son los métodos de control de malezas adaptados a sus condiciones?

1. Físico – manual.

Machete, azadón, etc.

2. Químico

Empleo de sustancias químicas que retardan o eliminan el desarrollo de una maleza

Ventajas

“Puede ser” la alternativa de menor costo.

Se requiere de conocimiento de la población de malezas para utilizar la mezcla más apropiada.

Desventajas

La economía depende no sólo del herbicida a utilizar, adicionalmente la calibración y equipo que se utiliza.



Foto 25. Control mecánico de malezas con maquinaria. Fuente: Acuña A. 2008

¿Como se clasifican los herbicidas que puedo utilizar en mi cultivo de maíz?

a. Por su momento de aplicación:

Pre-emergencia: Atrazina, Pendi-metalina, Alaclor.

Post-emergencia: Atrazina, MCPA.

b. Por su selectividad:

No selectivo: Paraquat, Glifosato

Selectivo: Atrazina

Por qué el maíz tolera la atrazina?

Principalmente lo tolera debido a dos mecanismos:

1. El más importante llamado detoxificación que consiste en la conjugación enzimática de la glutatina con las triazinas simétricas.
2. La hidrólisis no enzimática, que consiste en la participación de enzimas en la planta, las cuales descomponen al herbicida y esas partes las mezclan con agua, derivándose sustancias no tóxicas al cultivo

¿Cuál es el factor más importante que debo tener en cuenta, previo al uso de un herbicida, en mi área productiva?

Rotación de cultivos

¿Por qué?

Algunos de los herbicidas utilizados en maíz son tóxicos al cultivo con el cual se va a rotar, ejemplo: atrazina

¿En qué, o por qué, lo afecta?

1. En la germinación.
2. En el desarrollo radical.
3. Por la presencia de trazas del herbicida en la cosecha posterior.

Los herbicidas que se pueden usar se presentan en el cuadro 15.

Cuadro 15. Herbicidas más utilizados en el cultivo del maíz.

Herbicida	Dosis (kg i.a./ ha	Tratamiento
Alachlor	1,50	Pre
Atrazina	2,00-3,00	Pre
Cyanazina	1,00-3,00	Pre
Bentazón + MCPA	3,00-6,00	Post
Nicosulfuron	0,04-0,40	Post
Pendimentalin	1,50-2,00	Pre
2,4-D	0,30-0,75	Post
Glifosato	2,00-3,00	Pre

Fuente: Acuña A. 2008.

Si la maleza se combate mecánicamente, se deben efectuar dos o más chapeas durante los primeros treinta días de crecimiento de las plantas. Cuando las malezas tengan dos o tres hojas; las chapeas se deben hacer en forma superficial sin dañar el sistema radical del maíz. Estas labores pueden hacerse con machete o azadón o con una cultivadora adaptada a un tractor.

Si el combate es químico, sin dañar el sistema radical de la planta, se pueden aplicar herbicidas solos o en mezcla, inmediatamente después de la siembra o a más tardar cuando las malezas tengan dos o tres hojas.



Foto 26. Combate de malezas.
Fuente: Bonilla N. 2008

En los cuadros 16, 17, 18 y 19 se presentan las diferentes opciones de productos herbicidas que existen de acuerdo al tipo de maleza a combatir, la época de aplicación y las mezclas que son recomendables realizar.

Cuadro 16. Herbicidas recomendados en el cultivo del maíz

Nombre técnico	Dosis H l/a./ha	Dosis P.D./ha	Época de aplicación	Observaciones
Atrazina	1,00-1,50 1,00-1,50 1,00-1,50 1,00-1,50	2,00-3,00 l 2,00-3,00 l 2,00-3,00 l 2,00-3,00 l	Preemergencia o pos-emergencia temprana	Hoja ancha
Bentazon	0,75-1,00	1,5-2,00 l	Pos-emergencia temprana	Hoja ancha y ciperáceas
Bentazon + MCPA /1	0,75-1,00	1,50-2,00 l	Pos-emergencia	Hoja ancha y ciperáceas
Cimazina	1,00-2,00 1,00-2,00	2,00-4,00 l 1,25-2,50 kg	Preemergencia Pos-emergencia	Hoja ancha
2,4-D	0,36-0,50	0,75-1,00 l	Preemergencia	Hoja ancha
Pendimentalina	0,75-1,50	1,50-3,00 l	Post temprana	Gramíneas arroz rojo
Metolaclor /2	1,50-2,00	3,00-4,00 l	PSI y pre	Gramíneas y ciperáceas
Alachlor	1,50-2,00	1,25-4,00 l	PSI y pre	Ciperáceas
Eptc		1,50-2,00 l	PSI	Ciperáceas
Glifosato	0,50-2,00		Pre y PSI	General
Paraquat	0,50		Pre y PSI	General

Fuente: Acuña A. 2008

Pre: preemergencia

Post Temp.: cuando las malas hierbas no tengan más de tres hojas.

PSI: presiembra incorporado.

/1: Aplicar después de que el maíz tenga más de cuatro hojas y no más de 15 cm de altura.

/2: Cuando se aplique incorporado, hacerlo 8-15 días antes de la siembra

La atrazina se aplica sólo en campos con presencia de hoja ancha y la pendimetalina cuando predomina la hoja angosta (especialmente zacate indio).

Los herbicidas pre-emergentes deben aplicarse en suelos húmedos, después de la lluvia, si es posible. El suelo no debe removerse después de la aplicación para no perder el efecto de este tipo de herbicida. Para los herbicidas que se incorporan al suelo, se utiliza la rastra o cultivados, a una profundidad de 5 a 20 cm.

En el cuadro 17 se presenta una estrategia esquemática de aplicación de los herbicidas.

Cuadro 17. Esquema recomendado de aplicación de herbicidas en maíz.

Preparación	Siembra	Pre	Post	Doblado	Rotación
X	X	Pendimetalina Atrazina	Bentazon + MCPA	Más de 3 meses	X
		Pendimetalina	Atrazina 2,4-D (MCPA)	Más de 3 meses	X
		Pendimetalina Atrazina	2,4-D (MCPA)	Más de 3 meses	X
		Pendimetalina (MCPA)	2,4-D	Más de 3 meses	X
		Atrazina Alaclor	2,4-D Nicosulfuron	Más de 3 meses	X
X	X	Glifosato Pendimetalina	2,4-D (MCPA)	Más de 3 meses	X

Fuente: Acuña A. 2008

Cuadro 18. Control químico de gramíneas y ciperáceas.

Nombre técnico	Dosis kg i.a / ha	Observaciones
Glifosato	1,50 3,00	Presiembra. Pos-emergencia a las malezas. Si existen especies perennes. En mezcla con hormonales aumenta control de ciperáceas y hojas ancha.
Alaclor	1,50 - 2,00	Presiembra incorporado, Preemergencia o pos-emergencia temprana. Cuando se incorpora combate <i>C. rotundus</i> . No combate <i>R. cochinchinensis</i> .
Pendimetalina	0,75 1,50	Pre-emergencia o pos-emergencia temprana. No se debe incorporar. Combate <i>R. cochinchinensis</i> .
Nicosulfurón	30,00 a 40,00 g PC/ ha	Pos-emergente controla ciperáceas y gramíneas anuales y perennes

Fuente: Acuña A. 2008

Cuadro 19. Control de malezas de hojas anchas y ciperáceas

Nombre técnico	Dosis Kg/ ha	Observaciones
Atrazina	1 - 1,50	Las áreas tratadas no deben ser plantadas con otro cultivo, excepto sorgo por un año. Se debe referir a la etiqueta para estudiar posibilidades de rotación.
Bentazon	0,75 1,00	Pos-emergencia temprana. El Basagran M 60 contiene MCPA. La dosis a aplicar depende del estado de desarrollo de las malezas. Combate hoja ancha y ciertas ciperáceas.
Cimazina	1,25 2,00	Controla hojas anchas, débil en gramíneas.
Dicamba	0,25	Pos-emergencia: Las malezas deben tener menos de 10 cm de alto.
2,4 D	0,25 0,50	Pos-emergencia, Cuando el maíz se encuentra entre los 10 y 20 cm de alto. La dosis depende, entre otros factores de la formulación.

Fuente: Acuña A. 2008



Foto 27. Quema por aplicación de herbicida. Fuente: Bonilla N. 2008

Cuadro 20. Mezclas de herbicidas recomendadas

Nombre Técnico herbicidas	Dosis kg/ ha	Época (s) de aplicación	Observaciones
Atrazina + Alaclor	1,00 1,50 + 1,50 3,00	Pre-siembra incorporado, Pre-emergencia, Pos-emergencia temprana	Incorporar en áreas con <i>C. rotundus</i> . No combate <i>R. cochinchinensis</i> .
Atrazina + EPTC (Ant) ancha.	1,00 1,50 + 3,00 5,00	Pre-siembra incorporado	En áreas con <i>C. rotundus</i> y hoja
Atrazina + Glifosato	1,00 1,50 + 1,00 1,50	Pre-emergencia del maíz, pos-emergencia de las malezas	Cuando existen especies perennes de difícil combate. Provee control residual de hoja ancha.
Atrazina + Pendimetalina+	1,00 2,00 + 0,75 1,50	Pre-emergencia	En áreas con infestación de <i>R. cochinchinensis</i>
Pendimetalina+ Alaclor	1,50 + 1,50	Pre-emergencia.	Combate <i>R. cochinchinensis</i> más otras gramíneas y ciertas hojas anchas
Bentazon + Atrazina	1,5-1,5	Pos-emergencia	Control de hoja ancha y ciperáceas.

Semilla

Existen una serie de normas para la producción de semilla certificada entre las que se pueden citar las siguientes:

- El semillero debe estar inscrito ante la Oficina Nacional de Semillas.
- El semillero debe aceptar y acatar las recomendaciones técnicas de la ONS.
- El lote debe ser accesible durante el proceso de producción.
- Se deben eliminar las plantas enfermas y fuera de tipo, antes de la floración en un 5 a un 10%.

Además, se debe aislar la parcela a sembrar siguiendo los siguientes criterios:

- Por Distancia de Plantación (200 metros)
- Por Fecha de Siembra (15 días antes o después)
- Combinando la distancia y la fecha (puede ser la más segura)



Foto 28. Distancias de siembra de maíz.
Fuente: Bonilla N. 2008

Las mejores densidades para lograr una buena calidad de semilla van de 40.000 a 50.000 plantas por hectárea, esto se logra con las siguientes distancias de siembra:

- 0,80 m entre calle y 0,30 m entre planta por una semilla por golpe para siembra mecanizada.
- 0,80 m entre calle y 0,60 m entre planta por dos semilla por golpe para siembra a macana.

Recuerde que se debe realizar una prueba de germinación a la semilla antes de sembrar

Con el objetivo de lograr mantener la uniformidad de una variedad se deben mantener firmes los criterios de producción de semilla. Se deben establecer normas de calidad en las diferentes etapas de la multiplicación de la semilla.

Existen otros procedimientos a considerar para proporcionar al agricultor de semilla de alta calidad en cantidad suficiente y de manera oportuna. Estos incluyen el mantenimiento de existencias de reserva, localización de los campos

para la multiplicación de semilla y guías para determinar la cantidad de semilla a producir de una variedad.

Existencias de Reserva: se requiere almacenar suficiente cantidad de semilla remanente que permita realizar la multiplicación. Estas reservas aseguran la continuidad del programa de producción de semillas. Por lo tanto, debe mantenerse suficiente semilla de los progenitores de la semilla original en almacenamiento frío y seco al menos durante dos generaciones. Esto último es válido también para la semilla original y básica. Cualquier excedente de semilla certificada se puede almacenar hasta por un año bajo condiciones apropiadas.

