



Ministerio de Agricultura
y Desarrollo Rural
República de Colombia

Liberad y Orden



ASPECTOS TÉCNICOS DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN COLOMBIA

ESTA PUBLICACIÓN FUE PATROCINADA CON RECURSOS DEL:
FONDO IMPORTADO DE CEREALES

ÍNDICE Y AUTORES

Capítulo 1: Importancia del cultivo del maíz	3	Capítulo 6: Manejo Agronómico	104
Autores:			
- Fabio Polanía Fierro, I.A. M.Sc		- Carlos Molina Gómez, I.A.	
- David Méndez Guarnizo, Ingeniero Industrial, Postgrado en economía		- Hugo Delgado Rojas, I.A.	
Capítulo 2: Fitomejoramiento	19	Capítulo 7: Maíz en asocio con otros cultivos	167
Autor:			
- Jose Ever Vargas Sánchez, I.A., M.Sc, Ph D		- Henry Vanegas, I.A. M.Sc	
Capítulo 3: Fisiología de la planta de maíz	33	- Carlos Fernando Peluha, I.A.	
Autores:			
- José Gabriel Ospina Rojas , I.A. M.Sc		- Fabio Polanía Fierro, I.A. M.Sc	
- Carmen Julio Duarte. Pérez I.A.		Capítulo 8: Comercialización	187
Capítulo 4: Manejo de suelos en el cultivo de maíz	60	Autor:	
Autor:			
- Juan Pablo García Montealegre, I.A. M.S.c		- David Méndez Guarnizo, Ingeniero Industria, Postgrado en economía	
Capítulo 5: Nutrición del cultivo del maíz	71	Capítulo 9: Cosecha y post cosecha	200
Autores:			
- Juan Pablo García Montealegre, I.A. M.S.c		- Fabio Polanía Fierro, I.A. M.Sc	
- Dilia Coral Erazo, I.A. M.S.c		- Gloria Mabel Martínez Alvarez, Ingeniera Agroindustrial	
- Carlos Molina Gómez, I.A.		- Ricardo E. Garbers, I.A.	

CAPÍTULO

IMPORTANCIA DEL CULTIVO DEL MAÍZ

ORIGEN, HISTORIA E IMPORTANCIA DEL MAÍZ

El maíz, *Zea mays L.*, es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen y debido a sus grandes bondades y multitud de usos se ha convertido en el cultivo más importante, entre los cereales, a nivel mundial por su producción, (864.376.440 toneladas proyectada en la temporada 2010-2011), superando al trigo y al arroz. Ocupa el segundo lugar en área después del trigo, con 167.000.000 de hectáreas y es el cultivo que se siembra en mayor número de países en el mundo, 135.

Origen e Historia

El maíz es una planta completamente domesticada y ha vivido y evolucionado conjuntamente con el hombre desde tiempos remotos. Por esta razón, el maíz no crece en forma silvestre y no puede sobrevivir en la naturaleza, sin los cuidados del hombre.

Aunque es mucho lo que se ha escrito e investigado sobre el origen del maíz, aún en nuestros días, este tema no ha llegado a aclararse definitivamente. Existen tres teorías sobre su origen.

La primera, con pocos seguidores, indica que el maíz se habría originado en el Asia, en la región del Himalaya, como producto de un cruzamiento entre *Coix spp*, y algunas *Andropogoneas*, probablemente el sorgo. Ambos padres tienen cinco pares de cromosomas, el maíz tiene diez.

La segunda teoría habla de que el sitio de origen podría encontrarse en Suramérica, en la región andina, debido a la existencia de una gran diversidad de maíces en los altiplanos del

Perú, donde se encuentran, también, todas las gamas de colores del pericarpio del grano, que se conocen en el mundo.

La tercera y más aceptada es la del origen mexicano donde el maíz y el teocinte, uno de sus ancestros, han coexistido desde la antigüedad y donde ambas especies presentan una diversidad muy amplia. El hallazgo de polen fósil y de mazorcas de maíz en cuevas, en zonas arqueológicas, sustentan esta teoría del origen mexicano.

Gracias al uso de la técnica del carbono 14 realizada sobre espigas de maíz encontradas en yacimientos arqueológicos en el Valle de Tehuacán, se sabe que el maíz era consumido en México hace más de 7000 años.

El maíz era un alimento básico de las culturas americanas muchos siglos antes de que los europeos llegaran a América. Se dice que a Europa fue llevado por Cristóbal Colón. En las civilizaciones indígenas jugó un papel fundamental en las creencias religiosas y en su alimentación. Grandes leyendas y monumentos indígenas son silenciosos testigos de la adoración que los aborígenes tenían por la madre tierra y los frutos que de ella se extraían, en especial por el maíz.

En Colombia se tienen indicios de la presencia del maíz en el valle del Alto Magdalena, donde pudo estar el centro de domesticación de la planta. Hay también pruebas de que los indígenas de la zona de San Agustín cultivaban las variedades que hoy se conocen como "pira o reventón" y la "pollo". Se dice, también, que los cuatro grupos indígenas más importantes que habitaron nuestro territorio conocían y aprovechaban el maíz en todas sus formas.

Se considera interesante el hecho de que en Colombia existen ciertas razas de maíz idénticas en muchos aspectos a razas centroamericanas. Entre ellas están un maíz dulce, uno cristalino de mazorca larga y por lo menos dos tipos de maíz harinoso.

La diversidad de los ambientes bajo los cuales se siembra es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo. Aunque se originó y evolucionó en la zona tropical y subtropical, como una planta de excelentes rendimientos, hoy en día se cultiva desde los 58° de latitud norte, en Canadá y Rusia y hasta los 40° latitud sur, en Argentina y Chile. La mayor parte del maíz se cultiva a altitudes medias, pero se siembra también por debajo del nivel del mar en las planicies del Caspio y hasta los 3800 msnm, en la cordillera de los Andes, en el Perú.

Este cereal tiene una gran importancia a nivel mundial, ya que es un soporte básico alimenticio para los humanos y animales y fuente de gran número de productos industriales.

El maíz es una de las especies cultivadas con mayor potencial para la producción de carbohidratos por unidad de superficie y el de mayor rendimiento por hectárea, con registros a nivel experimental de 24 toneladas por hectárea.

Fue el primer cereal sometido a rápidas e importantes transformaciones tecnológicas en su forma de cultivo, que incluye la producción de híbridos normales y transgénicos. El éxito de la tecnología desarrollada para el mejoramiento del maíz ha estimulado una revolución agrícola generalizada en el mundo.

El maíz tiene usos múltiples y variados. Es el único cereal que puede ser utilizado como ali-

mento en distintas etapas del desarrollo de la planta. Las mazorcas jóvenes del maíz (maíz baby) cosechadas antes de la floración son utilizadas como una hortaliza. Las mazorcas tiernas de maíz dulce son un manjar que se consume en muchas formas. Las mazorcas verdes, choclo, son usadas en gran escala, asadas o hervidas, o consumidas en el estado de pasta blanda. La planta de maíz que está aun verde cuando se cosechan las mazorcas baby o los choclos, proporciona un buen forraje para el ganado. El grano seco se usa para el consumo humano o animal y para la elaboración de una gran cantidad de productos industriales, incluyendo el etanol.

En el mundo se conocen más de 1000 productos derivados total o parcialmente del maíz. Estos productos incluyen tortillas, arepas, harinas, cereales para el desayuno, espesantes, pastas, jarabes, endulzantes, jarabes, whisky y cerveza. En el proceso de molienda húmeda se produce almidón, endulzantes, dextrosa, fructosa, glucosa, malta y jarabes.

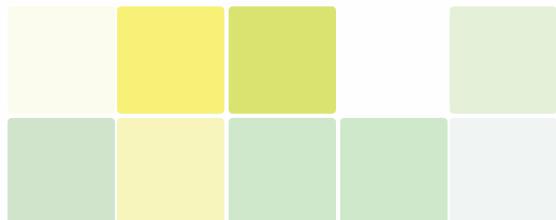
Otros productos en los cuales se usa el maíz son: pegantes, pañales desechables, bolsas biodegradables, antibióticos, analgésicos y otros medicamentos.

En los últimos años se está usando como materia prima para la elaboración de biocombustibles, especialmente en los Estados Unidos, el mayor productor mundial de maíz, que está destinando la tercera parte de su producción para este propósito.

El Maíz en el Mundo

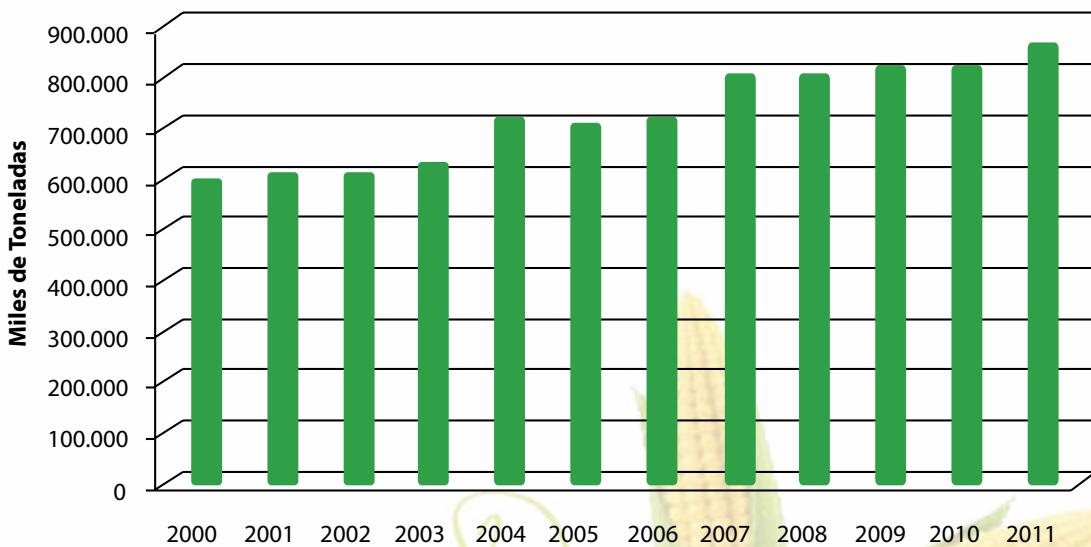
El maíz se ha convertido en el cereal más importante en la economía mundial, desde 1998, cuando sobrepasó el trigo en el volumen de

producción y ha venido creciendo en los últimos años a una tasa anual del 2.5%, alcanzando las 864.376.440 toneladas proyectadas, en la temporada 2010-2011, de las cuales se estima que el 92% corresponden al maíz amarillo y el 8% restante al maíz blanco. En la siguiente gráfica se puede apreciar la producción mundial en los últimos once años y el crecimiento que ha tenido.



Histórico de producción total de maíz en el mundo. Cifras en miles de toneladas

Producción Mundial de Maíz



Fuente:FAPRI Searchable Outlook Database. <http://www.fabri.iastate.edu/tools/outlook.aspx>



Las proyecciones del Instituto de Investigación de Políticas de Agricultura y Alimentos – FA-PRI indican que la producción mundial continuará aumentando a una tasa aproximada de 1.2%, para llegar a 957.654.440 toneladas en el 2018 y a 1.041.015.550 en el 2025. Sin embargo, esta proyección podría verse afectada por el crecimiento de la industria de biocombustibles.

En cuanto a los países mayores productores de maíz, las cifras del FAPRI muestran que para el período 2010-2011 Estados Unidos, sigue siendo el mayor productor con 340.449.000 toneladas seguido por China, con 170.422.00 luego vienen en orden de importancia los países de la Unión Europea, Brasil, Argentina México, India y Suráfrica. Estados Unidos, Argentina, Brasil y Suráfrica y China son también los mayores exportadores.

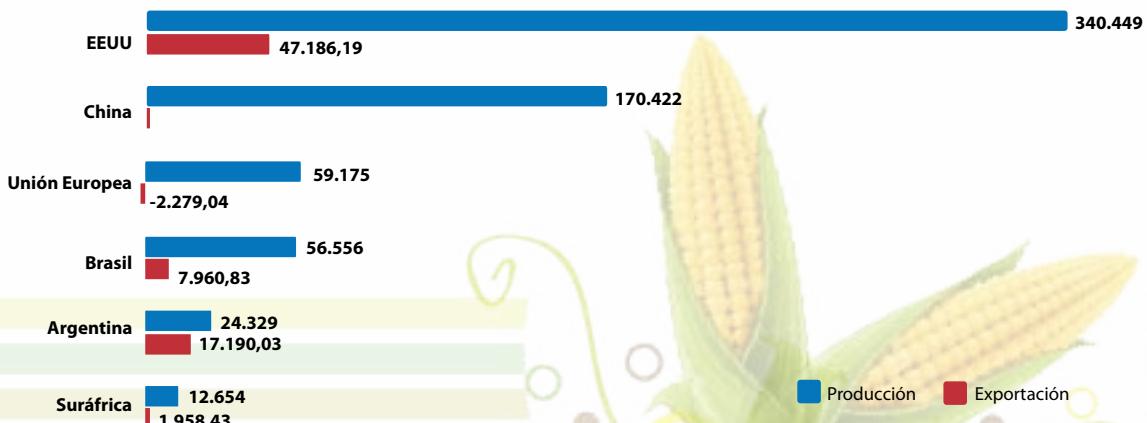
PRODUCTIVIDAD

Los mayores rendimientos por hectárea se obtienen en los países de climas templados y subtropicales, donde las temperaturas son más suaves, hay mayor luminosidad, se cultiva en zonas planas y en grandes extensiones con economías de escala, que permiten una mecanización eficiente y se aplica alta tecnología como el uso de semillas híbridas, altas dosis de fertilizantes y plaguicidas para controles fitosanitarios.