Localización de los campos: para el mantenimiento de semilla original y para la producción de semilla básica y certificada, es muy importante que los ambientes seleccionados permitan una reproducción de todas las plantas. Esto se debe a que la multiplicación de semilla fuera del lugar de adaptación de una variedad puede ocasionar cambios rápidos en su genética y en sus características. Por ésta razón, es importante contar con una variedad que posea una capacidad de adaptación y buen rendimiento en un amplio rango de ambientes. Se recomienda por lo tanto que los lotes de semilla original y básica de variedades de polinización libre, se establezcan en áreas de adaptación de la variedad. En el caso de la semilla certificada esto no es tan importante, siempre y cuando se cuente con semilla de una o dos generaciones posterior a la semilla original. Todo esto contribuye a producir cantidades más elevadas de semilla de alta calidad.

Para evitar excedentes innecesarios o falta de semilla es importante planear y programar adecuadamente con anterioridad la producción de semilla. Para esto es recomendable conocer previamente las necesidades de las

diferentes categorías de semilla. En este sentido es recomendable considerar factores como: el área a cubrir con la variedad de interés, intervalo de reemplazo de semilla (1, 2 ó 3 años), estrategia de producción de semilla certificada (número de generaciones), requerimientos de semilla básica y original de acuerdo con las necesidades potenciales de semilla certificada; requerimientos de terreno para la producción de las diferentes categorías de semilla, porcentaje de eliminación de plantas indeseables en las diferentes categorías, densidades de siembra para la obtención de semilla original, básica y certificada (más baja que para la producción comercial de grano).

A continuación se da un ejemplo de cálculo de la cantidad de semilla necesaria a producir de acuerdo con el área requerida, rendimiento esperado, categoría y cantidad de semilla requerida.

La semilla de maíz es el componente de producción que presenta la mejor tasa de retorno a capital debido a la capacidad multiplicativa de esta especie (cantidad de semilla sembrada con relación al volumen de grano cosechado por área) y del potencial de rendimiento de las actuales variedades modernas o híbridos liberados por el Programa Nacional y las Compañías Privadas. La productividad de los cultivos depende de la calidad de la semilla. Una excelente calidad, es una excelente característica diferencial entre semilla y el material de siembra que utilizan los pequeños productores. Dicho material de siembra adolece de los atributos que definen las semillas mejoradas. Por lo tanto, inducir el cambio a semillas mejoradas significa aumentar la posibilidad de obtener plántulas vigorosas que expresen todo el potencial de rendimiento.

Entre los insumos agrícolas, la semilla, por ser la portadora del potencial genético que determina la productividad del cultivo, es un

elemento de gran importancia en la producción. El uso de semilla de buena calidad, permite introducir cambios en la tecnología como:

- Difusión y adopción de nuevas variedades con alta capacidad productiva y mejor calidad alimenticia.
- Uso de técnicas modernas de producción que conllevan la utilización racional y eficiente de otros insumos como: fertilizantes, insecticidas, etc.

“Fracción superior de una población en continuo proceso de mejoramiento que es diferente, relativamente uniforme y estable”.

Diferente: rasgos que la distinguen de otras y definen su identidad.

Relativamente Uniforme: para los rasgos agronómicos importantes.

Estable: expresión de rasgos a través del tiempo.

Requiere de operaciones menos rigurosas de eliminación de plantas y mejor aceptación por el agricultor. El mantenimiento y producción de semilla de variedades de maíz de polinización libre es un proceso relativamente sencillo. Las metas de producción de semilla se alcanzan de forma fácil y sencilla.

En cuanto a su utilidad se puede afirmar que facilita el reemplazo de semilla de variedades nuevas y mejoradas. Los costos de producción de semilla son relativamente bajos.

La cantidad de semilla aumenta de manera rápida y la producción de grano solamente va dos generaciones distante de la semilla original.

El área a cubrir se completa rápidamente lo que representa una ventaja en sitios con difícil y costosa

distribución de semilla y se logra un efecto multiplicativo.

Además, facilita el intercambio de germoplasma (variedades de interés). Una **variedad** se puede definir como la fracción superior de una población en continuo proceso de mejoramiento y que tiene la particularidad de ser diferente, relativamente uniforme y estable.

Mantenimiento y multiplicación de semilla de variedades

Existen tres etapas sucesivas de multiplicación: original, básica y certificada. Para su producción en la etapa original se requiere de un terreno que muestre una variación mínima, en la etapa básica, la variación debe ser intermedia y en la etapa certificada, puede mostrar más variación.

Semilla original: es la que produce el mejorador o el dueño del material. Se requiere de una parcela pequeña y manejable de manera que permita mantener un alto grado de pureza. Existen cuatro sistemas para producir semilla original: polinización con mezcla de polen de plantas seleccionadas; parcela aislada de selección masal; parcela aislada convertida en lote de cruzamiento de medios hermanos y parcela aislada de cruzamiento entre medios hermanos en mazorca por hilera. Este último es el más efectivo y simple.

Semilla básica (o de Fundación): es el primer aumento de semilla original y el encargado es el Departamento de Semillas. Se produce mediante la polinización libre en lotes bien aislados. Se eliminan todas las plantas enfermas o fuera de tipo antes de la polinización, lo que debe representar de 10 a 15 % de las plantas. Se deben realizar inspecciones cuidadosas tanto por parte del departamento de semillas como por parte de los

fitomejoradores. El objetivo principal de esta categoría es mantener la identidad genética y la pureza de la variedad. Se puede producir una segunda generación de semilla básica, en caso de que se requieran grandes cantidades de ésta categoría.

Semilla Certificada: es la última etapa del proceso, se realiza en lotes aislados a partir de semilla básica, se eliminan las plantas enfermas y fuera de tipo antes de la floración en un menor porcentaje que la categoría anterior. Es realizada por semilleristas selectos y supervisada y coordinada por la autoridad correspondiente, sea ésta pública o privada. Los certificadores dan asistencia técnica del proceso de producción de semilla para garantizar una buena calidad de producto final. Se utiliza una densidad de siembra ligeramente inferior a la óptima para contribuir a la calidad de la semilla. El acondicionamiento y el tratamiento de la semilla deber ser adecuado antes de ofrecerlo a los agricultores. Entre las ventajas más importantes se pueden citar las siguientes:

1. Proceso relativamente sencillo.
2. Metas de producción se alcanzan de forma fácil y sencilla.
3. Facilita el reemplazo de semilla.
4. Costos de producción relativamente bajos.
5. La cantidad de semilla aumenta rápidamente.
6. Área a cubrir se completa rápidamente (sitios difíciles y costosa distribución de semilla).
7. Aumenta intercambio de variedades de interés.

Mantenimiento y producción de semilla

Semilla original: la que produce el mejorador o el dueño del material. Parcela pequeña y manejable para mantener alto grado de pureza.

Semilla básica o de Fundación: primer aumento de semilla original. Mediante la polinización libre en lotes bien aislados. Se eliminan plantas enfermas o fuera de tipo antes de la polinización (10-15 % plantas). Mantener identidad genética y la pureza de la variedad. Departamento de semillas.

Semilla Registrada: etapa intermedia del proceso. Se realiza en lotes aislados a partir de semilla básica. Se eliminan plantas enfermas o fuera de tipo con porcentajes menores a la categoría anterior. Son semilleristas selectos supervisados por autoridad en semillas (Oficina Nacional de Semillas). Densidad de siembra inferior a óptima para obtener calidad de semilla. Para volúmenes intermedios de semilla.

Semilla Certificada: última etapa del proceso, se realiza en lotes aislados a partir de semilla de categorías anteriores, se eliminan plantas enfermas y fuera de tipo antes de floración. Son semilleristas selectos supervisados por autoridad en semillas (Oficina Nacional de Semillas). Densidad de semilla ligeramente inferior a la óptima para tener calidad y el acondicionamiento y tratamiento debe ser adecuado antes de entregarlo a agricultores. Se utiliza para altos volúmenes de semilla.

Normas de aislamiento

Se fundamenta en el mantenimiento de la pureza genética y evitar el deterioro de la semilla. Se puede lograr mediante dos maneras:

Distancia: para la original y básica 300 metros. Para la Certificada 200 metros. Se entiende como la distancia mínima con otra fuente de polen de maíz.

Fecha: dos lotes adyacentes. En donde la emergencia de los estigmas y la producción de polen en el primer

lote deben haber terminado cuando se inicia la emergencia de espigas en el segundo.

Se debe tomar en cuenta el número de días a la producción de polen de la variedad.

Un aislamiento de fecha de siembra insertado entre dos aislamientos de distancia es otra alternativa de manejo de un lote de producción de semilla.

Es muy importante considerar la experiencia de campo, la madurez diferencial, la dirección de los vientos y las barreras naturales o artificiales.

De manera resumida para mantener pureza genética y evitar deterioro de la semilla, se deben considerar los siguientes aspectos:

1. **Distancia entre lotes:** 300 metros para la original y la básica, para registrada y certificada 200 metros (mínima con otra fuente de polen).
2. **Fecha de siembra:** dos lotes adyacentes. Que no coincida la emergencia de los estigmas y la producción de polen entre ambos lotes. Cuando inicia en el segundo lote debe haber terminado en el primero. Conocer el número de días a la producción de polen de cada variedad.
3. **Combinación de los anteriores:** uno de fecha de siembra entre dos de distancia entre lotes.

Otras consideraciones que se deben tener en cuenta para proporcionar al agricultor de semilla de alta calidad, cantidad suficiente y de manera oportuna son:

1. **Existencias de reserva:** suficiente remanente para multiplicar.
2. **Localización de los campos:** ambientes y sitios utilizados permitan una reproducción adecuada de la variedad de interés. Variedad con amplio rango de adaptación.

3. **Cantidad de semilla a producir:** planear y programar con tiempo. Conocer las necesidades existentes de semilla.

Es recomendable considerar también: el área a cubrir con la variedad de interés; el intervalo de reemplazo de semilla; la estrategia de producción de semilla certificada (# de generaciones); los requerimientos de semilla básica y original de acuerdo con las necesidades potenciales de certificada; los requerimientos de terreno para la producción de las diferentes categorías, el porcentaje de eliminación de plantas indeseables en cada categoría y las densidades de siembra para cada categoría.

Finalmente se muestra en el cuadro 21, un ejemplo con las cantidades de semilla requeridas para cada categoría tomando como material de partida una cantidad determinada de semilla original.



Foto 29. Híbrido de maíz.
Fuente: Bonilla N. 2008

Cuadro 21. Cantidad de semilla necesaria por área de acuerdo con la categoría.

Categoría de de semilla	Area (HAS)	Semilla necesaria (kg)	Cantidad de semilla producida (kg)	Rendimiento esperado (t/ha)
Original	0,004	0,08	4,00	1,00
Básica	0,10	2,00	200 ,00	2,00
Certificada	10,00	200,00	30000,00	3,00
Comercial	1000,00	20000,00	50000 ,00	5,00

El proceso inicia con los 40 m² de semilla original que producen básica y se asciende hacia las otras categorías 0,10 ha = 1000 m²; 0,08 kg = 80 g; 0,004 ha = 40 m²

VIII. Manejo de Plagas y Enfermedades

a. Manejo de plagas

Plagas del suelo:

1. Jobotos : *Phyllophaga spp*

Orden: Coleóptera.

Familia: Scarabaeidae.

Larva: Gallina ciega, joboto, chobote, orontoco.

Adulto: Mayate, Ronrón, abejón, chicote, chocorron.



Foto 30. Larva de Joboto. Fuente: Bonilla N. 2008.

Daño: Las larvas en el tercer estado afectan la planta y se manifiestan en el campo en forma de parche o manchas, generalmente en los meses de junio a octubre, con ciertas variaciones.

Control: El control se basa en la preparación del suelo ó labranza con arada profunda y varios pases de rastra, realizado en la época seca ó lluviosa. El control químico consiste en aplicaciones preventivas poco antes ó al momento de la siembra, con insecticidas granulados al suelo. Otros insecticidas recomendados son formulaciones líquidas para tratamiento de la semilla.

En el control biológico de este insecto existe potencial para el uso del nematodo *Neoplectana grasevi* en asocio con la bacteria *Bacillus papilliae* causante de la enfermedad lechosa de la gallina ciega. Existen otros enemigos naturales como depredadores y parásitos pero su acción no ha sido estudiada ni cuantificada.

El combate de esta plaga es igual que en otros cultivos. Cuando existan lotes con historia de infestación, debe hacerse una remoción del terreno anticipada a la siembra, para exponer las larvas al sol y los depredadores.

2. Gusano de la raíz ó Vaquita:

Diabrotica spp.

Orden: Coleóptera

Familia: Chrysomelidae

Nombre

común: Tortuguilla, vaquita, gusano de la raíz.

Son importantes en la fase de la larva, en la cual se alimentan de las raíces de las plantas.

Ciclo de vida: El huevo de color blanco amarillo, ovoide es colocado cerca de las raíces de gramíneas y malezas (CATIE 1990). La larva es blanco-cremosa, alargada, de

cabeza café, pasa por tres estados volviéndose más corta y gruesa a la madurez. Adulto de 4-6 mm de largo, cuerpo con diferentes tonalidades de color, la cabeza muy proyectada adelante.

Daño: Aunque no inciden en los rendimientos en sí, predisponen a las plantas al acame, o provocan la pérdida de las mismas por pudrición debido al ataque de patógenos. El adulto ataca las hojas y el impacto del daño varía de acuerdo con la intensidad del ataque, la edad de la planta y al estrés que ésta sufra al momento de la infestación. Las larvas perforan las raíces y la base del tallo, por lo que la planta se marchita y hasta puede morir.

Control: El manejo de esta plaga no se ha considerado de forma general, aunque en campos donde hay historial de daño, los agricultores hacen aplicaciones de insecticidas al follaje o al suelo al momento de la siembra. En cuanto a control biológico se indica la hormiga depredadora de huevos *Solepnopsis geminata* un parasitoide adulto, también se han reportado otros parasitoides.

De manera general como las larvas perforan las raíces y la base del tallo, por lo que la planta se marchita y hasta puede morir y por lo tanto las mayores pérdidas se dan en el estado de crecimiento medio, antes de la floración. Como tratamiento preventivo puede aplicarse cualquier insecticida granulado contra insectos del suelo, en el hoyo de siembra. Un buen combate lo ejerce el carbofurán especialmente formulado para la semilla (25 cc/ kg semilla).

3. Gusanos cortadores:

Agrotis

Familia: Elateridae.

Géneros: Melanotus, Agrotis y Dalopius

Nombre

común: Gusanos de alambre.

Daño: las áreas sin plántulas, las plántulas marchitas y con macollos y el acame de las plantas más desarrolladas son las señales del daño provocado por los gusanos alambres. Las infestaciones intensas reducen el sistema radicular y provocan el acame de las plantas.

Daño: los gusanos cortadores y algunas otras especies cortan la planta de maíz a nivel del suelo ó un poco más abajo, hacen pequeños agujeros en las primeras hojas ó consumen secciones de los márgenes foliares. Preferentemente causan daño al atardecer y en las primeras horas de la noche. Durante el día se esconden bajo tierra, cerca de las plantas. Generalmente cuando se las saca a la superficie se “enroscan” y mantienen inmóviles.

Control: el control puede realizarse con cebos envenenados y con insecticidas. Si se usan cebos envenenados deben ponerse al atardecer. El tratamiento debe repetirse al día siguiente.

- **Cebo:** Un quintal de afrecho (concentrado) + 1 kg de insecticida + kg de azúcar.

Los productos se mezclan en seco, luego se agrega agua en cantidad suficiente para formar pelotas de la mezcla, estas pelotas se esparcen alrededor de las plantas al atardecer. Para una hectárea 24 kg de producto son suficientes.

El tratamiento preventivo es similar al del gusano de la raíz. En tratamientos curativos, se puede atomizar con: foxin (0,70 l/ ha), clorpirifos (1,50 l/ ha), diazinón (1,00-1,50 kg/ ha), mefosfolán (2,00-3,00 l/ ha) o cypermetrina (300 cc/ ha).

Insectos del follaje:

Chupadores y masticadores:

1. Tortuguillas y escarabajos (*Diabrotica undecimpunctata*), *Diabrotica longicornis*.

2. Chicharritas (*Dalbulus maydis*)
3. Afidos (*Aphis gossipi*)
4. Chinchas (*Blissus leucopterus*)
5. Araña Roja (*Tetranychus sp*)

Daño: Se alimentan de las hojas y la savia del maíz, cuando la planta está pequeña. Algunos insectos como el *Dalbulus* es el más peligroso ya que transmite una enfermedad llamada comúnmente como achaparramiento, la cual puede destruir totalmente la cosecha.

Control: En cuanto al control biológico, existen parasitoides como *Angonatous bicolor* que atacan adultos y ninfas, también se recomiendan algunos productos químicos. Para el uso de productos químicos es importante contar con asistencia técnica adecuada, ya que algunos de ellos son muy tóxicos.

Gusanos de hojas y tallos:

1. Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)
2. Gusano soldado (*Spodoptera exigua*)
3. Prodenia (*Prodenia ornithogalli*)
4. Falso medidor (*Trichoplusia ni*)

Daño: Se alimentan del cogollo o parte terminal de la planta, evitando el desarrollo normal de la misma. Es preferible el control cuando la planta está pequeña con polvos de baja concentración usando para ello bolsitas de manta rala.



Foto 31. Daño producido por gusano cogollero. Fuente: Bonilla N. 2008

Cuando la planta esta mediana con más de 0,50 cm de altura se pueden usar insecticidas granulados o algunos emulsificables.

Es importante que los gusanos deban atacarse cuando están recién nacidos. Los ovicidas son muy importantes en el control de gusanos usándolos como complemento de los insecticidas.

Manejo de la plaga

1. Momento oportuno de control: 20% plantas atacadas.
2. Iniciar control en larvas L1 y L 2.
3. Insecticidas piretroides o mezclas con otros grupos (26) en bordes.
4. En plantas entre 20 y 40 días.
5. *Bacillus thuringiensis* y *Trichogramma*.

El mayor daño es la destrucción del cogollo. Las medidas que ayudan a reducir el daño incluyen: una buena fertilidad del suelo para fomentar el desarrollo rápido de la planta y la recuperación del daño; sembrar a una densidad mayor, para compensar las pérdidas; rotar con una leguminosa y destruir las gramíneas. Además, se puede utilizar cualquiera de los siguientes productos granulados aplicados al cogollo, cuando hay buena humedad y en fincas de pequeños agricultores: foxín (7-13 Kg / ha), clorpirifós (10-15 kg/ ha, mefosfolán (13-14 kg/ ha), y diazinón (15 kg/ ha). Cuando la aplicación se hace mensual, deben observarse las medidas de precaución para evitar intoxicaciones.

Manejo con feromonas

1. **Monitoreo de la larva:** Una Trampa/ ha (trampas en cuadrículas de 100 metros).
2. **Trampeo Masivo:** 6-10 Trampas/ ha (Se basa en reducir la mayor parte de la población de machos).
3. **Período crítico:** nacimiento de plántulas hasta que la planta tenga unos 40 cm y 8 hojas (aproximadamente 1^{er} mes).

Plagas que atacan la mazorca y la espiga del maíz:

1. Gusano elotero (*Heliothis zea* y *Heliothis virescens*)
2. Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)
3. Falso medidor (*Trichoplusia ni*)
4. Falso gusano de alambre (*Eleodes opaca*)
5. Afidos

Daño: Se alimentan de los cabellos del elote, o de la espiga, perjudicando la polinización. También dañan los granos tiernos de la mazorca, facilitando la contaminación por hongos.

El problema es serio cuando el fin del cultivo es la venta de las mazorcas tiernas, ya que se presenta en el inicio de la formación de ellas y el daño se concentra en la punta. Debe combatirse en esta época y suspender las aplicaciones por lo menos tres semanas antes de la cosecha.

Control: Varios tipos de insecticidas pueden ser usados sobre el elote, normalmente en polvo, con bolsita de manta rala y en líquido con mochila. Se obtienen mejores resultados con el polvo.

Generalmente no es una plaga importante en el cultivo de maíz para grano. Los enemigos biológicos naturales son, generalmente, suficientes para combatir la plaga. Si se requiere aplicar insecticidas, debe hacerse antes de que la larva penetre al olote y con insecticidas como acefato, mefosfolan, monocrotofos, foxín o triclorfón.

Plagas del tallo:

Gusano Taladrador (*Diatraea spp*) y Mosca del tallo.

Daño: Se presenta en el cogollo de la planta o como perforaciones del tallo que lo predisponen al acame.

Puede también perforar la mazorca. Una larva por planta puede reducir el rendimiento en un 3-6 %.

Normalmente este insecto mantiene poblaciones bajas, debido al parasitismo ejercido en las larvas por *lphiaulas sp.* y *Apanteles diatraeae* (Himenoptera: Braconidae), en algunos lugares y por el parasitismo de huevos ejercido por miembros de la familia Trichogrammatidae.

Control cultural: La destrucción de rastrojos antes de la siembra ayuda a reducir las poblaciones en diapusa. Las siembras tempranas, variedades precoces, rotación de cultivos, alta densidad de siembra y adecuada fertilización, son medidas adicionales recomendables. El control químico resulta poco efectivo debido al hábito que tiene la plaga de mantenerse dentro del tallo perforado.

Control biológico:

Parasitoides de huevos:

Trichograma minutum

Parasitoides de larvas:

Apanteles diatraeae.

Parasitoides de la pulpa:

Spilochalas sp

Depredadores de huevos:

Cerotomejilla maculata y patógenos fungosos como *Aspergillus flavus*.

En la práctica se ha determinado que las aplicaciones nocturnas de insecticidas pueden ser más efectivas que las diurnas si el clima y topografía lo permiten, ya que en la noche hay menos evaporación, no hay viento y los adultos se movilizan de noche. En sitios en que la plaga ha sido seria, se debe practicar la rotación de cultivos, destruir los residuos de cosecha, especialmente en las partes inferiores de los tallos, sembrar tempranamente y realizar una buena fertilización. En lugares, donde el insecto llega a convertirse en plaga, el combate químico es a menudo ineficaz y restringido a la época entre

la eclosión del huevo y antes de que la larva penetre el tallo. Lo más recomendable es aplicar productos en polvo o granulados en el cogollo **cuando más del 25% de las plantas presenten masas de huevos.**

Otras plagas que atacan el cultivo del maíz:

- a. **Plagas crepusculares y trepadoras que se esconden en el suelo.**
Agrotis gusanos soldado, *Prodenia*, etc. Estas causan mayores daños a las plantas recién nacidas.