El mayor rendimiento se encuentra en los Estados Unidos con 10.6, seguido por Canadá con 9.1 Egipto con 8.5, Argentina 7.5, Unión Europea 7.0, China 5.0, Brasil 4.1. La situación de los países tropicales está cambiando rápidamente. Existe una mayor disponibilidad de genotipos superiores con una alta productividad para ambientes tropicales, y se usan materiales transgénicos.

Producción y exportaciones de los principales países. Cifras en miles de toneladas para 2010

Producción y Exportaciones de los Principales países



Fuente:FAPRI Searchable Outlook Database. <http://www.fabri.iastate.edu/tools/outlook.aspx>

El aumento en la producción mundial del maíz está estrechamente ligada al crecimiento de la industria de biocombustibles, en los Estados Unidos, así como a la demanda progresiva proveniente de economías emergentes como la China y otros países asiáticos, que a raíz de su importante crecimiento económico, están aumentando el consumo de carnes que se producen con base en granos forrajeros, principalmente de maíz.

Así, se espera que el comercio mundial de maíz, es decir, el flujo total de las importaciones en el mundo, tenga un crecimiento anual aproximado de 1.8% durante los próximos años, para alcanzar así unos 113.2 millones de toneladas de maíz para el año 2020.

Estados Unidos, Argentina y Brasil continuarán siendo las grandes potencias exportadoras de maíz en el mundo.

Usos del Maíz

La mayor producción mundial del maíz se destina a la alimentación animal, para la que se elaboran alimentos balanceados, en donde el maíz proporciona el componente energético de las raciones.

El grano también se emplea para el consumo humano, especialmente en los países en desarrollo: en Estados Unidos se encuentran más de 1000 productos derivados total o parcialmente del maíz.

En los últimos años a consecuencia de la crisis energética y el aumento en los precios del petróleo los Estados Unidos tomaron la decisión de utilizar el maíz como materia prima para la producción de etanol como biocombustible.

La importancia del Etanol

Como se dijo antes, el maíz se encuentra estrechamente ligado a la producción de biocombustibles como el etanol, sobre todo en Estados Unidos, que es ahora el principal productor a nivel mundial, superando a Brasil, quien lideraba el mercado hasta el 2005 y utiliza la caña de azúcar para su producción.

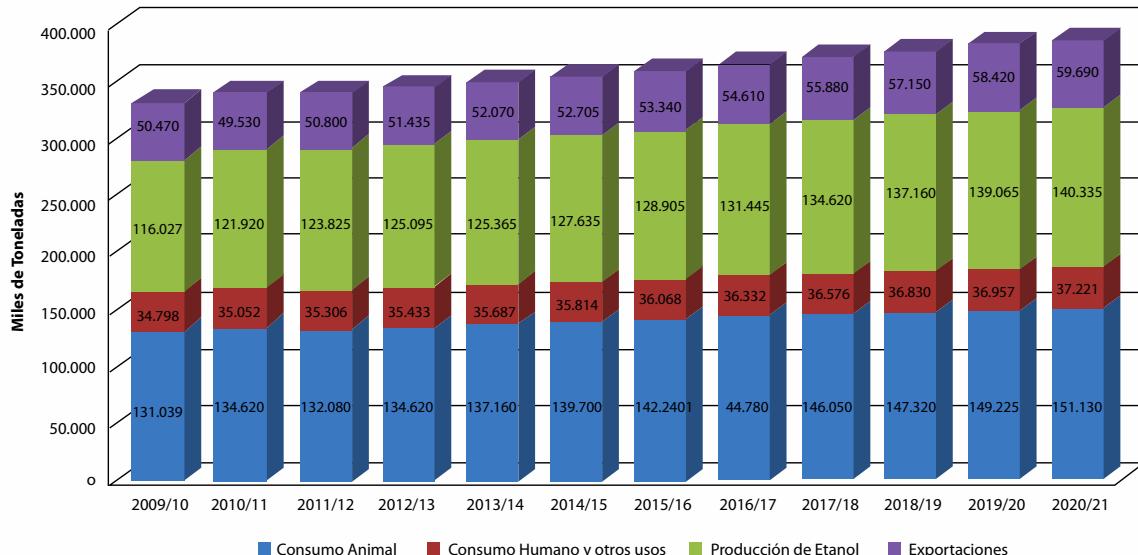
En el siguiente cuadro se puede observar el crecimiento de la producción de etanol, proveniente de diferentes fuentes. Además del maíz, usado en Estados Unidos, las otras materias primas para la producción de etanol son: la caña de azúcar, la remolacha azucarera y otros cereales como trigo y sorgo.



LA PRODUCCIÓN DE ETANOL HA VENIDO EN AUMENTO COMO PROPORCIÓN DE LOS USOS QUE RECIBE EL MAÍZ EN EE.UU.

Evolución del uso de la producción de maíz en EE.UU. Cifras en porcentajes y miles de toneladas

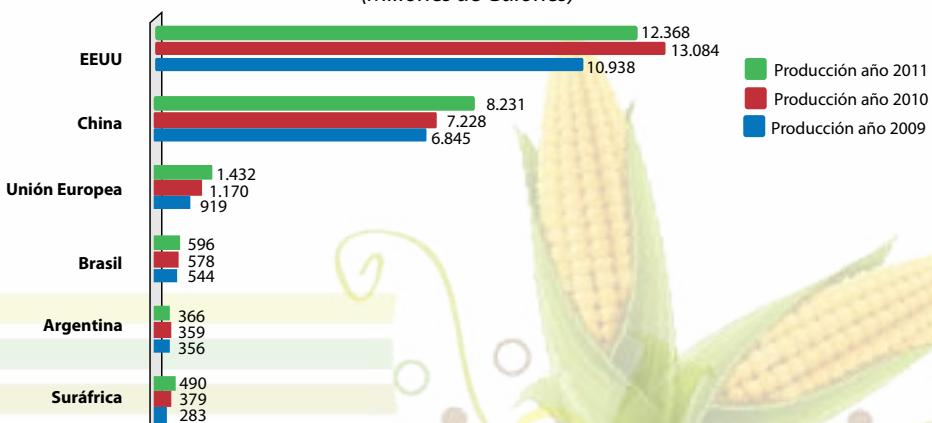
Evolución del Uso de la producción de Maíz en Estados Unidos



Fuente:FAPRI Searchable Outlook Database. <http://www.fabri.iastate.edu/tools/outlook.aspx>

Fuente: USDA Agricultural Projections to 2020

*Principales Productores de Etanol
(Millones de Galones)*



Fuente:FAPRI Searchable Outlook Database. <http://www.fabri.iastate.edu/tools/outlook.aspx>

Nota: Incluye etanol elaborado de diferentes materias primas

Para el 2009 la producción de etanol en los Estados Unidos fue de 10.937 millones de galones y en el 2011 es de 12.368 millones de galones, que era la meta que se tenía para el 2012.

Teniendo en cuenta que la industria del etanol en Estados Unidos utiliza el maíz como materia prima, su crecimiento se está reflejando en una modificación en la proporción de los diferentes usos que tiene el maíz en ese país, lo cual afectará el comercio internacional, considerando que los Estados Unidos son el primer productor y el primer exportador mundial. Esta situación tendrá un impacto importante en tres indicadores del mercado como son: los excedentes de exportación, los inventarios finales anuales y los precios futuros del grano y de otros productos que están relacionados con la producción del maíz, como la soya.

Analicemos los efectos que el uso del maíz para producir etanol en los Estados Unidos tiene en los tres indicadores antes mencionados:

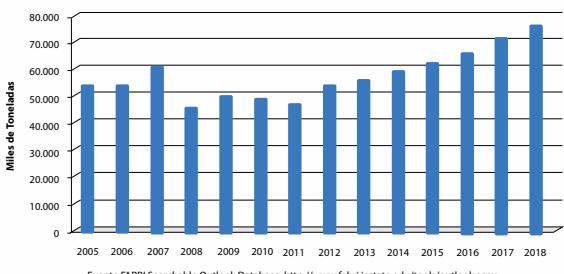
Excedentes disponibles para exportación

Considerando el crecimiento de la industria del etanol y a su vez de la demanda del maíz en Estados Unidos, se estima que habrá una disminución importante en la participación de los excedentes disponibles que éste país destina a la exportación, lo cual afectará a los países que son grandes importadores, entre los cuales se encuentra Colombia.

Las proyecciones más recientes del USDA (United States Department of Agriculture) indican que estas exportaciones disminuyen del 19% en el 2007 al 17% para el 2017; como consecuencia de esto, Estados Unidos tendrá una reducción en la participación en el mercado mun-

dial, que pasa del 65% de las exportaciones del 2007 a un 60% en el 2017. Según el FAPRI para el 2018 se proyecta que las exportaciones mundiales estarán en 105.825.000, de las cuales 76.779.900 serán de los Estados Unidos

Exportaciones Maíz en EE.UU



Ahora veamos cuales son los mayores países importadores de maíz, con cifras del período 2010-2011:

Mayores Importadores	Toneladas anuales
Japón	16.2 millones de toneladas
México	10.2 millones de toneladas
Corea	9.1 millones de toneladas
Egipto	4.2 millones de toneladas
Taiwán y U.Europea	3.4 millones de toneladas
Colombia	3.3 millones de toneladas

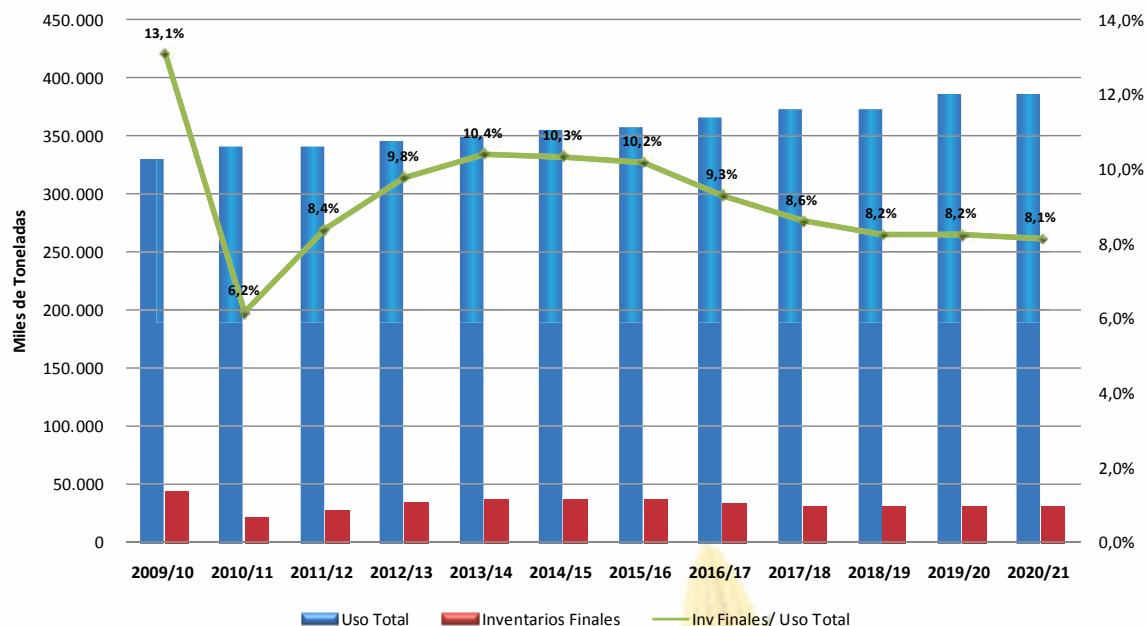
Inventarios finales de maíz

Como, consecuencia del crecimiento de la industria de biocombustibles, el inventario final de la producción de maíz dejado como inventario también se verá reducido.

Mientras en la actualidad los inventarios finales anuales corresponden a un 6,2% del maíz utilizado en Estados Unidos (relación: Existencias/Uso), las proyecciones oficiales del USDA,

indican que en el mediano plazo este porcentaje crecerá a tal punto de llegar en la campaña 2015-16 a representar el 10,2% de la producción; período a partir del cual retoma una tendencia decreciente, estabilizándose alrededor de los ocho puntos porcentuales en la campaña 2020-21.