Control: Se prepara cebo usando forraje, con alto contenido de melaza y agregando un insecticida y aplicando el cebo en chorro continuo al pie de la planta.

- b. **Hormigas arrieras o zompopas**
Atta cephalotes L. (Hymenoptera: **Formicidae**)
Atta sexdens (L.) (Hymenoptera: **Formicidae**)

En ciertas zonas existen estas hormigas arrieras que atacan cultivos como el maíz, frijoles y otros, cortan el follaje y en ocasiones dejan sólo la nervadura. En la actualidad se utilizan cebos envenenados comerciales ya preparados cuyos pelets o gránulos se distribuyen alrededor de la boca del hormiguero y en los trillos que forman las hormigas.

Los agricultores se enfrentan cada día a una serie de plagas de insectos y ácaros que afectan las raíces, hojas, tallos, y mazorcas. Cuando la cantidad de insectos observados en el cultivo es alta, que reducen el rendimiento del maíz, es necesario usar un control químico para su combate de lo contrario se deja a la naturaleza que se encargue de equilibrar las poblaciones de los diferentes artrópodos.

- c. Picudo del maíz *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel (Coleoptera: Curculionidae)

Los daños los causan tanto las larvas blanquecinas (5 mm), que se alimentan de las raíces y perforan el tallo a la altura de la corona, así como los adultos que lesionan las plántulas en y sobre la corona. Es una plaga que ocasiona problemas durante los primeros veinte días de edad del cultivo. Los síntomas se manifiestan cuando existe **escasa precipitación**; por lo tanto, en lotes donde existe este insecto, debe sembrarse cuando haya buena humedad. Se sugieren los mismos insecticidas para combatir el gusano de la raíz.

- d. ***Dalbulus maidis* (DELONG ET WOLCOTT) (HOMOPTERA: CICADELLIDAE), chicharrita del maíz, cigarrita.**

Su distribución abarca desde el sur de Estados Unidos, Centro y Sur América y el Caribe, hasta alturas de 2.000 msnm. Aparentemente este insecto está restringido al Género *Zea*.

Su importancia está relacionada con su forma de alimentación (chupador) y su capacidad de transmitir dos enfermedades distintas con sintomatología parecida, que constituyen limitantes de la producción de maíz en la vertiente Pacífico Central de Centroamérica (espiroplasma raza Río Grande y Micoplasma raza Mesa Central), que muestran los síntomas, cuatro a seis semanas después de la infección. El daño es causado por los adultos y las ninfas.

El mosaico de Maíz (VMM), el síntoma principal de esta enfermedad consiste en un enanismo de las plantas afectadas, especialmente cuando éstas se enferman jóvenes.

- e. **Acaros (Acarina)**

En general, los ácaros no constituyen un problema severo en maíz. Algunos grupos son *Eriophyes tulipae* Keifer, (ACARINA: ERIOPHYIDAE). Se localiza entre las vainas de la hoja y dentro de la mazorca de maíz, sobre los granos y por debajo de estos. Se disemina principalmente por el viento, material vegetativo, granos, mazorcas, utensilios o por personas que entran al cultivo.

- f. **Arañitas rojas (ACARINA: TETRANYCHIDAE)**

Se han convertido en plagas comunes de muchos cultivos. El 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. Sus huevos son blancos- perláceos, redondos y lisos.

- Control químico
 - Clofentezin
 - Amitraz
 - Diafenturon
 - Abamectina

- g. **Roedores**

Los roedores pueden causar graves daños en los cultivos de maíz.

1. Inmediatamente después de la siembra escarban y se comen las semillas.
2. Plántulas pequeñas: Cuando no tienen alternativa la rata se alimenta con cualquier cosa que encuentra y es capaz de comerse el tallo de maíz pequeño.
3. La mazorca: Los roedores se suben a la planta y se comen las mazorcas maduras.

Control:

- Limpieza adecuada de rondas y canales.
- Aplicación de cebos. Es recomendable aplicar al mismo tiempo varios tipos de cebos. De preferencia los cebos deben manejarse con guantes ya que el olor de los humanos hace que el roedor no coma el cebo. Los cebos pueden fabricarse en el campo usando masa de maíz, harina de pescado, mantequilla de maní, etc. Al cebo se le aplican diferentes tipos de pesticidas.

Plagas del grano almacenado

Las principales plagas del grano almacenado son: *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Rhizopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) y *Sitotroga cerealella* *Rhizopertha dominica* y *Sitophilus*. Estas plagas comienzan a invadir el grano en el campo debido a que el pequeño agricultor no cosecha su maíz a tiempo, dejándolo por varios meses, expuestos en las plantas para dedicarse a otras actividades económicas. Esas infestaciones de campo se manifiestan como daños al producto almacenado y como polvo bien mezclado. Se recomienda como estrategia general, para combatir estas plagas, cosechar y almacenar a su debido tiempo.

Control Químico:

- En granos para consumo humano: Fenvalerato, Permetrina.
- En semilla: Clorpirifós, Carbaril

Señales de aviso de-planta-a-planta en las plantas de maíz

Durante ataques por plagas tales como orugas, las plantas de maíz usan señales químicas no sólo para interactuar con insectos beneficiosos, sino también, para

estimular rápidamente reacciones defensivas en las plantas cercanas, según hallazgos publicados por científicos del Servicio de Investigación Agrícola (ARS) y de universidades.

Los resultados demostraron la primera prueba de señales de aviso de-planta-a-planta en las plantas de maíz.

Las señales de aviso son compuestos químicos llamados "green leafy volátiles" (GLV por sus siglas en inglés). Poco después de un ataque por las plagas, las plantas de maíz envían estos compuestos al aire para solicitar la ayuda de los enemigos naturales de la plaga. Los GLVs, los cuales tienen el olor de césped cortado, atraen predadores y parásitos que atacan las larvas.

Algunas recomendaciones generales de manejo de plagas son:

Insecticidas líquidos: Aplicar en forma de pileta o saturación del suelo no funciona, porque las larvas lo que hacen es bajar el perfil del suelo. Pero es una práctica excelente para el control de adultos, cuando estos se encuentran copulando y alimentándose en árboles utilizados como trampa.

Árboles y plantas trampas.

Guácimo	<i>Guazuma spp.</i>
Malinche	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>
Jocote	<i>Spondias purpurea</i>
Poró	<i>Erythrina poeppigiana</i> y otras especies
Anona	<i>Anona sp.</i>
Ceiba	<i>Ceiba sp.</i>
Sida	<i>Sida sp.</i>
	<i>Hibiscus esculentus</i>
Yuca	<i>Manihot esculentus</i>

Trampas de luz

Se considera hasta ahora el control más exitoso.

Trampa Cañeros P Z (Pérez Zeledón)**Trampas feromonas**

Se deben considerar los siguientes aspectos con respecto a estas trampas:

- 1-Tipo de trampa
- 2-Sustancia recolectora
- 3-¿Cuándo poner?
- 4-¿Dónde poner?
- 5-¿Cuántas trampas?
- 6-¿Qué cuidados debo tener?



Foto 32. Cómo poner la trampa con feromona.
Fuente: Bonilla N. 2008



Foto 33. Colocando trampa con feromona.
Fuente: Bonilla N. 2008

Tácticas usadas en el manejo de plagas insectiles

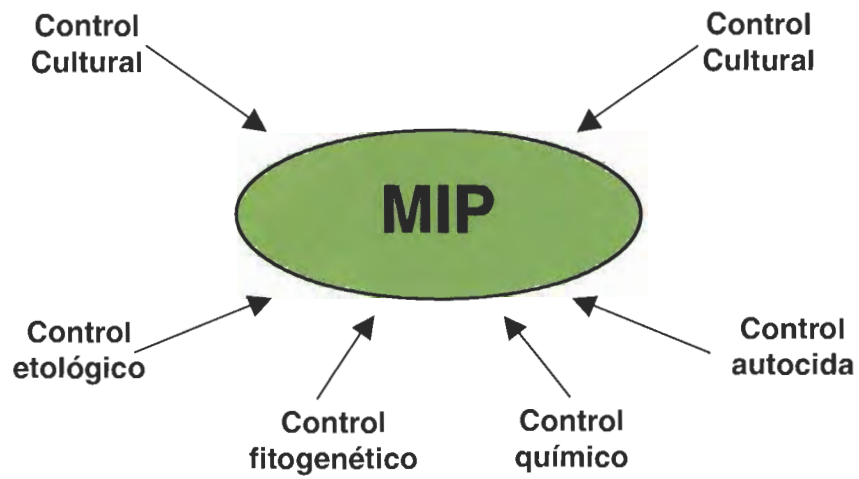


Figura 8. Esquema integral de las estrategias de combate de plagas insectiles.

Spodoptera frugiperda (J.E.SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)



Posturas (huevos)



Larva



Daño causado por la larva de cogollero



Daño causado por larva de cogollero



Daño causado por la larva
Fuente: León R. 2006

Colocación de trampas, posición, conteo de huevos y larvas de cogollero



1



2



3



4



5



6



7



8

1. Campo de maíz con trampas de feromona; 2 Monitoreo de trampas y conteo de adultos; 3. Combate biológico; 4 Trampa casera; 5 Conteo de adultos; 6 Adultos capturados; 7 Colocación de feromona en trampa comercial; 8 Campo de maíz con ataque de cogollero.

Fuente: León R. 2006

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es un concepto que consiste en utilizar todas las alternativas tendientes a controlar o mitigar determinada plaga o enfermedad y considerar la aplicación de agroquímicos como una alternativa más mediante el uso unilateral o combinado de prácticas culturales, control biológico, control etológico (feromonas) y otros.

A continuación se detallan algunas de estas medidas o métodos:

Control Etológico:

Semioquímicos, sustancia producida por un organismo pero que actúa en otros organismos

Feromonas

Alelo químicos, comunicación entre individuos de especies distintas

Alomona

Beneficiado es el receptor

Sinimona

Ambos son beneficiados

Estrategia de Manejo Integrado de Plagas (MIP)

Principios:

1. Prevención.
2. Convivencia con la plaga.
3. Sostenibilidad ecológica.
4. Sostenibilidad económica.

¿Qué es una feromona?

Los insectos responden a diferentes tipos de estímulos e influencias como:

Aromas, luz, humedad, movimiento y forma. La respuesta puede ser de atracción o de repulsión. La percepción del insecto es extremadamente sensible.

Definición de feromona

Es una sustancia química o mezcla de sustancias químicas que emana un organismo y que induce una respuesta en otro individuo de la misma especie .

Feromonas y atrayentes

Feromona:

Compuesto químico igual o casi idéntico a la estructura de la feromona original producida por el insecto.

Atrayente:

Compuestos químicos que inducen una respuesta parecida, pero que no tienen relación química con la feromona original.

Los tipos de Feromonas comerciales más comunes:

Sexual:

Producida por la hembra de la especie.

Atrae machos de la misma especie.

Agrupación:

Producida por machos o hembras.

Atrae ambos sexos.

Las principales características de las feromonas son:

1. Son sintéticas (fabricadas en un laboratorio).
2. Son específicas a la especie de interés.
3. Se liberan en cantidades diminutas, similares a las cantidades emanadas por los insectos.
4. De uso flexible, permite su empleo en conjunto con otras técnicas de MIP. Son aceptadas en Programas de Manejo de Agricultura tanto convencional como orgánica y aceptadas por OMRI, IFOAM y otros entes reguladores de insumos para agricultura orgánica.