LOS STOCKS FINALES DEL GRANO TAMBIÉN TIENDEN A DISMINUIR COMO PORCENTAJE DEL USO TOTAL DE MAÍZ



Fuente: USDA Agricultural Projections to 2020

Precios del grano

La proyección de precios futuros de maíz muestra una tendencia a estabilizarse alrededor de 4.0 dólares por bushel, lo cual equivale a un precio aproximado de USD 158 por tonelada.

Este precio es superior a los precios promedio históricos, los cuales llegaron a estar por debajo de los USD100.

mercados internacionales de productos agrícolas se verán afectados directamente por el crecimiento tanto de la demanda del maíz como de la industria de biocombustibles.

Los precios internacionales del maíz vienen subiendo desde el 2006, coincidiendo con la tendencia al alza en los precios del petróleo y con anuncios por parte del Gobierno estadounidense relacionados con las metas de crecimiento en la producción de biocombustibles.

EL MAÍZ EN COLOMBIA

El maíz es uno de los renglones más importantes de la producción agrícola nacional y ha sido el cultivo colonizador en muchas regiones del país, como ha quedado registrado en la literatura colombiana

El maíz se encuentra ampliamente difundido en todas las regiones naturales del país, dada su especial adaptación a diversas condiciones agroclimáticas y socioeconómicas; por eso, este grano se cultiva desde la Guajira hasta el Amazonas y desde la Costa Pacífica hasta los Llanos Orientales; en situaciones bien contrastantes, desde el nivel del mar hasta 3000 metros de altitud y con precipitaciones desde menos 300 mm al año en la Guajira, hasta 10.000 mm en el Chocó.

El cultivo del maíz se maneja de acuerdo con las condiciones socioeconómica de cada zona agroecológica; se siembra principalmente como monocultivo y una menor parte en asocio con frijol, ñame y arveja, en relevo con frijol y papa e intercalado con yuca, caña, café palma africana, frutales y otros cultivos perennes en su etapa de instalación.

Dentro de las diferentes formas de cultivo que existen en el país, se consideran dos grandes sistemas de producción: el tecnificado y el tradicional. El sector tradicional está localizado en zona plana y de ladera con suelos relativamente pobres y ambientes con déficit de precipitación. El agricultor cultiva menos de 10 hectáreas, no usa semillas mejoradas ni fertilizantes, de ahí que sus rendimientos sean muy bajos, del orden de 1,5 toneladas por hectárea. El sector tecnificado, generalmente está localizado en zonas con buena oferta ambiental, hace uso de la mecanización, semillas mejoradas, fertilizantes, plaguicidas y logra rendimientos superiores a las 4.5 toneladas por hectárea. Hay regiones del Valle del Cauca, Córdoba, Meta, Huila, Tolima y la Zona Cafetera, donde los rendimientos superan las 7 toneladas.

En el país se cultivan dos tipos de maíz: amarillo y blanco. El blanco se utiliza esencialmente para consumo humano y su producción representó cerca del 60% del total nacional hasta 1998, ahora es solo del 34%.

El amarillo se usa principalmente para consumo animal e industrial y una pequeña parte para consumo humano. Debido al incremento en la demanda y a los programas de fomento del Ministerio de Agricultura y FENALCE, el maíz amarillo ha venido creciendo hasta representar en el año 2010, el 66% de la producción nacional, desplazando así en importancia al maíz blanco.

Área Producción y Rendimiento

Los registros oficiales indican que en 1950 se sembraban en el país 650.600 hectáreas con una producción de 620.300 toneladas, para un rendimiento de 950 kg/ha. En 1960, cuando se crea FENALCE, el área fue de 729.600 hectáreas

y 870.000 toneladas de producción. Hasta esa época el cultivo de maíz se hacía en forma tradicional, usando variedades criollas y con poca tecnología, aun cuando ya empezaban a aparecer las variedades mejoradas.

En el año 1965 se registra la mayor área sembrada en el país con 868.900 has y 870.800 toneladas. Para 1970 habían 661.400 hectáreas de las cuales 101.100 (15.3%) ya se consideraban como tecnificadas y tenían un rendimiento promedio de 2.4 t/h. En la década del 70 se mantiene un área total promedio de 600.000 hectáreas de las cuales 100.000 en el sector tecnificado.

A partir del año 1986 se observa un aumento en las áreas sembradas para llegar a una cifra de 786.800 hectáreas en el año 1990 y una producción de 1.155.000 toneladas; el sector tradicional continuaba con una alta participación del 86% en el área y el 75% en la producción Esta etapa coincide con el Gobierno de Virgilio Barco y el Ministro de Agricultura Gabriel Rosas, quienes diseñaron un plan de Oferta Selectiva para el sector, que benefició a todos los cereales, con apoyos y subsidios, mejoró los precios de sustentación y hubo una participación decisiva del Idema para garantizar el precio y la compra de las cosechas.

Durante la década del 90, conocida como la década perdida para la agricultura nacional, el área de maíz comienza a disminuir como consecuencia de la entrada en vigencia de la política de apertura económica, que reduce los aranceles, libera las importaciones, en una época de bajos precios internacionales, y con una tasa de cambio revaluada que favorece las importaciones.

Al mismo tiempo que se mantienen bajos los

precios internos, se aumentan los costos de producción y se reduce la rentabilidad del cultivo, haciéndolo poco atractivo a los agricultores. Además, se desmonta el Idema, lo cual trae como consecuencia una reducción en las áreas de cultivo en las zonas alejadas de los centros de consumo, donde la intervención estatal era muy importante para garantizar los precios y la compra del producto; zonas como Caquetá, Guaviare, Arauca redujeron sustancialmente la producción de maíz. No se ha determinado cuál fue impacto que esta reducción del maíz tuvo en el crecimiento de las siembras de coca en esas regiones.

Hasta comienzos de la década del 90 el país era autosuficiente en maíz y las importaciones eran muy pocas y esporádicas. En 1991 las importaciones fueron de solo 8.043 toneladas, pero ya en el 1992 se importaron 505.901 toneladas y continuaron creciendo para llegar a 1.918.489 en el 2000 y a 3.599.186 en el 2010. Este gran aumento de las importaciones de maíz amarillo se debió principalmente al crecimiento de la avicultura, que en la década del 90 lo hizo, a cifras superiores al 10% anual mientras en forma simultánea se producía una reducción en la oferta de maíz nacional y sorgo, que era la principal materia prima para la elaboración de alimentos balanceados.

A partir del año 90, cuando se sembraban 251.624 hectáreas de sorgo que producían 762.672 toneladas, empieza una disminución en la producción de sorgo en forma continua hasta el 2010 cuando llega a un área de solo 20.300 hectáreas y una oferta de 81.186 toneladas de producción nacional.

Desde el año 1991 comienza también una reducción en el área de maíz de 735.000 hectá-

reas que continúa hasta el año 2000 cuando se sembraron 407.519 hectáreas y la producción llegó 960.109 toneladas, la más baja de los últimos años.

A partir del 2001 empieza una recuperación como consecuencia de un mejoramiento en los precios internos y estímulos especiales que ofreció el gobierno a través del programa Proagro, con créditos especiales, y recursos para la asistencia técnica y transferencia de tecnología. En ese año el área sube a 497.529 de las cuales 156.689 has (31.5%) corresponden ya al sector tecnificado.

Para el año 2010 la superficie sembrada llega a las 458.654 hectáreas, 202.934 (44.2%) del sector tecnificado y 255.720 del tradicional, con una producción total de 1.268.764 toneladas.

Histórico de la producción total de maíz. Cifras en toneladas



Fuente: Fenalce.Indicadores Cerealistas 2010

*Nota: los datos corresponden al año agrícola

Es importante destacar que en los últimos 10 años se presentan algunas situaciones que contribuyen al aumento en el área y la productividad del maíz. En el año 2002 se formaliza la cooperación técnica, que se venía desarrollando desde años atrás, mediante un convenio

entre Fenalce, la Federación de Cafeteros y el Cimmyt para la investigación y el fomento de la producción de maíz, en la zona cafetera, que contó con el apoyo de Ministerio de Agricultura.

En el año 2002 se registraba en la zona cafetera un área sembrada en maíz de unas 10.000 hectáreas, con este convenio se incrementó el área a 62.000 hectáreas en el 2009, como resultado de la campaña de promoción, capacitación y apoyos a los cafeteros con suministro de semilla y subsidios en fertilizantes para los agricultores que en los programas de renovación por socas o siembras nuevas sembraran maíz en medio del café.

La zona cafetera del país es la que tiene el mayor potencial para la producción de maíz por sus favorables condiciones agroecológicas. Su clima templado con temperaturas suaves, pero con amplias diferencias entre el día y la noche, la buena y bien distribuida precipitación, así como la calidad de sus suelos brindan las mejores condiciones para obtener altas productividades. Con el uso de una buena tecnología basada en semillas de híbridos adaptados a la zona, manejo adecuado del cultivo, especialmente con una buena fertilización, se han logrado obtener rendimientos experimentales de 17,0 toneladas y 10 toneladas comercialmente, compitiendo con el Valle del Cauca que hasta ahora tenía los mejores rendimientos.

Como resultado de la investigación dentro de este convenio y la realizada directamente por FENALCE, la zona cuenta con tres nuevos híbridos de alto potencial de rendimiento y tolerantes a las enfermedades, como son, el FNC 3056, blanco y los amarillos FNC 318y FNC114, Además de otros materiales que se encuentra

en el comercio, incluyendo la variedad ICA V 305, la de mejor adaptación a toda la zona cafetera del país desde el 2002 y que también es resultado de esta cooperación institucional.

Además, en estos últimos años entra a producir maíz y soya la altillanura colombiana. Esta es una zona de condiciones parecidas al cerrado brasilero donde este país ha crecido su agricultura para convertirse en el segundo productor de soya y el tercero en Maíz a nivel mundial. Despues de varios años de investigación por parte del Ica, Corpoica Cimmyt, FENALCE y empresarios privados, se tienen recomendaciones para el manejo de estos suelos ácidos y con alto contenido de aluminio, usando diferentes tipos de correctivos y una buena fertilización; así como genotipos adecuados a estas condiciones. En el año 2000 se sembraron las primeras 75 hectáreas y el área ha ido creciendo hasta las 7000 hectáreas. Esta es una región que se considera puede convertirse en la despensa de granos del país si se maneja adecuadamente y se busca la integración vertical formando núcleos de desarrollo, del tal manera que la producción de granos obtenida, se transforme allí mismo en carne, vacuna, porcina y aviar, para abastecer el más importante mercado del país que es Bogotá, y entrar a competir con los productos importados.

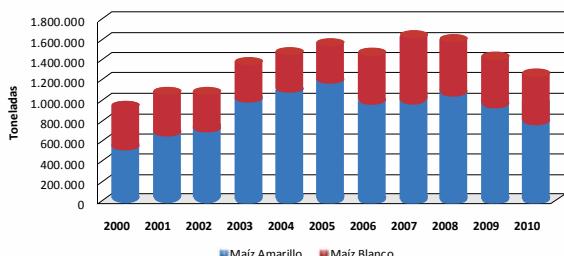
El crecimiento en la producción de maíz en los últimos años se debe principalmente a mejoras en los rendimientos y no al aumento del área. De hecho, las áreas cultivadas de maíz han disminuido y han sido reemplazadas en su uso por la ganadería, principalmente.

En Colombia la producción de maíz amarillo crece rápidamente a una tasa promedio de 12,74% desde el 2001, mientras el maíz blanco

lo hizo a una tasa de 4,63%. Para el año 2010 la producción general de maíz fue de 786.045 toneladas para el maíz amarillo y 482.719 toneladas para el blanco. Veamos la siguiente gráfica:

Producción de maíz amarillo y maíz blanco. Cifras en toneladas

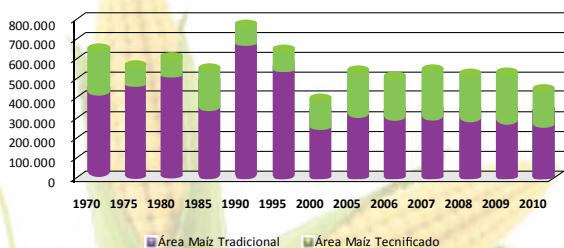
Producción de Maíz Amarillo y Maíz Blanco



Fuente: Fenalce. Indicadores Cerealistas 2010

El crecimiento en la producción se ha debido principalmente a un aumento en las áreas de maíz tecnificado con mejoras en el rendimiento, y no a las áreas, que inclusive han disminuido.

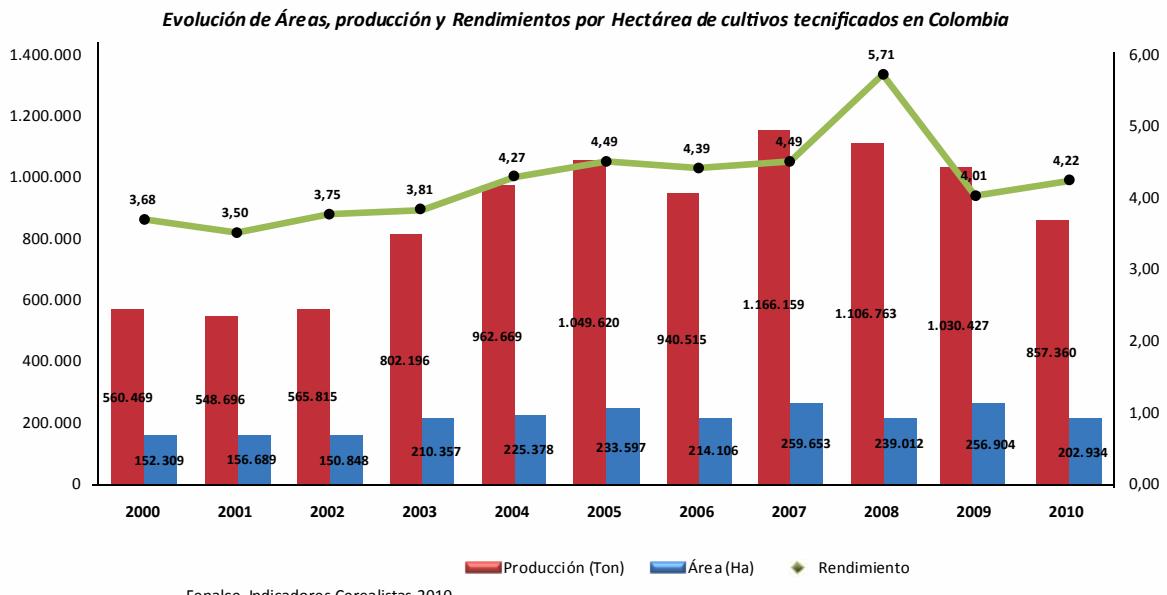
Distribución Histórica de las Áreas Sembradas de Maíz en Colombia



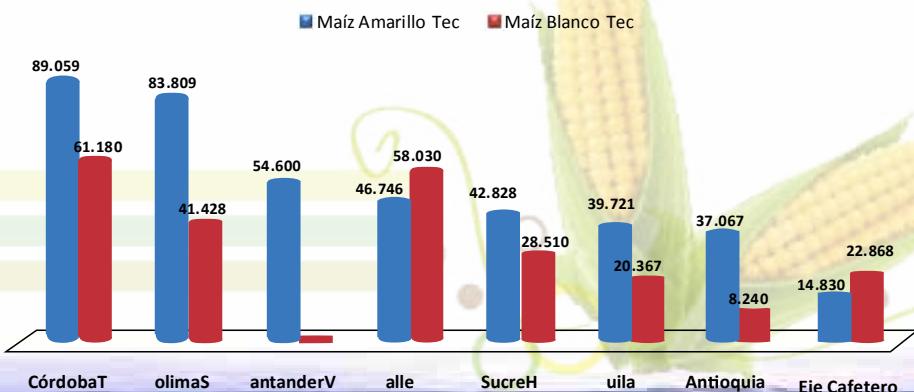
Fuente: Indicadores cerealistas 2010. Departamento Económico Fenalce

En comparación con el área total de cultivo, el área de maíz tecnificado ha crecido, reemplazando parte de las áreas de maíz tradicional, a la vez que la producción del maíz tradicional ha bajado su participación frente a la del maíz tecnificado.

En cifras, esto quiere decir que los rendimientos promedio del sector tecnificado pasaron de 2,9 ton/ha en 1995 a 4,22 ton/ha en el 2010 siendo este crecimiento resultado del aumento en los rendimientos de los cultivos de maíz tecnificado, como se ve en la siguiente gráfica:



Producción de Maíz Tecnificado en los principales departamentos en el 2010. (Ton)



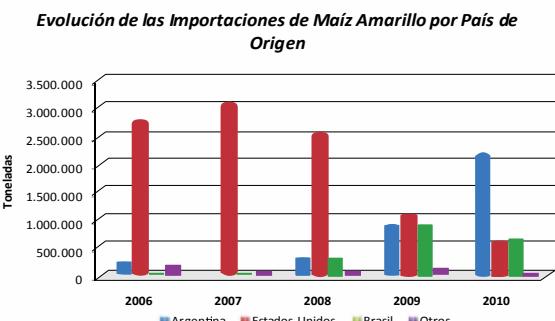
Fuente: Fenalce. Indicadores Cerealistas 2010.

Importaciones

La producción local de maíz fue suficiente para satisfacer la demanda interna durante casi todo el siglo pasado, pero la apertura económica de 1991 y el crecimiento en sectores de la economía como el avícola, impulsaron el aumento en las importaciones del grano.

En conclusión para el 2010, la producción total de maíz en Colombia fue de 1.268.764 de toneladas y se importaron 3.599.186 toneladas de las cuales 3.434.221 fueron de amarillo y las restantes de blanco.

En el siguiente gráfico se ve la evolución de las importaciones de maíz amarillo entre el 2006 y el 2010:



Estados Unidos el principal productor mundial y exportador de maíz, fue hasta el año 2009 el mayor exportador a Colombia seguido por Argentina y Brasil. Pero a partir del 2010 Argentina se ha convertido en el primer exportador a Colombia, seguido por Brasil y Estados Unidos. Esto se debe al avance de las preferencias otorgadas al Mercosur en el marco del acuerdo de complementación económica suscrito entre Colombia y ese grupo económico en el año 2004.

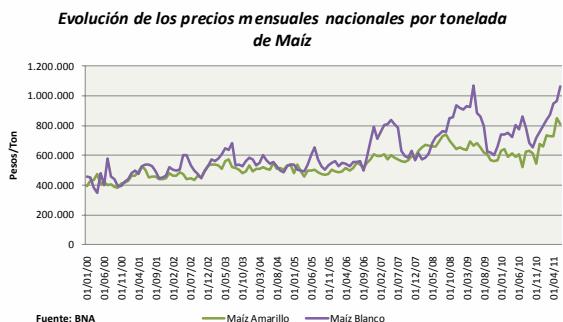
En cuanto al maíz blanco las importaciones en los últimos años han estado por encima de las 100.000 toneladas, en el 2009 fueron de 240.206 y en 2010 de 164.965. Estados Unidos es el principal abastecedor de este mercado.

Precios Nacionales

Debido a la alta participación del maíz importado en el mercado interno, los precios internacionales constituyen una referencia para los precios nacionales del grano, los cuales están basados en el Sistema Andino de Franja de Precios (SAFP) y el Mecanismo de Administración de Contingentes Arancelarios (MAC). El SAFP es el Sistema Arancelario de Estabilización y Protección de los Ingresos del productor, que establece derechos adicionales cobrados a las importaciones de maíz, cuando el precio CIF de importación, es inferior a un piso establecido en una banda de precio y, así mismo, contempla rebajas arancelarias cuando el precio CIF de importación es superior al techo de la banda.

El MAC por su parte, es un mecanismo por el cual se otorgan a través de subastas contingentes con descuentos arancelarios a aquellos importadores que se comprometan a comprar producción nacional a un precio determinado, de ésta manera, éste precio, denominado precio de paridad, se convierte en un precio de referencia de mercado.

En la siguiente gráfica se presenta la evolución de los precios del maíz en los últimos diez años.

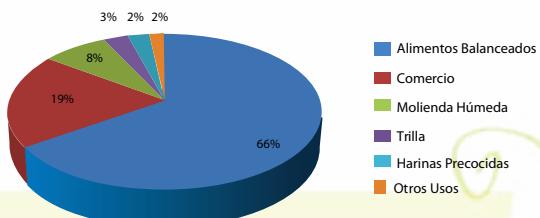


Nota: Los precios corresponden a información de la Comunidad Andina de Naciones.

Consumo aparente

El consumo aparente es un indicador que resulta de la suma de la producción nacional y las importaciones menos las exportaciones, si las hay. En estos términos, el 66% del maíz amarillo en Colombia, se destina a la industria de alimentos balanceados para animales el resto tiene otros destinos como el comercio, la molienda húmeda y la trilla tal como aparece en el siguiente gráfico:

Usos del Maíz Amarillo en Colombia 2010

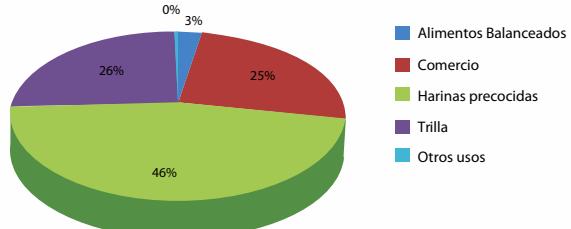


Fuente: Caracterización de los Cereales y leguminosa en Colombia Fenalce 2010.

En cuanto al uso del maíz blanco, se estima que está destinado en su mayoría al consumo humano, principalmente a través de las harinas precocidas, 46% y la trilla 26%.

Usos del maíz blanco en Colombia. Cifras en porcentaje

Usos del Maíz Blanco en Colombia 2010



Fuente: Caracterización de los Cereales y leguminosa en Colombia.-Fenalce.-2010



BIBLIOGRAFÍA

- Fenalce. Departamento económico. Varios .WWW.fenalce.org.
- Paliwal, R.I; Granados, G, Lafitte, H.R.; Violic, A.D. 2001. "El maíz en los Trópicos 2001. FAO"
- Polania F. 2006. La Importancia del Cultivo del maíz. Revista UDCA. Año 4 No. 2, Bogotá 14 – 20
- Ospina G. 1999. tecnología del Cultivo del Maíz. Fenalce, Produmedios. Bogotá.
- Unite States Departament of Agricultural USDA; USDA Agricultural Projections to 2020.
- Food and Agricultural Policy Research Institute FAPRI Searcheable autlook Database
<http://www.fapri.iastate.edu/tolos/Outlook.aspx>



CAPÍTULO

FITOMEJORAMIENTO

FITOMEJORAMIENTO DEL MAÍZ

El mejoramiento de los cultivos agrícolas no es una técnica nueva, de hecho, desde hace muchos años los agricultores, tanto por la necesidad de tener cultivos que respondieran a las condiciones de su región, como por la necesidad de que estos les ofrecieran la producción deseada, han alterado la estructura genética de sus plantas.

Hoy en día este mejoramiento genético es controlado científica y tecnológicamente (sin querer decir con ello que los agricultores no sigan realizando prácticas de mejoramiento en sus fincas), con el fin de responder a las necesidades productivas de los diferentes sectores agrícolas, puesto que en países en vía de desarrollo, como Colombia, se necesita aumentar la producción a fin de garantizar la seguridad alimentaria e incrementar los ingresos de este sector.

Así, gracias a la contribución de los fitomejoradores, se puede aumentar el potencial productivo del cultivo, ya que se mejora la especie y se incrementa su adaptabilidad a las condiciones de las regiones (clima, suelo, enfermedades, plagas, etcétera) y a las necesidades productivas de los agricultores; minimizando de esta manera, costos en fertilizantes y productos que pretenden solventar las carencias de la semilla.

Para el caso del maíz, el fitomejoramiento tiene como objetivo, tanto el de mejorar la productividad, la resistencia a plagas y enfermedades, como la potencialización de algunas características de la planta, como mejor arquitectura, mayor precocidad, y en algunos casos, características del grano como color, textura, calidad proteica, tipo de almidones (grano cerosos, granos reventadores) y cantidad de aceite.

Lo anterior, sólo es posible gracias a que el maíz posee características fisiológicas y genéticas que inciden en el tipo de mejoramiento que se quiera realizar, como se indica a continuación.

- Características fisiológicas

- Planta monóica.
- Alogamia (98%)
- Fácil de polinizar.
- Alta capacidad de reproducción: en promedio 500 granos x 1 semilla sembrada.
- Polen liviano (en forma general, se requiere de una distancia de 200 m. para el aislamiento entre lotes).

De esta manera, el maíz, por ser una planta monoica, se puede autofecundar fácilmente y hacer cruzamientos entre plantas a través de la polinización controlada; utilizando bolsas tanto para la recolección de polen en las espigas, como para proteger los filotes, que son las flores femeninas, que después formarán la mazorca. Esta protección se lleva a cabo una vez emergido el filote y antes de que salgan los pelos (que constituyen los estigmas), ya que una vez tengan contacto con el polen del aire, se inicia el proceso de fecundación.

La alogamia permite la recombinación natural. Esta es una característica que facilita la selección recurrente, con lo cual se puede mejorar y obtener variedades, no sólo por rendimiento sino también por muchos otros caracteres, ya que otra de las ventajas del maíz es que tiene una amplia base genética, y es una especie de gran adaptación. Así mismo, debido a que hay una alta producción de semillas por planta, la formación y comercialización de híbridos resulta rentable; a diferencia de especies como el frijol, donde un híbrido es altamente costoso

(por la poca producción de semillas por planta).

Es importante anotar que debido a las características del polen de la planta de maíz, se deben tener cuidados específicos en el aislamiento de lotes para conservar la pureza genética de los diferentes materiales y variedades.

- Características Genéticas

- Amplia base genética.
- Amplia adaptabilidad.
- Especie domesticada totalmente.
- Depresión por homocigosis, pero se puede llegar a la pureza genética (líneas).