Los principales métodos de uso son:

1. Detección de insectos.
2. "Rastreo" rápido y eficaz de insectos.
3. Usado en Mosca del Mediterráneo, diversidad de picudos, palomilla del repollo e insectos de cuarentena.
4. Método muy utilizado en aduanas internacionales.

Monitoreo

Determinar y cuantificar la presencia de insectos en determinado cultivo, almacén o granero. Es una herramienta de lectura para decidir la aplicación de otra técnica de control (Ej.: control químico) y sirve para predecir el período de un ataque de larvas o insectos adultos con certeza

Trampeo masivo

Uso de un gran número de trampas en un área de cultivo para capturar una población significativa de insectos, controlando la población de la plaga. Se basa en reducir la mayor parte de la población insectil, ya sea machos, hembras o ambos.

Las principales ventajas del trampeo masivo de insectos son:

1. Reduce o elimina la utilización de insecticidas, con las subsecuentes ventajas al ambiente.
2. Gran ahorro en costos de agroquímicos y su aplicación.
3. Se logra un nivel efectivo de control.
4. Restablecimiento de poblaciones de insectos benéficos.
5. Feromonas no afectan insectos benéficos (son específicas)

Se deben considerar los siguientes factores importantes en el uso de feromonas.

1. Identificación adecuada de la especie causante del problema.
2. Conocimiento de ciclo de vida del insecto.
3. Selección adecuada de la mejor trampa.
4. Uso de feromonas en cultivo de maíz.

Ejemplo: *Spodoptera frugiperda*

Gusano Cogollero del Maíz

La fase larval dura de 10 -13 días y presenta 6 estados de desarrollo, puede causar daño como cortador, como barrenador del tallo, como cogollero, inclusive a la mazorca y panojas. El daño puede destruir el 60% de la cosecha.

Ciclo de vida del Gusano Cogollero.

- Adulto vive pocos días, es nocturno.
- Fase de huevo hasta 2 000 huevos por hembra: 2-3 días (sobre el follaje).
- Fase de larva: 10-13 días (principalmente cogollo).
- Fase de pupa: 7-8 días (en el suelo).

Se deben considerar los siguientes aspectos al usar esta medida:

1. Daño del gusano cogollero.
2. Tipo de trampa recomendado.
3. Colocación de la trampa.

Período crítico del gusano cogollero es del nacimiento de plántulas hasta que la planta tenga unos 40 cm y 8 hojas (aproximadamente 1er mes).

Resumen

- Colocación de la Trampa
- Colocar trampas a una altura ligeramente superior del follaje, ir subiendo la trampa conforme crece la planta.
- Monitoreo del gusano cogollero:
 - Una trampa por hectárea (trampas en cuadrículas de 100 metros).
 - Trampeo masivo: 6-10 trampas por hectárea.
 - Colocación de la feromona.
 - Sacarla del empaque original metalizado y colocarla adentro de la trampa colgando de un alambre.

Vida en el campo: 30 días.

Ventajas y desventajas del uso de feromonas

Ventajas:

- No afectan al ambiente (ni fauna benéfica).
- Dosis muy bajas.
- No perjudican la salud.
- Fácil empleo.
- No crean resistencia.
- Bajo costo.
- Aceptadas en programas MIP.

Desventajas:

1. Son específicas. El éxito de su uso depende del buen mantenimiento de las trampas.
2. Manejo adecuado de los señuelos:

La formulación viene lista para su uso, no es necesario pincharla o romperla, lo que facilita su uso. Se recomienda comprar la cantidad exacta de feromonas a

utilizar en el campo, para evitar el almacenamiento del producto. En caso de largos períodos de almacenamiento, es recomendable la refrigeración (hasta dos años), se debe mantener el producto dentro de su empaque original, para evitar su deterioro.

Tipos de Señuelos, Feromonas y Atrayentes:

Manejo de la Trampas

1. Las feromonas no se deben de perforar con el alambre. Los insectos son retenidos por el agua con detergente sin olor en el fondo de la trampa. (una cucharadita de jabón por galón de agua). El detergente o jabón rompe la tensión superficial del agua y evita la formación de "capitas" y favorece que el insecto caiga directo al fondo de la trampa.
2. Se debe mantener al menos 3 - 5 centímetros de agua en la trampa.
3. Revisar las trampas una vez por semana.
4. Remover los insectos capturados.
5. La cantidad de insectos.
6. Revisar el nivel de agua.
7. Revisar que la trampa se encuentre bien colocada con respecto al cultivo (altura, firmeza, alambres, estacas).

b. Manejo de enfermedades

En Costa Rica se siembra el maíz en diferentes regiones con clima definido o transicional. Debe entenderse que la planta de maíz, sobre todo en su follaje, puede ser atacada por una o varias enfermedades simultáneamente y que la expresión de la sintomatología estarán determinadas por el ambiente, el patógeno y la naturaleza genética de la planta.

Tipos de enfermedades

Algunas de las enfermedades también se pueden agrupar de acuerdo a la parte de la planta que afectan en:

Enfermedades del follaje

Mancha café *Physoderma maydis*

Sobre la lámina, produce puntos cloróticos que llegan a formar bandas amarillentas que se alternan con tejido verde sano. Sobre la nervadura central se notan manchitas café, algo circulares que pueden llegar a unirse.

Mancha de asfalto *Phyllachora maydis*

En la lámina, causa manchas redondeadas, brillantes negras, sobre relieve; cuando están viejas se rodean de una zona necrótica.

Roya común *Puccinia sorghi*

Enfermedad poco importante que produce pústulas pulverulentas y prominentes en el haz y el envés de la hoja. Cuando jóvenes las pústulas son café rojizas, luego rompen la epidermis y se tornan negras.

Roya polisor *Puccinia polysora*

Las manchas que produce esta especie de roya son más pequeñas, claras y circulares que las producidas por *Puccinia sorghi*. Están tanto en el haz como en el envés y son más lentas en romper la epidermis en relación con *P. sorghi*. Finalmente la pústula vieja es café oscuro.

Roya tropical *Physopella zaeae*

La enfermedad produce pústulas cremosas que sólo se ubican en el haz. Conforman grupos de tres a diez pústulas, rodeadas a veces por una banda de epidermis negra.

Curvularia *Curvularia lunata* y *C. pallesans*

Los síntomas de esta enfermedad son manchas ovaladas de 1 mm de diámetro, amarillas o café, rodeada de un halo clorótico de aspecto aceitoso distribuida en gran cantidad y uniformemente en la lámina foliar.

Tizón foliar *Helminthosporium maydis*

Las lesiones jóvenes son romboides,

luego se alargan entre las venas hasta medir entre 2 a 3 cm; tiene color café pajizo y forma rectangular.

Tizón foliar *Helminthosporium turcicum*

Produce lesiones ahusadas, húmedas, que alcanzan entre 12 cm de largo por 1,50 cm de ancho de color verde grisáceo a pajizo.

Escaldado de la hoja *Stilbum sp.*

Produce inmensas lesiones blancuzcas que pueden extenderse a todo lo largo de la hoja y tienen hasta 3 cm de ancho. En condiciones húmedas, sobre la lesión se desarrollan pequeños basidio carpos carnosos color crema a café claro.

Achaparramiento *Micoplasma sp.*

Produce franjas amarillentas en toda la hoja que progresivamente se tornan rojizo púrpura.

Achaparramiento *Piroplasma sp.*

En la base de la hoja produce estrías blanco amarillentas entre las venas que al final le dan a la hoja una coloración amarilla rojiza.

Pudrición carbonosa *Macrophomina phaseoli*

La parte interna del tallo, adquiere una coloración negruzca del tallo, con aflojamiento de los haces vasculares y presencia de pequeños esclerocios negros; esto es más frecuente en los internudos basales. Es una de las causas del volcamiento.

Enanismo *Mycoplasma sp.* *Spiroplasma sp.*

Produce el acortamiento de los entrenudos y la planta no produce mazorca o las que producen son mazorcas estériles. También causa un exceso de ramificación de las raíces.

Enfermedades de la mazorca

Putridión por *Giberela Gibberella fujikura*

Fusarium moniliforme

Los granos se tornan rojizos y a veces germinan prematuramente o presentan rayas claras y blancuzcas. La infección se inicia en cualquier parte de la mazorca y afecta granos individuales o porciones de las hileras de la mazorca.

Putridión por giberela *Gibberella zae*; *Fusarium graminearum*

Los granos de la parte superior de la mazorca, adquieren un aspecto rojizo. La infección se inicia en la punta de la mazorca descendiendo hacia la base y abarca los granos a lo ancho y largo de la mazorca.

Putridión por diplodia *Diplodia macrospora* ; *Diplodia maydis*

Los granos se tornan color café amarillentos de aspecto sarroso y son carentes de brillo y de peso. La infección comienza en la tuza, que cambia prematuramente su color verde normal a un café pajizo, se extiende a la base de la mazorca en todo su ancho y asciende hacia la punta del olote. Entre los granos y el olote se desarrollan masas de moho blancuzco a veces con formación de puntitos negros que son los cuerpos fructíferos del hongo.

Medidas generales de manejo contra las enfermedades del maíz

1. Sembrar variedades o híbridos de maíces resistentes o tolerantes a los principales agentes fitopatógenos que inciden en las diversas regiones. Usar semilla tratada con fungicidas.
2. Eliminar las malezas que actúan como hospederos de las enfermedades.
3. Aplicar insecticidas para combatir los insectos que pueden actuar

como agentes transmisores de algunos virus o micoplasmas.

4. Evitar heridas en la caña, ya que favorecen el desarrollo de enfermedades de raíz y tallo.
5. Eliminar los residuos de plantas, olotes y tusas que constituyen una fuente muy importante de inóculo primario en la próxima siembra.
6. Rotar los cultivos, especialmente con cultivos hortícolas o leguminosas.

Medidas específicas de manejo de enfermedades

Putridiones en tallo:

Dichas putridiones aparecen en las partes basales inferiores del tallo (Reyes 1990).

Entre los agentes causales se encuentran:

- *Fusarium moniliforme*.
- *Diplodia maydis*
- *Giberella zae*
- *Erwinia caratovora*

Síntomas:

- Las plantas se debilitan y se quiebran fácilmente, cuando hay lluvias y vientos fuertes.
- Un signo característico es la presencia de picnidios en la parte superficial de los entrenudos dañados.
- El hongo puede invadir la mazorca.

Control:

La alternativa al manejo que se ha dado a la fecha es la del uso de variedades resistentes (CATLE 1990).

Enfermedades virales:

Achaparramiento del maíz:

Esta enfermedad es transmitida por un microplasma transmitido por la cigarrita: *Dalbulus maydis* (Monge 1989)

Síntomas:

- Las plantas infestadas manifiestan bandas amarillentas en la base de las hojas más jóvenes que pueden tomar coloraciones púrpura rojizas hacia las puntas.
- Las plantas manifiestan enanismo o achaparramiento por su acortamiento de los entrenudos.
- Las yemas axilares desarrollan mazorcas vanas, delgadas con los ápices de las brácteas ramificadas, hojosas, hay ramificación excesiva de raíces.
- En ataques severos las plantas mueren prematuramente o no producen mazorca y la semilla es escasa.

Control:

Usos de semillas de variedades e híbridos tolerantes o resistentes.

Rayado fino:

Esta enfermedad la causa un virus que también es transmitido por la cigarrita *Dalbulus maydis*. Los síntomas son rayas claras en las hojas, longitudinales y continuas. Las hojas luego se secan y la producción resulta bastante afectada.