La amplia base genética permite además, que no sea tan necesario recurrir a métodos de radiación para buscar variabilidad; así como a métodos de cruzamiento con otras especies (transgénesis), a no ser que se estén buscando características muy particulares, como es el caso de los nuevos materiales transgénicos con resistencia a lepidópteros o herbicidas específicos.

Dentro de los objetivos del fitomejoramiento también se considera el uso que se le va a dar a los cultivos desarrollados. Así, para una agricultura tradicional se piensa en variedades, mientras que para una agricultura más desarrollada, lo mejor es el uso de híbridos. Por esta razón, uno de los objetivos del fitomejoramiento, en cierto grado, es determinar los métodos de mejoramiento que se van a utilizar:

- Si se desea obtener variedades o mejorar las existentes, se recurre a los métodos de mejoramiento recurrente de poblaciones.
- Cuando se desea obtener híbridos, se aplica

un método de hibridación.

- Si se desea mejorar una característica definida por uno o dos pares de genes, se recurre al método de retrocruzamiento.

La decisión de obtener híbridos o variedades depende de las necesidades del mercado, que están determinadas, entre otras cosas, por el tipo de agricultura predominante. Así, las variedades son preferidas en regiones de mayor diversidad y de agricultura más tradicional, mientras que los híbridos son utilizados en áreas más homogéneas y en zonas donde los agricultores están más tecnificados.

En términos generales, un híbrido de maíz, comparado con una variedad, tiene las siguientes ventajas:

- Mayor rendimiento.
- Mayor uniformidad.
- Buena respuesta a las prácticas de cultivo (fertilización, control malezas, riego, etc).
- Prevalencia del genotipo en el tiempo y espacio, es decir, el genotipo se repite cada vez que se forma el híbrido; mientras que en la variedad, se forman individuos muy diversos que no es posible repetir.

La variedad, por su parte, tiene las siguientes ventajas:

- Mayor rusticidad.
- Puede tener mejor desempeño en ambientes marginales.

- Conservando las precauciones necesarias para evitar contaminaciones, se puede extraer semilla para la siembra del próximo cultivo.

Como técnicos debemos hacer un análisis de las condiciones, tanto ambientales de producción, como socioeconómicas de los agricultores, con el fin de orientarlos sobre el tipo de semilla a utilizar.

Fitomejoramiento poblacional

Cuando hablamos de población, en un sentido más amplio, estamos haciendo referencia a una variedad de maíz que puede ser comercial, experimental, tradicional o mejorada; sin embargo, cuando el término se toma desde el punto de vista estadístico, el se restringe al conjunto de medidas de un determinado carácter, como

el rendimiento, de todos los individuos que conforman la población.

Una de las principales propiedades de las variedades es que poseen identidad, es decir, tienen una serie de características propias, manifestadas en la expresión fenotípica de los principales caracteres, tales como: potencial de rendimiento, altura de la planta, color del grano, tamaño de la mazorca, resistencia a enfermedades específicas, etcétera.

Entonces, en términos estadísticos, las características de la identidad de una variedad se encmarcan dentro de dos conceptos: el promedio y la variancia.

Veamos el siguiente esquema conceptual para aclarar estas ideas:



Este es un ejemplo de la importancia que la variancia y el promedio tienen en una población:



En una variedad dada, al medir el peso de la producción individual por planta, se encuentra que el promedio es de 110 gramos, pero al analizar los datos individualmente, se encuentra que estos son muy dispersos, hallándose producciones que van de 40 a 200 gramos (así el promedio de estas dos cifras no sea 110); por lo cual se dice que la variancia de esta población es alta. Si por el contrario, la gran mayoría de las mediciones están alrededor de la media (por ejemplo de 100 a 120 gramos), entonces se dice que la variancia es muy baja.

Entonces, reafirmando lo dicho, estas dos medidas determinan el éxito que se puede tener en el mejoramiento de una población, especialmente la variancia. Si una población tiene una alta variancia, hay mucho de donde escoger, pero si la variancia es muy baja, el éxito puede ser muy bajo.

En términos más precisos la variancia genética tiene un componente debido a los valores aditivos, y entonces se habla de una variancia aditiva. Si esta fracción de la variancia es gran-

de, es posible ir “acumulando” esos valores aditivos dentro de unos cuantos genotipos a medida que el proceso de selección transcurre, lo cual se traduce en un incremento del promedio del carácter respectivo.

Por lo anterior, podemos decir entonces, que el objetivo del mejoramiento poblacional es subir el promedio seleccionando los mejores individuos, los cuales se recombinan en el próximo ciclo de siembra. En la cosecha se escogen los mejores individuos y se continúa el proceso por varias generaciones o ciclos, al cabo de los cuales, si la selección ha tenido éxito, se encontrará que el promedio es mejor. Sin embargo, es clave tener en cuenta que, cada vez que se hace la selección de individuos se desecha una parte de la población, lo que lleva a que el promedio aumente, mientras la variancia va disminuyendo.

Con estos conceptos claros, miremos ahora los tipos de selección recomendados para el maíz.

Selección Recurrente

Desde que el maíz ha sido domesticado por nuestros antecesores se ha hecho uso de la selección, convirtiéndose en un método tradicional de mejoramiento a través del cual se crearon las variedades criollas de maíz.

La selección recurrente consiste en escoger una fracción o porcentaje de los individuos y sembrarlos en la próxima generación, para que estos regeneren una nueva población que debe ser mejor a la anterior, y continuar en forma sucesiva, hasta cuando se consiga la característica o el promedio deseado.

Cuando se siembra una variedad de maíz en cada generación, debido a la alogamia, las espigas liberan el polen, creándose una masa de

este mezclado en el ambiente, que va fecundando a todos los individuos a medida que los estígmas (pelo) estén receptivos; proceso que se conoce como recombinación. Debido a ello, es muy poco probable que se repitan los mismos individuos de una generación a otra, persistiendo sí el promedio y la variancia, en ausencia de selección, mutación y migración (Ley de Hardy-Weinberg).

Para ser más técnicos en el uso del término en el caso específico de maíz, se habla de selección recurrente, debido a la recombinación. Si tal recombinación no se da, como en el caso de las especies autógamas, no hay selección recurrente. La recombinación permite que se formen nuevos individuos diferentes genéticamente, que en conjunto serán mejores que el promedio de la anterior generación, si la selección ha tenido éxito.

El éxito de una selección no puede depender únicamente del genotipo, puesto que en gran medida los caracteres cuantitativos como el rendimiento, dependen del ambiente (es decir, del conjunto de condiciones externas que afectan el genotipo, tales como la nutrición, la luz, la temperatura, el agua, etc.); por ejemplo, una mazorca grande, sana y bonita, no necesariamente pertenece a un excelente genotipo ya que puede provenir de un sitio donde las condiciones ambientales fueron excelentes; mientras que otra puede pertenecer a un mejor genotipo y ser muy regular, por haberse producido en un sitio con menores condiciones. Por esta causa, el éxito de la selección también depende del mayor o menor control del ambiente.

Métodos de selección recurrente

Dentro de los métodos de selección recurrente encontramos tres tipos:

1. Los métodos de Selección Individual son:

Selección Masal: La selección masal es el método más tradicional de selección y consiste en escoger las mejores mazorcas después de la cosecha, desgranarlas (ya sea una parte de cada una o toda la cosecha), combinar los granos y volver a sembrar.

La selección masal ha sido un método aplicado por años y que ha permitido la formación de muy buenas variedades criollas a lo largo y ancho de América, pero como no produce muchas ganancias debido a que no hay control del ambiente, no se puede mejorar sustancialmente una variedad en poco tiempo.

Selección masal estratificada: Ésta es una selección de individuos que se hace dentro de pequeños espacios con el objetivo de controlar el ambiente, bajo la premisa de que no hay tanta variación en un estrato como seguramente la habrá en todo el lote.

Una vez seleccionados los individuos, se hace una mezcla balanceada, tomando de cada mazorca el número de granos que se requieren en total para la próxima siembra. Por ejemplo: si se requieren 10.000 semillas y se ha dividido el lote en 100 estratos y de cada estrato se escogen dos plantas, entonces de cada individuo se toman 50 semillas. Todas las semillas, como se dijo antes, se mezclan formando un compuesto balanceado para sembrar el próximo ciclo.

Existen diferentes modos de estratificación implementados por diferentes investigadores, entre ellos se encuentra el del Dr. Fernando Arboleda Rivera de Colombia, el cual consiste en hacer pequeñas cuadrículas o rectángulos a la cosecha, por ejemplo de 4X5 sitios y dentro

de cada uno de ellos se escoge la mejor planta. Este método también es usado por el Dr. José Molina Galán de México, pero en él se hace una ponderación de cada individuo, de acuerdo con el promedio de todos los individuos en una cuadrícula. El Dr. Manuel Torregroza Castro (q.e.p.d.), también propuso una selección de la mejor planta dentro de un surco, por ejemplo de 5 metros, en vez de una cuadrícula, para facilitar la estratificación. Obviamente, en el caso de la cuadrícula se espera una mayor uniformidad en el ambiente.

Selección individual con control de ambos progenitores: En esta metodología, que fue introducida por el doctor Fidel Márquez Sánchez (Méjico), se requieren dos ciclos de cultivo para completar un ciclo de selección.

En el primer ciclo se efectúan en forma manual todas las autopolinizaciones posibles, y en la cosecha, siguiendo cualquiera de los métodos de estratificación, se lleva a cabo la selección; pero como se requiere que haya recombinación, es necesario sembrar el segundo ciclo para permitir libre polinización, después de la cual se cosechan nuevas mazorcas para iniciar la próxima etapa.

En este método, aunque requiere dos ciclos, se incrementa la ganancia, debido a que se asegura el control de los dos progenitores, es decir: si una mazorca es seleccionada es porque viene de una buena planta, de la cual también se tomó el polen, por lo tanto, se está seleccionando padre y madre, en cambio en los métodos antes descritos, sólo se está seleccionando la madre.

En los métodos individuales, como su nombre lo dice, el objeto de selección es un individuo (no hay otra planta para hacer una compara-

ción) y si el individuo tiene caracteres positivos se selecciona, si no, se desecha. El riesgo de equivocarse en la selección es alto, por esto, para reducirlo, se utiliza la selección familiar.

2. Métodos de Selección Familiar.

Aquí, el objeto de la selección es toda una familia, representada por varios individuos en un mismo surco, lo cual da un poco más de seguridad en el proceso de selección.

Las principales familias en el proceso de mejoramiento son las de hermanos medios o medios hermanos (MH), hermanos completos (HC) y los llamados, por Fidel Márquez Sánchez, autohermanos (AH). Cada uno de estos puede emplearse como objeto de selección familiar, veamos:

Selección de familias de hermanos medios o medios hermanos: Puesto que cualquier mazorca genera una familia de medios hermanos por parte de la madre, no existe mucha complicación en este método. Se siembra un número dado de surcos, uno por cada familia (mazorca) y en la cosecha se seleccionan las familias deseadas, se toma una o varias mazorcas de cada una de éstas y se continúa con el ciclo siguiente.

Selección de familias de hermanos completos: Para este caso se utiliza polinización controlada: Antes de polinizar se seleccionan plantas buenas y se cruzan entre sí. El producto de una mazorca genera una familia de hermanos completos, que es sembrada surco por familia en el próximo ciclo. Se escogen las mejores familias y se toma semilla remanente para recombinar en un tercer ciclo de siembra, y después nuevamente se utiliza polinización controlada para volver a generar las familias. Para cada ciclo de selección se requieren tres ciclos de siembra.

Selección de familias de autohermanos: Para este caso se requieren también de tres ciclos de siembra, pero en vez de cruzar dos plantas, las plantas son autofecundadas; así que también se genera una familia especial de hermanos completos (nominada de autohermanos por Márquez), debido a que al autofecundar se genera endogamia, la cual se rompe en el ciclo de recombinación.

3. Métodos de Selección Combinada.

Estos métodos de selección combinada consisten en mezclar la selección de familias con la selección individual (lo que incrementa la efectividad de la selección), ya que una vez que se ha seleccionado una familia, se efectúa una segunda selección dentro de ésta para escoger los mejores individuos.

Existen muchas metodologías, las cuales resultan de combinar un tipo de familia con los diferentes métodos de selección individual, pero aquí solamente se examinarán dos:

Selección Modificada Mazorca por Surco. El método fue propuesto por Lonnquist (USA) y por primera vez puesto en práctica por Paterniani (Brasil); así que también es conocido como el método Lonnquist-Paterniani. Consiste en combinar familias de medios hermanos con selección individual.

Para el efecto, se escogen entre 200 y 400 mazorcas de una población y se toma una muestra (la necesaria para sembrar un surco), la cual constituirá una familia de medios hermanos.

Luego, se toma de cada mazorca el número de semillas necesario para formar un compuesto balanceado (el cual servirá como macho) que se siembra intercalado, cada dos surcos de hem-

bra. Antes de la floración los surcos de hembras son desespicados, permitiendo la libre polinización por parte del compuesto de machos.

Si se tienen 200 mazorcas originalmente y se siembran 40 plantas por surco, una buena presión de selección es 10% entre familias y 25% dentro de ellas. Así que primero se seleccionan 20 familias y luego 10 plantas dentro de cada familia seleccionada para regenerar las 200 para el próximo ciclo.