El combate de esta enfermedad también se realiza con el uso de variedades e híbridos resistentes.

Enfermedades de las hojas:

Varios son los patógenos que causan problemas al dañar a las hojas. Entre los más importantes son:

1. *Helminthosporium turcicum*
2. *Helminthosporium carbonum*
3. *Helminthosporium maydis*
4. *Phyllachora maydis*

Síntomas:

- En general se presentan como lesiones que van desde formas elípticas, estriadas hasta romboides.

- El crecimiento de dichas manchas se ve limitado por las nervaduras adyacentes de las hojas.
- Llegan a alcanzar formas redondas negras y brillantes que luego se ven rodeadas de una zona necrótica.
- El daño depende del área foliar afectada y de la edad de la planta.

Control:

La única técnica es la obtención de variedades tolerantes, escapen o resistan a los tizones.

- Eliminar residuos de cosechas anteriores que constituyen la principal fuente de infección de las plantas nuevas.
- Utilizar semilla certificada, sana y desinfectada.
- En casos de ataques continuos y severos es recomendable utilizar rotación con leguminosas.
- Mantener una fertilización adecuada del cultivo.

Roya común de maíz (*Puccinia sorghi*)

Su manifestación es notable cuando la planta se aproxima a la floración. Las plantas que sirven como hospederos alternos como *Oxalis sp* presentan pústulas anaranjado claro.

Síntomas:

- Las pústulas son de color café en la infección inicial posteriormente la epidermis se rompe y las lesiones se tornan negras conforme se envejece.
- Las plántulas se encuentran en el haz y el envés de las hojas.

Control:

Para las royas en general, únicamente el uso de semillas de variedades resistentes o resistencia genética es la forma de control. Destrucción de residuos de cosechas o destrucción de rastros.

Enfermedades de la espiga:

Carbón de la espiga:

La infección es sistemática, el hongo penetra en las plántulas y crece sistemáticamente sin manifestar síntomas hasta llegar a la floración y emisión de los estigmas de la planta.

Su organismo causal es *Sphacelotheca reiliana*.

Los síntomas más notables son:

- Desarrollo anormal de las espigas o panojas que aparecen mal formadas con desarrollo excesivo.
- Son notables las moscas negras de esporas que se desarrollan en las florecillas masculinas individuales.
- Masa negra de esporas que rodean los haces vasculares desgarrados que son visibles al abrir las brácteas de la mazorca.

Mildius vellosos (cenicillas) *Sclerophthora macrospora*.

La infección tiene lugar en las primeras 3 a 4 semanas, pero la expresión de los síntomas se observan cuando la planta esta madura. Los síntomas se ven afectados por la edad de la planta, la especie del patógeno y el ambiente.

Síntomas:

- Bandeado clorótico en las hojas, vaina y un enanismo.
- Su manifestación más significativa es cuando aparece un "crecimiento vellosos" o cenicilla en el haz o en el envés de las hojas, esta condición es el resultado de la formación de conidias, lo cual ocurre por lo general por las mañanas.
- En caso de fuertes infestaciones, la cosecha puede ser nula.
- La enfermedad es más común en regiones cálidas y húmedas. Algunas especies causantes de mildius vellosos también inducen mal formaciones de la

espiga, consecuentemente no hay producción de polen, y las mazorcas, si se forman son muy pequeñas. Las hojas se muestran angostas, gruesas y anormalmente erectas.

Control:

En general, para las enfermedades de la espiga lo único recomendable es el uso de variedades resistentes, obtenidas por selección en sus diversas modalidades.

Enfermedades de la mazorca:

Pudrición de la mazorca (*Gibberella* y *Fusarium*)

Se considera una de las principales enfermedades del maíz en el trópico húmedo. Estas dos especies de hongos provocan pudrición de la mazorca y tallo. *Gibberella zeae*, es el estado sexual del hongo; los primeros síntomas de la infección son: formación de micelios blancos que van descendiendo desde la punta de la mazorca y dan una coloración rojiza y rosada a los granos infectados. El hongo produce micro toxinas que son tóxicas para varias especies de animales.

La pudrición por *Fusarium moniliforme* es probablemente el patógeno más común de la mazorca de maíz en todo el mundo, a diferencia de *Gibberella* el daño que causa *Fusarium* se manifiesta principalmente en granos individuales o en ciertas áreas de la mazorca. También produce micro toxinas conocidas como Fumonisinias.

Pudrición de la mazorca (*Diplodia maydis*)

Síntomas:

- Decoloración de las brácteas de la mazorca, la cual aparece floja y seca.

- Al abrir las brácteas se observan las mazorcas con granos dañados y de color amarillento, con un crecimiento algodonoso entre los granos.

Control:

Sembrar semillas sanas de variedades resistentes, fertilidad del suelo equilibrada, cosecha oportuna y manejo de la mazorca con una humedad inferior al 16 %.

Pudrición por Carbón común (*Ustilago maydis*)



Foto 34. Carbón del maíz. Fuente: Bonilla N., 2008

El hongo puede vivir en el suelo y atacar a toda la planta (tallos, hojas, espigas y mazorcas).

Muchas esporas se incorporan al suelo donde permanecen latentes.

Síntomas:

- Abultamientos o agallas grisáceas muy conspicuas que sustituyen a los granos individuales.
- Con el tiempo las agallas se rompen y liberan masas negras de esporas que infectan plantas de maíz de la siembra siguiente.

- En las mazorcas hay muchos granos de maíz que están transformados en esos bubones. Cuando las plantas de maíz jóvenes sufren semejantes hinchamientos mueren en la mayoría de los casos.

Pudrición por *Aspergillus spp*:

Es un problema serio cuando las mazorcas son almacenadas con alto porcentaje de humedad (>16%). La infección viene desde el campo. La mayoría de las especies de *Aspergillus* producen compuestos orgánicos (metabolitos tóxicos) conocidos como aflatoxinas que son tóxicos para mamíferos y aves. En el grano se observa por lo general masas de esporas de color amarillo verdoso.

Pudrición gris de la mazorca (*Phylospora zeae*) (sin. *Botryos phaeria zeae*) (Anamorfo: *Macrophoma zeae*)

Si después de la floración llega a presentarse un período de varias semanas de mucho calor o humedad, esto favorecerá la pudrición de la mazorca. Los primeros síntomas son muy similares a aquéllos de *Stenocarpella* aparece un moho blanco-grisáceo que crece entre los granos y las brácteas que luego se decoloran y aglutinan. En las etapas posteriores de la infección, los dos hongos se pueden identificar con facilidad.

IX. Cosecha y almacenamiento



Foto 35. Cultivo maduro de maíz. Fuente: Morales A. 2008

Cuando la planta alcanza la madurez fisiológica, se puede proceder a la cosecha, la que se puede determinar tomando muestras de granos de diferentes lugares del cultivo, a las cuales se les mide el porcentaje de humedad mediante un aparato para determinar la misma. Cuando dicha humedad alcanza entre 30 y 35 % se puede llevar a cabo la recolección del maíz. Sin embargo, en

la mayoría de los casos se deja el maíz en el campo por más tiempo, especialmente cuando el clima favorece el secado del grano, hasta que alcance la madurez comercial (22-25 % de humedad).

En este punto la mazorca es apta para ser arrancada manual o con cosechadora. Se puede detectar el momento de la cosecha mediante la observación de un color amarillo paja en la planta en este punto la mazorca es apta para ser arrancada manual o con cosechadora. No se debe dejar el maíz en el campo más de lo necesario, ya que el grano puede dañarse por enfermedades o plagas.



Foto 36. Campo a cosecha, se observa el color amarillo paja en la planta.

Fuente: Morales A. 2008

La cosecha puede ser manual o mecanizada: en la cosecha manual hay pérdidas normales entre 2 y 6 % de las mazorcas, las que quedan sin recoger. En la recolección mecanizada, el equipo cosechador debe ajustarse a las normas de la combinada para reducir las pérdidas por caída o daño del grano.

Si fuera necesario, el maíz debe almacenarse en bodegas situadas en

lugares frescos y en sacos. El grano para ser almacenado debe tener 11 % de humedad. Además, el grano debe estar limpio y tratado con fumigante para semillas como el fosforo de aluminio (Phostoxím, Phosphine).

Si el grano a almacenar se va a usar como semilla, es recomendable hacerlo en bodegas ventiladas donde la temperatura no exceda los 25 °C al medio día, de esta manera podrá conservarse hasta seis meses. El ambiente ideal para el almacenamiento del maíz debe tener una temperatura de 21 °C y entre 45 y 50 % de humedad relativa, constantes.

Recolección y secado del maíz:

Si se cuenta con facilidades para el secado artificial, la época óptima de cosecha para el maíz es cuando el grano tiene un contenido de humedad entre 25 % y 30 %. Si no se cuenta con facilidades de secado artificial es necesario tomar precauciones para no perder la cosecha, mientras ésta se seca en el campo.

Se ha comprobado que normalmente se pierde hasta el 30 % de la cosecha por causas comunes en nuestro medio, daños de insectos, pudrición de granos, roedores, robo, inundaciones, etc. Además, la calidad del grano que se recupera es muy inferior a la calidad del grano cosechado oportunamente.

Recomendaciones:

1. Si la cosecha no se mecaniza, se deben **doblar** las plantas en el momento oportuno, en su madurez fisiológica.



Foto 37. Doblado del maíz. Fuente: Bonilla N. 2008



Foto 38. Doblado del maíz. Fuente: Bonilla N. 2008

Dicha madurez la indica la planta cuando la mazorca posee un 35 % de humedad, o bien observando una banda negra que representa cuando la línea del almidón ha avanzado a la base del grano de maíz en la mazorca. Esto se puede identificar separando el grano de maíz y observando la línea negra que se presenta en la base del grano. Esta característica indica que el máximo de la materia seca se ha acumulado en el grano y que la planta ha alcanzado su madurez fisiológica.

2. Cosechar las mazorcas de plantas quebradas durante la dobla y secarlas al sol.
3. Cosechar las mazorcas con daño de insectos durante la dobla y secarlas al sol.
4. Mantener limpia la plantación después de la dobla, a mano o aplicando herbicidas.
5. Cosechar temprano en lugares de la siembra que se inundan durante los temporales.
6. Mantener el control adecuado de plagas durante todo el desarrollo del cultivo y durante la formación de la mazorca; esto ayuda a que las plantas resistan mejor las inclemencias del tiempo durante el período de secado.

Métodos de cosecha:

El maíz se cultiva con diferentes propósitos tales como producción de forraje verde y ensilaje para el consumo animal, producción de granos secos, o como hortaliza en forma de elotes para el consumo humano. El método de cosecha depende de la finalidad que se busca del producto.



Foto 39. Planta de maíz doblada. Fuente: Morales A. 2008



Foto 40. Producción de grano seco de maíz amarillo. Fuente: Bonilla N. 2008



Foto 41. Producción de grano seco, variedad blanca. Fuente: Bonilla N. 2008



Foto 42. Producción de elote tierno para consumo como hortaliza. Fuente: Bonilla N. 2008



Foto 43. Elote tierno maíz amarillo. Fuente: www.fotosearches

Almacenamiento:

1. Almacenar a granel o en sacos en bodegas adecuadas.



Foto 44. Granos de maíz almacenado en sacos. Fuente: Bonilla N. 2008

2. El maíz debe secarse reduciendo su contenido de humedad antes de almacenar hasta un 12% de humedad en zonas frescas y un 11% de humedad en zonas calurosas como en zonas costeras.