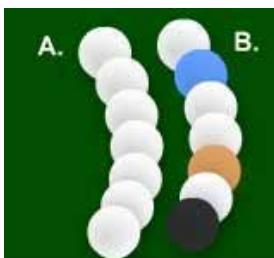
Este método incrementa la ganancia esperada con respecto a los métodos antes descritos, y aunque con algunos otros métodos combinados se puede tener un mayor promedio, éste presenta la ventaja de ser muy fácil de aplicar.

Selección Familiar Tipo CIMMYT. El CIMMYT desarrolló una modificación al método de Lonnquist, que consiste en seleccionar machos y hembras por separado: en la cosecha, después de seleccionar las mejores familias, se hace al interior una primera selección de plantas muy deseables, y después, una segunda selección de plantas no tan óptimas dentro de las familias seleccionadas (e inclusive se escogen plantas excelentes en familias que no fueron seleccionadas). Para el desgrane, las mazorcas de la segunda selección no entran a formar parte del compuesto polinizador para el próximo ciclo.

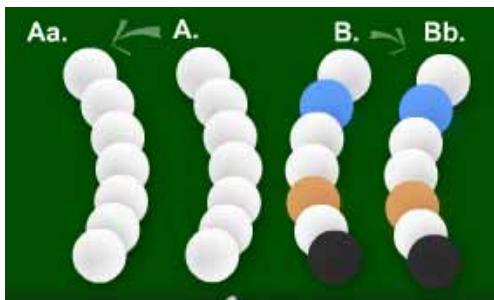
Hibridación Retrocruzamiento y Transgénesis

Ya se vieron los distintos métodos de selección recurrente, que generan mejoramiento en las variedades de maíz usando, especialmente métodos de polinización natural. En esta sección vamos a hablar del mejoramiento genético que hace uso de la tecnología y los métodos de cruce manipulados.

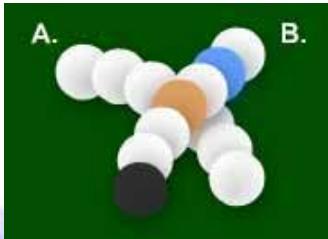
- Los individuos de una población natural tienen genes de muchos tipos, cada uno de los cuales aporta valores aditivos y, de acuerdo con quien "hacén pareja", valores no aditivos.



- Las líneas se obtienen por autofecundación artificial sucesiva, proceso que va incrementando la pureza genética, con una pérdida del vigor.

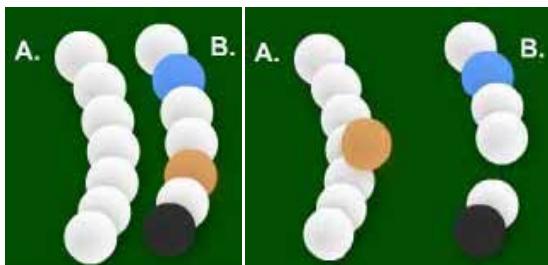


- Al cruzar dichas líneas se obtienen los híbridos. El desempeño de cada híbrido depende de los valores aditivos, y en gran parte de los valores no aditivos que conforman cada pareja de líneas.

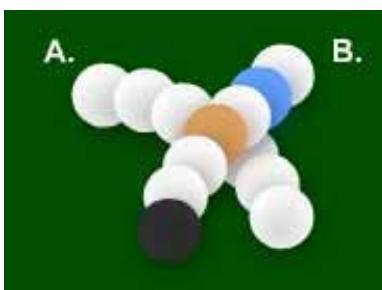


Métodos de cruzamiento con alteración genética

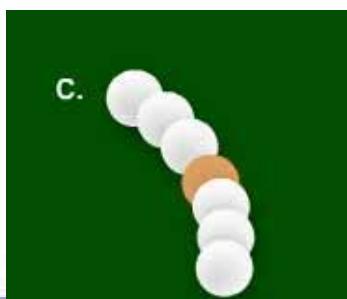
- Aquí, los genes pueden ser separados y extraídos de otras especies para transferirlos directamente al maíz



- Esta transferencia se hace a través de varios métodos artificiales y se conoce como Ingeniería Genética



- El resultado de esto es una alteración con genes de otra especie, para obtener individuos modificados.



Ahora, profundicemos en los conceptos de hibridación, transgénesis y retrocruzamiento.

HIBRIDACIÓN

Como se vio anteriormente, la selección recurrente está dirigida a explotar la variancia aditiva de una población e ir acumulando valores aditivos para un incremento paulatino del promedio; pero en la hibridación, además de hacer uso de los valores aditivos, también se hace uso de los valores no aditivos o de interacción, particularmente de los efectos de dominancia.

Estudiando las Leyes de Mendel, Shull (investigador estadounidense), en 1908, desarrolló líneas de maíz que, al cruzarlas, presentaron una gran ganancia debido a los efectos de dominancia, a lo que se le conoce con el nombre de heterosis.

Veamos la siguiente ilustración de los tipos de semilla y dónde se usa la heterosis:

La heterosis es entonces el margen de ganancia obtenido al cruzar líneas, cuyo producto sobrepasa ampliamente el de las mismas líneas, debido a los efectos de dominancia entre los genes al conformar el híbrido.

Antes del auge del mejoramiento de poblaciones (que permitió producir mejores líneas), era muy poca la cantidad de semillas que producían las líneas que conformaban los híbridos sencillos, por lo tanto la hibridación no se usaba comercialmente debido a la baja rentabilidad en la producción de semilla.

Todo cambió hacia 1918, cuando, resultado de nuevas investigaciones, se produjeron híbridos dobles a partir del cruzamiento de dos híbridos sencillos; de esta manera se obtuvo una cantidad suficiente de semillas para garantizar la rentabilidad del método, que se hizo comercial en todo Estados Unidos y después en los demás países productores de maíz.



Procedimiento:

La obtención de un híbrido implica básicamente los siguientes pasos:

- 1.- Desarrollo de líneas.
- 2.- Cruzamientos entre líneas para formar híbridos.
- 3.- Prueba de los mismos.

Las líneas se obtienen a través de autofecundación: cada vez que se hace una autofecundación se gana un 50% de endogamia, que en términos simples, es el grado de homocigosis que tiene una línea. Si se parte de plantas con cero endogamia, en la primera autofecundación se consigue el 50%, con la segunda 75%, con la tercera 87,5%, y así sucesivamente.

Cuando se trabaja con líneas de baja endogamia, es decir, de segunda o tercera autofecundación (líneas S₂ o S₃), se corre el peligro que las líneas vayan cambiando con el tiempo y con los incrementos de la semilla, introduciendo de esta forma variación en los híbridos que se están creando. Para evitar esto se prefiere trabajar con líneas de por lo menos 5^a o 6^a autofecundación (líneas S₅ o S₆).

Hay diferentes métodos de prueba de líneas para reducir su número, pues es muy difícil manejar todos los híbridos formados entre muchas líneas.

Generalmente se cruzan primero todas las líneas con un genotipo determinado, llamado probador; entonces se prueban estos cruzamientos para escoger sólo un grupo reducido, 10 líneas por ejemplo, las cuales al cruzarlas entre sí generarán 45 híbridos sencillos ($10 \times 9 / 2$). Estos se prueban nuevamente para escoger las mejores combinaciones y si se quiere, avanzar a híbridos dobles o triples.

Los híbridos pueden ser sencillos (o simples), dobles o triples; dependiendo de si se usan dos, tres o cuatro líneas. Los híbridos sencillos, en general, poseen mayor uniformidad y más altos rendimientos por que hay mayor heterosis (luego vienen los triples y después los dobles). No obstante, son más utilizados los triples, debido a que normalmente la producción de semilla es mayor, y el tipo de semilla es más grande y uniforme.

El tiempo para obtener un buen híbrido depende del material con que se inicie, de las metodologías para obtención de líneas, del tipo de pruebas que se escogen, y de la destreza del investigador. En términos generales, los híbridos se obtienen en períodos que van de 5 a 10 años, pero hay casos excepcionales en los cuales este período se reduce.

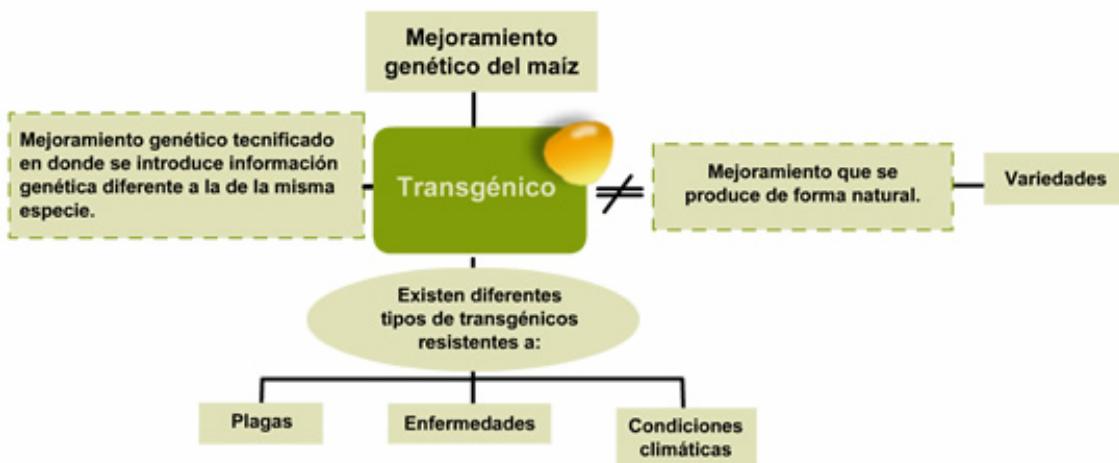
TRANSGÉNESIS

Veamos el siguiente cuadro que nos ilustra de que se trata el concepto de transgénesis.

¿Para qué se hace un transgénico?

A pesar de la gran variabilidad natural que hay en las miles de poblaciones de maíz, a veces, por las necesidades de producción, resultaría útil introducir alguna característica propia de otra especie, por ejemplo, alguna resistencia a una plaga o enfermedad, o a algún factor ambiental como la acidez del suelo, las heladas, etcétera; con las cuales se podría solucionar un problema importante para la producción. Éstas características tienen que ser simples, normalmente debidas a un sólo gen.





¿Cómo se hace un transgénico?

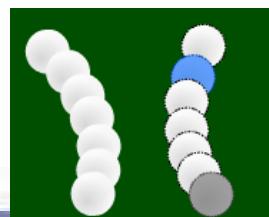
Existen métodos y herramientas desarrolladas para tal fin, los cuales son materia de una nueva ciencia llamada Ingeniería Genética, que lleva a cabo nuevos métodos para intercruzar material genético de una manera artificial.

Entre los métodos hay algunos "más naturales" que otros, por ejemplo, a través de microorganismos como virus y bacterias, que de manera natural pueden invadir el núcleo de otros organismos y pegar información a las cadenas de las células que invaden. Pero estos métodos no son universales, pues se requiere que la especie que se va a "convertir" sea susceptible a tales microorganismos.

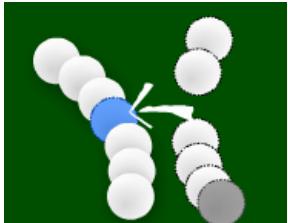
Se han desarrollado métodos más universales, como es el caso de la llamada microproyección, en los cuales una "pistola" dispara unos "microproyectiles" de tungsteno en los que se ha puesto la información genética a introducir, ésta rompe la cadena de ADN en cualquier sitio y allí se forma el transgénico. Se trata de un duro trabajo de "ensayo - error" donde la gran mayoría de células expuestas a este procedi-

miento no dan los resultados esperados, teniendo que repetirlo muchas veces hasta tener éxito. Estos cruzamientos se hacen a partir de células producidas en laboratorio usando otras técnicas, como la micropropagación y el cultivo de tejidos, con el objeto de poder extraer células del individuo, ponerlas a vivir en laboratorio, y luego, cuando se requiera, se usan para regenerar nuevos individuos. Entonces, una vez las células son exitosamente modificadas (existen métodos de prueba al respecto), se regeneran individuos modificados que siguen cruzándose normalmente, obteniendo líneas e híbridos transgénicos para el uso comercial, siguiendo el proceso habitual de mejoramiento, así:

1. Se seleccionan los genotipos a cruzar y se extraen células que son cultivadas por separado en el laboratorio.



2. Se separa el gen resistente de la otra especie y se sigue cultivando en el laboratorio. Cuando se requiera, es incorporado a las células de maíz.



3. Al tener plantas exitosamente modificadas se hacen pruebas de campo, para luego seguir un programa de cruzamiento en forma natural.



¿Los transgénicos son peligrosos?

Colombia tiene una reglamentación especial sobre transgénicos que exige un estudio específico para cada caso, y tiene como objetivo fundamental evitar que el uso de transgénicos pueda llegar a producir daños a la naturaleza y a los humanos. Reglamentaciones similares existen en los países que usan transgénicos, y hasta ahora no se ha comprobado ningún daño a personas o al ambiente debido al uso de transgénicos vegetales.

¿Qué transgénicos de maíz hay disponibles en el mercado?

Existen dos compañías que han sacado al mercado híbridos de maíz con resistencia a plagas

(lepidópteros) y resistencia a herbicidas, que tienden a facilitar el manejo del cultivo para un mejor control de malezas y para minimizar el daño por plagas. Si un agricultor considera que para su zona y para su predio esto es beneficioso, y le resulta económico, pues, puede utilizar semillas transgénicas.

Marco legal de Bioseguridad en Colombia

Existen las siguientes normas que regulan el uso de materiales transgénicos:

- Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica, el cual fue aprobado a través de la Ley 740 de 2002.
- Decreto de la Presidencia de la República No 4525 de 2005.
- Resolución No. 000946 del 17 de abril de 2006 del ICA, que establece los procedimientos para lo relacionado con renglones agrícolas y de semillas.

En esta forma, queda establecido que el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a través del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, ejerce el control del uso, importación, producción y exportación de organismos vivos modificados genéticamente, a través de Ingeniería Genética, para uso agrícola, pecuario, forestal y pesquero, dentro del territorio nacional.

Las acciones del ICA están encaminadas a promover un uso racional de tales organismos, con el fin de evitar posibles daños a las personas y al medio ambiente.

Para el caso del uso de semillas transgénicas de maíz, la reglamentación vigente establece

requisitos especiales para su aprobación. Además, existe la obligatoriedad de establecer refugios para los insectos objetivo, si es el caso, y de inscribir los lotes para producción, por parte de los agricultores; también se hace el seguimiento a dichos lotes para el monitoreo y vigilancia sobre posibles consecuencias que el uso de tales organismos puedan tener en el entorno.

Tipos de Maíz Transgénico Actualmente en Uso en el País

En nuestro medio se están usando maíces con alguna de las características siguientes, básicamente:

- Bt : Resistente al ataque de insectos lepidópteros
- RR: Tolerantes al herbicida glifosato
- Herculex: Toxina Bt para el control del barrenador europeo del tallo, gusano cogollero y tolerante a glufosinato de amonio

Los híbridos transgénicos actuales pueden tener una o varias de estas características, algunas de ellas determinadas con números adicionales que identifican más específicamente una tecnología dada (i.e. Bt 11). Así, se pueden hallar en el mercado híbridos BT, híbridos Bt/RR, híbridos Herculex, e híbridos con las tres características.

Obviamente estas semillas tienen un costo superior. Corresponde a los agricultores hacer las respectivas comparaciones entre el costo de usar un híbrido tradicional con el de su versión o sus versiones transgénicas, evaluar la producción y tomar sus propias decisiones para la siembra de estos materiales.

RETROCRUZAMIENTO.

Este es un procedimiento que se aplica especialmente a las líneas. Los fitomejoradores saben que obtener líneas buenas es un proceso largo y que a veces no se consiguen los resultados que se esperan; así que a veces, para mejorar una línea élite con respecto a una característica específica que depende de uno o dos pares de genes, se recurre al retrocruzamiento. En este procedimiento se cruza inicialmente la línea con el genotipo donante de la característica y luego, por cruzamientos sucesivos de este producto, con la línea inicial, se va recuperando su genotipo.

En términos resumidos lo que se hace es cruzar la línea (padre recurrente) por el padre donante, lo cual da una generación llamada F1, ésta se cruza con la línea y se obtiene el RC1, éste se cruza con la línea y se obtiene el RC2, y así sucesivamente hasta llegar al 5º o 6º RC.

En cada generación se recupera un 50% del genotipo de la línea, así, en la F1, el 50% de los genes provienen de ella; en el RC1, el 75%; en el RC2, el 87,5%; mientras que en el RC6 se ha recuperado el 99,21875%.

En maíz existen muchos caracteres de herencia simple en los cuales se ha utilizado o se puede utilizar el retrocruzamiento como un método de incorporación de los mismos. Por ejemplo, podemos encontrar muchas características del grano (opaco, dulce, ceroso, color), de la planta (braquíítico) y resistencia a algunas enfermedades que se pueden incorporar por este método. Si la característica a introducir es recesiva, se requiere intercalar algunas autofecundaciones en el proceso, con el fin de asegurar que la misma se está conservando.

BIBLIOGRAFIA

- ALLARD, R.W. 1960. Principles of Plant Breeding. John Wiley and Sons, Inc, New York.
- FALCONER, D.S. 1960. Introduction to Quantitative Genetics. The Ronald Press Co, New York.
- FHER, W.R. 1987. Principles of Cultivar Development. Mc Graw Hill, Inc.
- HALLAUER, A.R. AND J.B. MIRANDA FO. 1981. Quantitative Genetics in maize breeding. Iowa State Univ. Press, Ames IA.
- MÁRQUEZ SÁNCHEZ, F. 1987. Sistemas, métodos y estrategias en el mejoramiento genético del maíz(*Zea mays L.*)". Ciencia 38:205- 216.
- PALIWAL, R.L. 2001. Mejoramiento del maíz híbrido, en Maíz en los trópicos, Fao Roma



CAPÍTULO

FISIOLOGIA DE LA PLANTA DEL MAIZ

En este capítulo se va a tratar un tema fundamental que tiene que ver con el conocimiento de los procesos y mecanismos fisiológicos que determinan el crecimiento y el rendimiento del cultivo, y de cómo éstos interactúan con el ambiente y el manejo, para lograr de manera eficiente y sustentable el mayor rendimiento posible del maíz.

1. BOTÁNICA Y MORFOLOGÍA DEL MAÍZ

Para conocer mejor esta planta, empecemos por ver su clasificación científica y sus características morfológicas:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	Zea
Especie:	Zea Mays

TABLA 1. Clasificación científica del maíz



Características Morfológicas del Maíz

Hábito:	Anual
Multiplicación:	Por semillas
Sistema radicular:	Estacional
Sistema Caulinar:	Tallo principal, pocas macollas
Hojas:	Anchas
Inflorescencia lateral:	Femenina
Inflorescencia Terminal:	Masculina, grande y dominante
Espiguillas femeninas:	Apareadas
Espiguillas masculinas:	Apareadas
Mazorca:	Muchas filas, cubiertas
Fruto:	Desnudo, no deshiscente
Reproducción:	Sexual
Semilla:	Sin latencia

TABLA 2. Características morfológicas de maíz. Tomado de Palíwal, R.L. "Morfología del maíz tropical". El maíz en el trópico. FAO.

La raíz: La raíz es el primero de los componentes del embrión que brota cuando la semilla germina. El sistema radicular es fasciculado, bastante extenso y representa un importante componente funcional y estructural de la planta. En la planta madura, las raíces pueden profundizar hasta 1.8 m y explorar una superficie de un círculo de 2 m. de diámetro.

El sistema radical de la planta de maíz presenta tres tipos de raíces:

- Raíz seminal o primaria: Es la que va a suministrar el anclaje y los nutrientes a la plántula. Se origina en la radícula luego de la germinación y tiene una duración de 2 a 3 semanas. Se reconoce inicialmente por mostrar un grupo de 1 a 4 raíces.

- Raíces adventicias: Estas se originan, después de las raíces primarias, de los nudos que se encuentran debajo de la superficie del suelo y pueden alcanzar hasta 2m. de profundidad.

- Raíces de sostén o soporte: Se originan en los nudos, cerca de la superficie del suelo. Son las que proporcionan una mayor estabilidad a la planta y disminuyen problemas como el acame. Estas raíces tienen la capacidad de realizar fotosíntesis y de absorber fácilmente el fósforo.

El tallo: El maíz tropical tiene un solo tallo principal formado por entrenudos separados por nudos más o menos distantes. Cerca del suelo, los entrenudos son cortos y su grosor disminuye de abajo hacia arriba. Su sección es circular, pero desde la base hasta la inserción de la mazorca presenta una depresión que se hace más profunda conforme se aleja del suelo.

El tallo está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior protectora, impermeable y transparente, una pared de haces vasculares por donde circulan las sustancias alimenticias y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares.

El tallo alcanza su máximo desarrollo cuando la espiga ha emergido completamente y se ha iniciado la producción del polen.

Las hojas: La planta de maíz posee entre 15 y 30 hojas, de 4 a 10 cms. de ancho por 35 a 50 cms. de longitud. Su borde es áspero, finamente ciliado y algo ondulado. Las hojas son largas, anchas, planas y de gran tamaño; lanceoladas, alternas y paralelinervias. Crecen en la parte superior de los nudos, abrazando al tallo mediante estructuras llamadas vainas. La cara superior de la hoja es pilosa, adaptada para la absorción de energía solar, mientras que la cara inferior, glabra, tiene numerosos estomas que permiten el proceso respiratorio.

Las hojas son mantenidas en ángulos aproximadamente rectos con respecto al tallo mediante una fuerte nervadura central. En la superficie foliar, justo en la unión del limbo con la vaina, existe una proyección delgada y semitransparente que envuelve el tallo llamada lígula, su función es restringir la entrada de agua y reducir las pérdidas por evaporación.

La mazorca: La mazorca es la inflorescencia femenina y está constituida por un tronco u olate cubierto por filas de granos (cada fila cuenta con 30 a 60 granos), que puede variar entre ocho y treinta filas por mazorca. Es en esta parte de la planta donde se almacenan las reservas nutritivas.

Las mazorcas nacen de las axilas de las hojas, del tercio medio de la planta. Esta inflorescencia femenina está formada por el raquis (tusa) en el cual van un par de glumas externas, dos yemas, dos paleas y dos flores, una estéril y otra fértil por lo que el número de hileras de mazorcas es par.

Las espiguillas femeninas se agrupan en una ramificación lateral gruesa de forma cilíndrica y sus estilos sobresalen de las brácteas y alcanzan una longitud de 15 a 20 cms. formando una cabellera característica y conocida vulgarmente como pelos o barbas.

Cada flor femenina, si es fecundada, dará lugar a un fruto en forma de grano, más o menos duro, lustroso, de color amarillo, púrpura o blanco. Los frutos forman hileras alrededor de un eje grueso que contienen unos 400 a 1.000 granos por mazorca, alineados en 8 a 20 hileras de unos 50 granos cada una.



Toda la inflorescencia femenina está cubierta por las brácteas (amero o capacho) que tienen como función la protección del grano. Cada planta puede tener entre 1 a 3 mazorcas dependiendo de la variedad, la población y las condiciones climáticas.

La espiga: Las espigas son las inflorescencias masculinas de la planta, están formadas por glumelas (un par), estambres (3 fértiles) y un pistilo rudimentario. Se ubican en la terminación del tallo principal y están formadas por una espiga central y varias ramas laterales, organizadas en una panícula laxa, donde se asientan las flores agrupadas en espiguillas pareadas, una de las cuales es pedicelada y la otra es sésil. Cada espiguilla posee dos florecillas funcionales y cada una de estas posee tres anteras productoras de polen. Cuando las condiciones fisiológicas y ambientales lo permiten, las anteras liberan el polen, que ocurre casi siempre dos a tres días antes de la aparición de los estigmas o cabellos de la mazorca y se produce la polinización

El grano de maíz: El grano de maíz es el fruto de la planta, compuesto por una cariópside que consta de tres partes principales: la pared, el endosperma triploide y el embrión diploide. La cubierta o capa de la semilla, que es la pared del ovario, se llama pericarpo, es dura y debajo de ella se encuentra la capa de aleurona, que le da el color al grano (blanco, amarillo, morado) y que contiene las proteínas.

Interiormente está el endosperma, con el 85 a 90% del peso del grano, que al ser una estructura muy variable, le da a éste distintas apariencias. El embrión está formado por la radícula y la plúmula, ubicándose en el escutelo, localizado en la parte inferior del grano, donde va adherido a la tusa o raquis.

2. Características ecológicas del maíz

Para proveer a un cultivo con las condiciones ideales para su crecimiento cercano al óptimo, es preciso que se conozcan y comprendan claramente el conjunto de factores que intervienen en su crecimiento y desarrollo. Estos factores están relacionados con los componentes del sistema, esto es, con la planta misma, el clima, el suelo y su manejo.

La planta posee un conjunto de genes que son los que determinan su potencial de producción, en función de su interacción con los factores de crecimiento. El alto rendimiento sólo se expresaría si existiesen condiciones ideales, sin embargo, éstas no siempre se presentan simultáneamente en la naturaleza, en un mismo lugar.

A ese rendimiento que se produce cuando los factores controlables se han llevado a un nivel cercano al óptimo y operan las restricciones normales del agroecosistema, se denomina rendimiento máximo probable, y es el que se debe estimar para cada agroecosistema particular.

Algunas especies crecen adecuadamente dentro de límites amplios de uno o varios factores climáticos, por lo cual se dice que tienen una amplia adaptación. Esta situación se presenta en el maíz como consecuencia de la extensa variabilidad genética que le permite desarrollar genotipos específicos para determinadas condiciones ambientales.