Algunas consideraciones para el tratamiento de almacenamiento son: el maíz debe estar bien limpio y protegido con insecticidas (ejemplo Phostoxín). Si no se cuenta con graneros sellados, el tratamiento puede hacerse en sacos, usando la dosis adecuada de insecticidas y manteniendo cubiertas las estibas con lona o plástico durante 72 horas, para así aprovechar al máximo los gases del insecticida. Este tratamiento solo se debe realizar una vez por cada lote de semilla.

Entre las principales recomendaciones para dicho proceso se pueden citar:

- La semilla no debe almacenarse más de 60 días en zonas cálidas.
- La semilla se conserva bien en zonas altas donde la temperatura y la humedad relativa son bajas.
- En lugares calurosos, es recomendable almacenar la semilla en bodegas frescas (ventiladas) donde la temperatura no exceda los 25 °C en horas del medio día. Así puede conservarse hasta 6 meses.
- Si las condiciones antes mencionadas son imposibles, es decir, desea almacenar semilla por períodos largos, es necesario almacenar la semilla en bodegas con aire acondicionado y de preferencia además con deshumidificadores.

- a. Ambiente económico: Temperatura de 21 °C constantes y humedad relativa de 45 % a 50 % ambos constantes.
- b. Ambiente ideal: 8 °C a 10 °C y humedad relativa 45 a 50 %.

Poscosecha

Acarreo:



Foto 45. Acarreo de sacos cargados de maíz. Fuente: Bonilla N. 2008

Transporte:



Foto 46. Transporte de sacos por medio de carretas haladas por un tractor.
Fuente: Bonilla N. 2008

Planta de procesamiento:



Foto 47. Planta de procesamiento de maíz. Fuente: Bonilla N. 2008

Elevadores de granos:



Foto 48. Elevadores de granos. Fuente: Bonilla N. 2008

Procesamiento en planta:

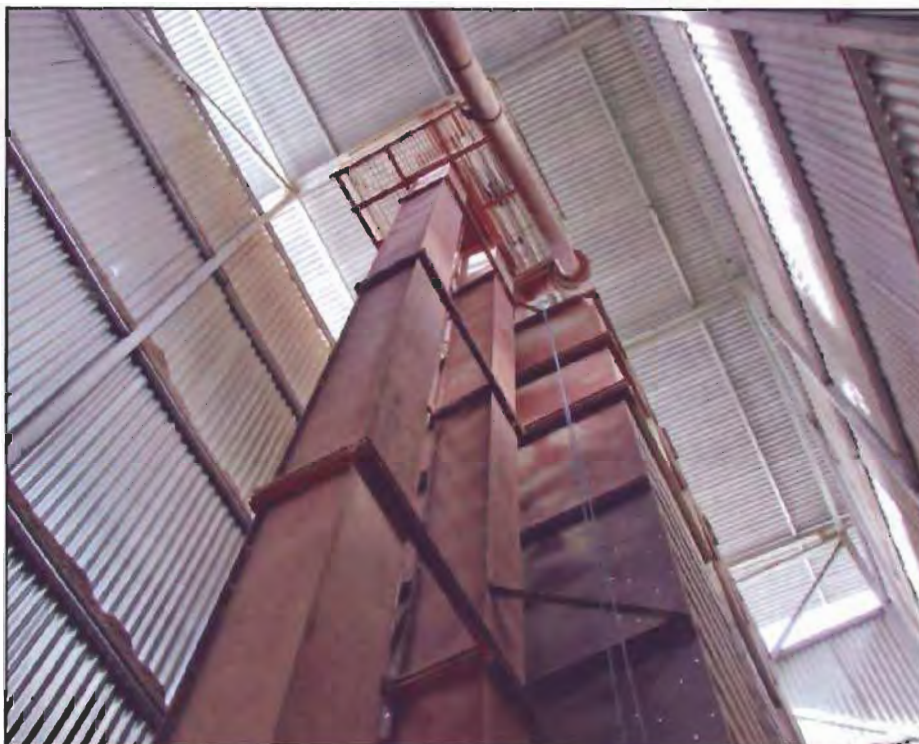


Foto 49. Procesamiento en planta. Fuente: Bonilla N. 2008

Tolva:



Foto 50. Tolva para llenar los sacos con grano seco. Fuente: Bonilla N. 2008

Llenado de sacos después de procesarlo:



Foto 51. Llenado de sacos con granos de maíz ya procesado. Fuente: Bonilla N. 2008.

Enfardado:



Foto 52. Enfardado del grano. Cosido de los sacos de maíz listos para transportar. Fuente: Bonilla N. 2008

Manejo de Plagas de Productos Almacenados con Feromonas, Atrayentes y Trampas:

Monitoreo y Control

Disrupción = confusión del Apareamiento

1. Consiste en la saturación del aire con feromona para impedir la comunicación entre insectos (hembras y machos no logran encontrarse)
2. Utilizar dispensadores de feromonas de alta liberación (400 mg de feromona, la feromona convencional tiene 2-4 mg)

Feromona de Disrupción



Fuente: Chemtica 2006

Disrupción del Apareamiento

Señuelos de feromona de alta liberación 1 feromona / 62 m². Intervalos de *ocho metros lineales dos a tres metros de altura.

Colocación de Trampas

1. En almacenes, durante los meses más frescos, las trampas pueden colocarse cerca de cielorrasos y techos, ya que son lugares frescos que favorecen la reproducción de las polillas

2. En los meses más calientes, las trampas se deben de bajar de altura, debido a que la alta temperatura cerca del techo desfavorece la reproducción.

Interpretación de Capturas

1. Trampas indican lugares de infestación e inicio de períodos de alta actividad, las tasas de capturas son muy variables de acuerdo a la plaga y el tipo de producto almacenado.
2. En general si se capturan más de 5 - 10 polillas/ semana/ trampa puede indicar infestaciones moderadas-altas.
3. Es conveniente la colocación de trampas en el perímetro exterior del almacén.



Foto 53. Trampas en bodegas de almacenamiento. Fuente: Chemtica 2006.



Foto 54. Posición de las trampas en bodega de almacenamineto de grano o semilla. Fuente: Chemtica 2006.

Trampa Desechable para Monitoreo de polillas

Trampa plástica



Trampa cartón



Fuente: Chemtica 2006

Manejo de gorgojos y picudos

1. Trampas con aceite atrayente y feromonas.
2. Efectivas en localizar puntos de infestación.
3. Los gorgojos viven más tiempo que las polillas y son menos "activos" a la hora de responder a trampas y pasan más tiempo en el grano.

Trampas Sonda

1. Las infestaciones mayoritariamente ocurren en el primer metro (parte aeróbica del silo).
2. Usar cinco trampas sonda en silos de hasta siete metros (20 pies) de diámetro.
3. Una trampa al centro y cuatro en las esquinas.
4. Las capturas en trampas sonda (24 hr) son equivalentes a las poblaciones de insectos de 1 kg. de grano muestreado.
5. Si 2 ó más insectos son capturados en las primeras 24 horas, existe un problema potencial.
6. Revisar las trampas frecuentemente durante las siguientes 4-6 semanas.
7. Si el número de insectos se incrementa, se deben tomar medidas de control.
8. Las trampas deben ser revisadas semanalmente en períodos de alta actividad y 1 a 2 veces al mes en períodos de baja actividad de los insectos



Fuente: Chemtica 2006



Foto 55. Trampa sonda. Fuente: Chemtica 2006

X. Literatura Consultada

- ALDRICH S.R.; LENG E.R. 1974. Producción Moderna del Maíz. Trad. Oscar Martínez Tenreiro y Patricia Leguisamón. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 308 p.
- ALEXANDER D.E. 1977. Mejoramiento de la calidad proteínica del maíz: asuntos y problemas actuales. En: Maíz de Alta Calidad Proteínica. Compendio de la ponencias presentadas en el Simposio Internacional CIMMYT-PURDUE. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.). Editorial Limusa S.A. México/Buenos Aires. p: 89-92.
- AOAC, ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1984. Oficial methods of analysis. 13Th. Ed. Washington, D.C. 1298 p.
- ARREGUI L.M.; MERINA M.; MINGO-CASTEL A.M. 2000. Aplicación del medidor portátil de clorofila en los programas de fertilización nitrogenada en patata de siembra Depto. de Producción Agraria, Universidad Pública de Navarra. En: Pascualena J, Ritter E. (Ed) 2000. Libro de Actas del Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata. Patata. 3-6 Julio, Vitoria-Gastéis, España. p 157-170.
- BARRETO H. J.; PÉREZ C.; FUENTES M.R.; QUEMÉ J.L.; LARIOS L. 1994. Efecto de dosis de urea-N en el rendimiento del maíz bajo un sistema de rotación con leguminosas de cobertura. Agronomía Mesoamericana 5: 88-95.
- BERTSCH F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica. Asociación Costarricense de Ciencias del Suelo (ACCS). 159 p
- BOLAÑOS J. 1992. Bases Fisiológicas del Progreso Genético en Cultivares del PRM. Síntesis de Resultados Experimentales del PRM 4(1993): 11-19.
- BONILLA N.; HERNANDEZ J.C.; VARGAS A. 1999. Evaluación de variedades e híbridos comerciales y experimentales de maíz en diferentes zonas maiceras de Costa Rica. En: Memoria XLV Reunión Anual PCCMCA. Guatemala. p:47.
- BOSCHINI C.; ELIZONDO J. 2004. Desarrollo Productivo y Cualitativo de Maíz Híbrido para ensilaje. Agronomía Mesoamericana 15(1):31-37.
- BRIZUELA L. et al. 1992. Evaluación de variedades sintéticas de maíz (*Zea mays* L.) en once ambientes de Centro América. En: Síntesis de Resultados Experimentales de 1991 CIMMYT-PRM. Editores J. Bolaños, G. Saíenz, R. Urbina, H. Barreto. p: 43-58.
- CACEROS O.A.; GONZÁLEZ P.; HIDALGO I.; MOSCOSO B.; RAUN W.R. 1990. Ensayo exploratorio de métodos e interacciones de elementos en la aplicación de fertilizantes en el cultivo de maíz. Agronomía Mesoamericana 1: 7-13.
- CANO O.; TOSQUY O.H.; SIERRA M.; RODRÍGUEZ F.A. 2001 Fertilización y densidad de población en genotipos de maíz cultivados bajo condiciones de temporal. Agronomía Mesoamericana 12(2): 199-203.

- CASTAÑÓN G. et al . 1994. Respuesta del Maíz (*Zea mays* L.) a cinco factores de estudios (Híbrido, Densidad de población, Nitrógeno, Fósforo y Potasio). En: Memoria XL Reunión Anual del PCCMCA. Costa Rica.
- CENTRO INTERNACIONAL PARA EL MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO (CIMMYT). 1989. Programa Regional de Maíz de CIMMYT para Centro América, Panamá y el Caribe. 85 p.
- _____. 2004. Enfermedades del Maíz. Una Guía para su Identificación en el Campo. México. 117 p.
- _____. 2004. Insectos nocivos del Maíz. Una Guía para su Identificación en el Campo. México. 106 p.
- _____. 2007. Manual de Plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control. México. 55 p.
- _____. 1994. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de Campo. México. 122 p.
- _____. 1999. Desarrollo, mantenimiento y multiplicación de semilla de variedades de polinización libre. Segunda Edición. México. 12 p
- CORDOBA H.S.; BARRETO H.S.; CROSSA J. 1992. Impacto del Desarrollo de Híbridos de Maíz en Centro América: Confiabilidad de las Ganancias en Rendimiento sobre el Genotipo H5 y consideraciones para la Selección de Testigos Regionales. En: Síntesis de Resultados Experimentales 1992. Programa Regional de Maíz (PRM). p: 3-10 .
- CORDOVA H.S. 1990. Estimación de parámetros de estabilidad para determinar la respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a ambientes contrastantes de Centroamérica, Panamá y México. En: Memoria XXXVL Reunión PCCMCA. San Salvador.
- CORDOVA H.S.; CASTELLANOS S.; BARRETO H.; BOLAÑOS J. 2002. Veinticinco años de mejoramiento en los sistemas de maíz en Centroamérica: Logros y Estrategias hacia el 2000.
- ESPINOZA A. ; URBINA R.; ORTEGA D.; MENDOZA M. 1999. Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en diferentes ambientes de Nicaragua. En: Memoria XLV Reunión Anual PCCMCA. Guatemala. p: 48.
- FERTICA (FERTILIZANTES DE CENTROAMERICA). 2000. Granos de experiencia respaldan sus cosechas. Plegable. San José, Costa Rica. 2 p
- FUENTES J.; CRUZ A.; CASTRO L.; GLORIA G.; RODRIGUEZ S.; ORTIZ DE LA ROSA B. 2001. Evaluación de variedades e Híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para ensilado. *Agronomía Mesoamericana* 12(2):193-197.
- GARCÍA F.O. 2003. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz INPOFOS/PPI/PPIC Cono Sur Acassuso – Argentina. 21p
- GORDÓN R.; FRANCO J.; DE GRACIA N.; GONZÁLEZ A. 1997. Respuesta del maíz al nitrógeno y la rotación con canavalia, bajo dos tipos de labranza, Río Hato, Panamá, 1993-94. *Agronomía Mesoamericana* 8(2): 78-84.

- GORDON R; CAMARGO I; FRANCO J.; GONZALEZ A. 2006. Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, Azuero, Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 17(2):189-199.
- LOPEZ M. 1999. Impacto de la investigación en mejoramiento de maíz en Centroamericana y el Caribe: 1966-1997. *Agronomía Mesoamericana* 10(2): 111-131.
- MA T. S.; ZUAZAGA G. 1942. Micro-Kjeldahl determination of nitrogen. A new indicator and an improved rapid method. *Ind. Eng. Chem. (Analytical Edition)* 14:280-2, [G.H. Jones Chemical Laboratory, University of Chicago, Chicago, IL]
- MACKOWN C.T. ; SUTTON T.G. 1998 Using Early-Season Leaf Traits to Predict Nitrogen Sufficiency of Burley Tobacco *Agron. J.* 90:21–27.
- MORALES J.A. 1998. Fertilización y densidad de población en líneas de maíz en el noreste de México. *Agronomía Mesoamericana* 9 (2): 125-130.
- MUNGIA S.; SABORIO J.C.; CÁRDENAS H. 2002. Evaluación de variedades de maíz blanco en la región Brunca de Costa Rica: Experimentación campesina. *Agronomía Mesoamericana* 13(1): 49-53.
- NOVOA R.; VILLAGRÁN N. 2002 Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz .*Agric. Téc. V.62 n.1 Chillán ene.* 17 p
- ORDAS A. 1995. Mejora Genética del Maíz. Curso Superior de Mejora Genética Vegetal. Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza. Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos. 25 p.
- OSORIO M.; GUERRA F. 1999. Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en diferentes ambientes de Nicaragua. En: Memoria XLV Reunión Anual PCCMCA. Guatemala. p: 48.
- PALIWAL R.L.; GRANADOS G. 2001. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Roma, Italia.
- PETERSON T.A. et al. 1993. NebGuide: Using a Chlorophyll Meter to Improve N Management. Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska. Lincoln. EUA No.G93-1171-A.
- PIXLEY A.L. 1993. Informe final de ensayos presentado a la Unidad de Planificación de Investigaciones Agrícolas. M.A.G. Memografiado.
- POEHLMAN J.M. 1965. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.) . Trad. Nicolás Sánchez Durón. Editorial Limusa-Wiley S.A. México. p: 263-299.
- QUEME J.L.; FUENTES R.M. 1992. Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de grano blanco y amarillo en diferentes ambientes de México, Centro América y El Caribe y Venezuela. En: Síntesis de Resultados Experimentales 1991. Programa Regional de Maíz (PRM).283 p.

- RODRÍGUEZ M; GONZÁLEZ G; SANTELISES A; ETCHEVERS J.; SANTIZÓ J. A. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados. México. *Terra* 6 (2): 135-141.
- ROMAGOSA I.; FOX P.N. 1993. Genotype-Environment Interaction. and adaptation. En: *Plant Breeding. Principles and Prospects* [Edited by M.D. Hayward; N.O. Bosermark; I. Romagosa] C.I.H.E.A.M. Zaragoza, Spain. Chapman & Hall. London. p: 373-390.
- SAÍN G.; ACOSTA M.A. 1993 Recomendaciones condicionadas de fertilización con nitrógeno y fósforo usando un modelo cuadrático en la provincia de Chiriquí, Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 4: 11-17.
- SAINZ H.; ECHEVERRÍA H. 1998. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. *Rev. Fac. Agron., La Plata* 103 (1):37-44.
- SAINZ H; ECHEVERRÍA H.E; BARBIERI P. 2004. Desnitrificación en un suelo bajo siembra directa en función de la presencia de plantas de maíz y de la dosis de nitrógeno. *Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Ciencia del Suelo* 22 (1): 27-35.
- TOSQUY H.; CASTAÑÓN G. 1998. Respuesta de fertilización y densidad de siembra en líneas de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 9(2): 113-118.
- VILLAR D.F. 2004. Absorción de nutrientes, efecto de la fertilización nitrogenada y potásica y utilización del medidor de clorofila Minolta (modelo SPAD 502) en el manejo del nitrógeno en maíz dulce (*Zea mays* var. *Saccharata*). Tesis presentada como requisito para optar al grado de Magister en Ciencias Vegetales, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Dirección de Investigación y Postgrado, Programa de postgrado en Ciencias de la Agricultura. P 24-54.
- SHAGUN J. 1993. Evaluación de Genotipos en serie de Experimentos: Diferencias en Parámetros Genéticos generados en dos modelos. XXXIX Reunión Anual PCCMCA. Memoria.
- ZEAL J.L. 1993. Efecto residual de intercalar leguminosas sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) en nueve localidades de Centroamérica. *Agronomía Mesoamericana* 4: 18-22.

XI. Anexos

COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTÁREA MAÍZ A ESPEQUE PAQUETE TECNOLÓGICO VALIDADO

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	COSTO	%
1. LABORES MANUALES				165.600,00	21,2%
Preparación de suelo/herbicidas (Bomba motor)	hrs	10	2.400,00	24.000,00	3,1%
Siembra	hrs	24	600,00	14.400,00	1,8%
Abonada I y II	hrs	20	600,00	12.000,00	1,5%
Herbicidas	hrs	16	600,00	9.600,00	1,2%
Acarreo de Agua	hrs	16	600,00	9.600,00	1,2%
Aplicación insecticidas y abono foliar	hrs	16	600,00	9.600,00	1,2%
Cosecha	hrs	60	600,00	36.000,00	4,6%
Amontonada desgrane y Acarreo	hrs	84	600,00	50.400,00	6,4%
2. MATERIALES E INSUMOS				366.710,83	46,9%
Semilla 30F32	bolsa	17,7	2.390,00	42.303,00	5,4%
Glifosato ranger	l	3,5	5.935,00	20.772,50	2,7%
Herbicida preemergente atranex	kg	3,0	4.200,00	12.600,00	1,6%
Tratamiento de Semilla marshall	kg	0,3	14.533,00	4.359,90	0,6%
Herbicida Quemante radex	l	3,0	2.865,00	8.595,00	1,1%
Fertilizante siembra 10-30-10 45 k	sacos	4,0	29.180,00	116.720,00	14,9%
Insecticida al follaje larvin	l	1,0	16.970,00	16.970,00	2,2%
Tecnokel Zinc	l	0,5	3.680,00	1.840,00	0,2%
Fertilizante 30 días 33.5-0-0-12	sacos	4,0	13.280,00	53.120,00	6,8%
Alquiler	ha	1,0	50.000,00	50.000,00	6,4%
Subtotal 1 antes de financiamiento				327.280,40	41,8%
Subtotal 1+2 antes de financiamiento				492.880,40	63,0%
Costos financieros				39.430,43	5,0%
3. OTROS GASTOS				250.000,00	32,0%
Transporte maíz a Centro de Acopio	quintal	100	250,00	25.000,00	3,2%
Transporte a San José	quintal	100	700,00	70.000,00	8,9%
Transporte de insumos	Viaje	1	5.000,00	5.000,00	0,6%
Intermediación de la ASOPRO	Costos de Operación	100	300,00	30.000,00	3,8%
Secado	quintal	100	600,00	60.000,00	7,7%
Desgrane	quintal	100	300,00	30.000,00	3,8%
Sacos	Saco	300	100,00	30.000,00	3,8%
COSTOS TOTALES				782.310,83	100,0%
4. INGRESOS				900.000,00	115,0%
Producción estimada	quintal	100	9.000,00	900.000,00	115,0%
UTILIDAD NETA				117.689,17	15,0%

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ SEMI-MECANIZADO

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (colones)	COSTO TOTAL (colones)
Labores Mecanizadas				135,000.00
Rastra pesada	Pasada	1	35.000,00	35.000,00
Rastra liviana	Pasada	3	25.000,00	75.000,00
Alomillado	Pasada	1	25.000,00	25.000,00
Labores Manuales				131,328.00
Siembra	hr /h	60	684,00	41.040,00
Aplicación de herbicida pre-emergente	hr /h	24	684,00	16.416,00
Aplicación de insecticida granulado	hr /h	12	684,00	8.208,00
Aplicación de fertilizante de siembra	hr /h	30	684,00	20.520,00
Aplicación de fertilizante nitrogenado	hr /h	18	684,00	12.312,00
Aplicación de herbicida pos-emergente	hr /h	24	684,00	16.416,00
Aplicación de insecticida al follaje	hr /h	24	684,00	16.416,00
Labores de cosecha				183,920.00
Cosecha manual	hr/h	40	684,00	27.360,00
Destuce	hr/h	60	684,00	41.040,00
Clasificación y enfarde	hr/h	30	684,00	20.520,00
Acarreo interno	Sacos	100	250,00	25.000,00
Transporte a Planta Semillas	Sacos	100	700,00	70.000,00
Insumos				400.005,00
Semilla registrada	Kg	20	2.390,00	47.800,00
Fertilizante siembra 10-30-10	Sacos	5	29.180,00	145.900,00
Fertilizante nitrogenado Nutran	Sacos	5	13.280,00	66.400,00
Herbicida Prowl 500	Litros	2	5.925,00	11.850,00
Gramoxone	Litros	7	2.865,00	20.055,00
Insecticida Counter	Kg	15	1.000,00	15.000,00
Insecticida Lorsban	Litros	3	6.000,00	18.000,00
Sacos y mecate	Sacos	100	100,00	10.000,00
Transporte de insumos al campo	Quintales	11	5.000,00	5.000,00
Alquiler de terreno	ha	1	60.000,00	60.000,00
Total				850.253,00

Fuente: Bonilla N. 2007