Veamos en forma resumida uno a uno los requerimientos básicos para que se produzca un buen cultivo de maíz.

Suelos: El cultivo de maíz necesita suelos pro-

fundos fértiles, con textura franca, permeables, de buena capacidad de retención de agua, libre de inundaciones y encharcamientos, de estructura granular, alto contenido de materia orgánica y un pH entre 5.0 y 7.5.

El suelo, también, interactúa con los genes de la planta de maíz y restringe el potencial genético que ésta posee para el desarrollo radical. Por ejemplo, suelos con pie de arado, poco profundos, con escaso espacio poroso o con ambientes químicos indeseables (como exceso de carbonato de calcio, exceso de acidez, exceso o déficit de algunos nutrientes esenciales), limitarán el crecimiento de las raíces y su capacidad de exploración.

En cultivos de ciclo corto como el maíz, el abastecimiento de agua depende de la capacidad de almacenamiento del suelo y de la precipitación que pueda ocurrir un poco antes de la siembra y durante el ciclo de crecimiento de la planta.

La capacidad de almacenamiento de agua depende a su vez de la profundidad, de la proporción de macro y microporos de la estructura, de la densidad aparente de los contenidos de materia orgánica y arcilla, etc.

Como se sabe, la planta obtiene sus nutrientes de la solución de suelo, que se aloja en el espacio poroso y que es alimentada por reacciones que tienen su asiento en la fase sólida, en la mineralización y en la disolución de los fertilizan-

tes agregados al suelo.

Otros aspectos relacionados con el suelo que pueden reducir la expresión del potencial productivo son:

- La falta de cobertura, la pendiente, las condiciones químicas (salinidad, etc.) y físicas (capas endurecidas, infiltración, escorrentía, etc.).
- La mayoría de las características del suelo no son controlables por el hombre, al menos en términos económicos. Sólo dos factores generalmente se manejan: el abastecimiento de nutrientes mediante la fertilización y el suministro de agua, ya sea mediante habilitación de sistemas de riego y prácticas de conservación de la humedad

Temperatura: Junto con la luminosidad, la temperatura influye directamente sobre el periodo vegetativo del maíz. Esta especie se desarrolla bien a temperaturas que oscilan entre 20 y 29°C, pero la ideal está comprendida entre 24 y 26°C, que se da en nuestro caso a alturas de 600 a 1.400 msnm.

En general, son convenientes las noches frescas, los días soleados y las temperaturas moderadas para lograr altos rendimientos por unidad de superficie, pero veamos la siguiente tabla donde se relaciona la variabilidad de la temperatura con sus efectos en el cultivo:

Temperatura	Resultado
menores de 13°C	Crecimiento lento.
mayores de 29°C	Se dificulta la absorción de agua.
mayores de 38°C	Es difícil mantener la humedad adecuada en el suelo.
menor de 10°C	La semilla no germina.
mayores de 15°C	La germinación es rápida y las plántulas emergen entre los 5 y 10 días después de la siembra

La variabilidad de respuestas de los genotipos de maíz a la temperatura es amplia y por esta razón existen genotipos que permiten cultivar las especies desde el nivel del mar a altitudes superiores a 3.000 metros.

Los genotipos que se cultivan en climas cálidos crecen más rápidamente que los que se cultivan en climas fríos, en forma tal que la duración del ciclo de vida del maíz es de alrededor de 120 días al nivel del mar y de 300 días a 2.600 msnm.

Estas diferencias influyen en los rendimientos los cuales son mayores en los climas más fríos por que las plantas disponen de más tiempo para fotosintetizar y acumular materia seca.

Aunque la fotosíntesis y el desarrollo del maíz se realiza aproximadamente a 30°C, la fotosíntesis solo es afectada por las temperaturas diurnas, mientras que el desarrollo y por lo tanto el rendimiento es afectado también por las temperaturas nocturnas. De esta manera cuando las noches son frías el desarrollo es lento, las tasas de respiración son bajas y por lo tanto la acumulación diaria de materia seca es mayor. Las temperaturas nocturnas bajas influyen especialmente sobre el rendimiento al prolongar el periodo de llenado del grano, el cual es de 38 días al nivel del mar y de 109 días en altitudes de 2.600 metros.

Un maíz tropical por lo general rinde menos que su homólogo de la zona templada porque las temperaturas en los trópicos son más altas y completa su ciclo en menos tiempo. Por la misma razón, los cultivares precoces rinden menos que los tardíos.

Luminosidad: El maíz requiere de mucha

luminosidad (luz incidente) para obtener altas producciones de grano. Por ejemplo: a mayor intensidad de luz en épocas de llenado de grano, mayor acumulación de materia seca, por lo tanto habrán altos rendimientos.

En el caso de los trópicos, la luz es un factor bastante limitante por lo que se deben usar prácticas como la orientación de los surcos y la densidad de siembra para ayudar a maximizar su intercepción, haciendo más eficiente el proceso fotosintético de las plantas del cultivo.

El maíz es sensible al fotoperiodo cuando los días pasan de 9 horas de luz, así que la luminosidad ideal está comprendida entre 6 a 7 horas de luz día.

La radiación y la temperatura interactúan sobre el rendimiento del maíz, la tasa de crecimiento es mayor mientras más alta sea la cantidad de radiación visible interceptada y menor la temperaturas; por esta razón es posible obtener altos rendimientos biológicos y económicos en zonas y épocas en que la radiación es elevada y las temperaturas son moderadas.

La cantidad de radiación interceptada por el cultivo durante los 10 días siguientes a la antesis está relacionada en forma lineal con número final de granos por planta, aunque la curva de esta relación varía de acuerdo con los genotipos.



Precipitación:

El agua es el componente celular más abundante. Constituye entre el 80% y 95% de los tejidos en crecimiento. Muchas de las actividades vegetales están determinadas por el agua y las sustancias contenidas en ella así que el agua sirve de solvente, medio de transporte, generadora de turgencia y reguladora de la temperatura por la transpiración.

El cultivo de maíz se da en regiones con precipitaciones de 1.000 y 2.000 mm por año, pero normalmente la planta de maíz necesita entre 550 a 650 mm. durante su ciclo vegetativo, bien repartidos. Las necesidades de agua para el maíz varían de acuerdo a los diferentes ciclos de desarrollo del cultivo, sin embargo, el mayor consumo lo realiza en la etapa de la floración, en donde un déficit de agua por uno a dos días puede reducir los rendimientos en un 22%, y en 50% cuando la sequía es de 6 a 8 días durante este periodo.

Investigaciones realizadas por CORPOICA en el C.I. Turipaná, Cereté, muestran que el maíz requiere 750 litros de agua por kilogramo de grano producido, encontrándose que 400 a 450 milímetros son los requerimientos totales de agua para alcanzar rendimientos superiores a los 4 ton/ha con las variedades de maíces comerciales ICA V-156 e ICA V-109 y rendimientos superiores a 6 ton/ha con híbridos.

La FAO reporta que un cultivo de maíz bien irrigado transpira cerca de 350 gramos de agua por cada gramo de materia seca producida. En el campo hay pérdidas adicionales de agua por la evaporación del suelo y sólo una fracción de la materia seca producida forma el grano, lo cual significa que un cultivo con buena disponibilidad de agua usa alrededor de 800 a 1.000

gramos de agua por cada gramo de grano producido

En resumen, los mayores requerimientos de agua se presentan durante la germinación, la floración y el llenado de granos con valores medios que van de 4,8 a 5,4 mm/día. Sin embargo, es muy importante que haya suficiente disponibilidad de agua en el suelo durante todo el ciclo de vida del cultivo, para que se cumplan a cabalidad los procesos fisiológicos. Además el maíz no tolera encharcamientos prolongados pues el estrés hídrico disminuye la longitud de las etapas reproductivas y por lo tanto, el rendimiento.

Altitud, vientos y heladas: El maíz se desarrolla desde 0 a 4.000 msnm, pero a alturas mayores de 2.000 msnm se incrementa significativamente el ciclo o periodo vegetativo.

Cuando se presentan vientos fuertes en épocas de polinización y llenado se pueden registrar bajos rendimientos debido al desecamiento del polen y el volcamiento de las plantas.

En el caso de las heladas, si se presentan en épocas tempranas pueden ocasionar la muerte de las plantas y cuando ocurren en la época de floración causan secamiento del polen y quemaduras de la planta.

Densidad de plantas: Para concluir, las relaciones ecológicas que rigen el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz pueden ser las bases fisiológicas que determinan la respuesta de este cultivo a la densidad de plantas. En el maíz en lo que hace al rendimiento de grano, se encuentra un punto óptimo bastante estrecho.

La caída del rendimiento por encima de una

densidad óptima está asociada, con una disminución de la prolificidad (menos de una mazorca por planta) aún cuando haya un índice foliar óptimo para el rendimiento.

En el caso del maíz hay grandes diferencias entre los cultivares en lo que respecta a la alta densidad y los híbridos más modernos para zonas templadas, que se caracterizan por su capacidad para producir mazorcas a muy altas densidades. Las diferencias en la tolerancia a la densidad se relacionan con la altura de la planta, la madurez y también con la resistencia general al estrés.

3. ETAPAS DEL DESARROLLO

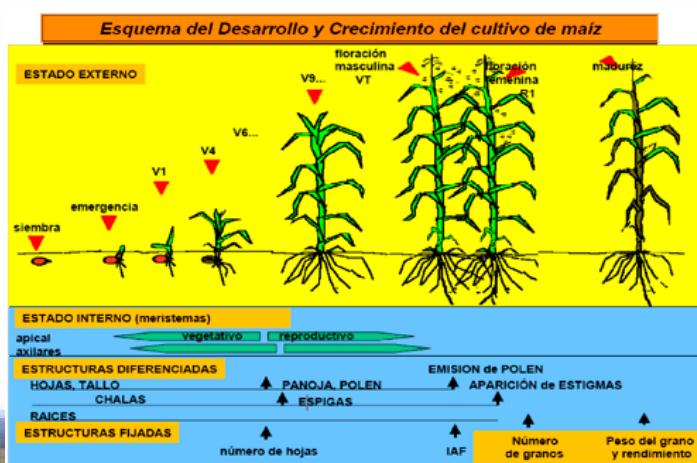
El desarrollo vegetal es el conjunto de procesos de crecimiento y diferenciación mediante los cuales, a partir de una semilla, se obtiene una planta completa con capacidad de producir otras semillas. Desde el punto de vista de la producción el crecimiento es el proceso de acumulación de materia seca en la planta, como resultado del balance que se establece entre la fotosíntesis y la respiración.

La gran productividad del maíz se debe a una

gran área foliar y una modificación de la ruta fotosintética. Esta modificación (compartida con otras especies tropicales adaptadas para sobrevivir períodos de sequía) se conoce como la ruta C4, y consiste en un mecanismo eficiente para el intercambio de vapor de agua por (CO_2) dióxido de carbono atmosférico. Como resultado de este mecanismo, las especies C4 pueden producir más materia seca por unidad de agua transpirada que las plantas que poseen el sistema convencional para fotosintetizar (C3).

Para el estudio de crecimiento y desarrollo de un cultivo existen varias metodologías que en términos generales, muestran etapas fenológicas entre sí. Durante los últimos años se han considerado dos: la escala BBCH y el Método de la Hoja Completa, éste último se toma como referencia por su claridad, practicidad y uso alrededor del mundo.

El desarrollo de la planta de maíz se realiza en varias etapas, reunidas en dos momentos principales: el estadio vegetativo y el estadio reproductivo. Si observamos el siguiente esquema, podemos ver cómo se desarrolla la planta en cada etapa hasta su madurez y las estructuras de que están compuestas cada una.



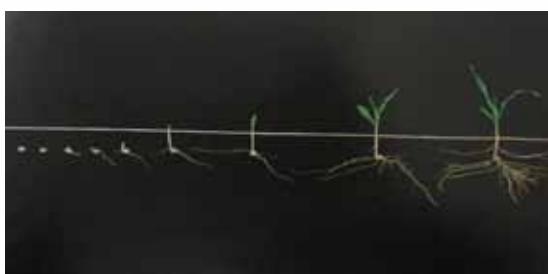
Veamos un poco más acerca de cada estadio de desarrollo.

Estadio vegetativo (V)

Este periodo va desde la emergencia hasta la aparición de la espiga masculina, donde se desarrollan y diferencian distintos tejidos hasta que aparecen las estructuras florales. Esta fase consta de dos ciclos:

- En el primero se forman las hojas y el desarrollo es ascendente, la producción de materia seca es lenta y finaliza con la diferenciación tisular de los órganos de reproducción.
- En el segundo ciclo se desarrollan las hojas y los órganos de reproducción y finaliza con la emisión de los estigmas.

Las diferentes etapas fenológicas de la fase vegetativa son designadas numéricamente con sus nombres y cada estado es definido por la hoja superior cuyo cuello es visible. Se resumen de la siguiente manera:



Germinación y Emergencia

VE: El coleóptilo emerge de la superficie del suelo

La germinación tiene lugar a partir de la imbibición de la semilla por aumento de su contenido en agua; es además el comienzo de la elonga-

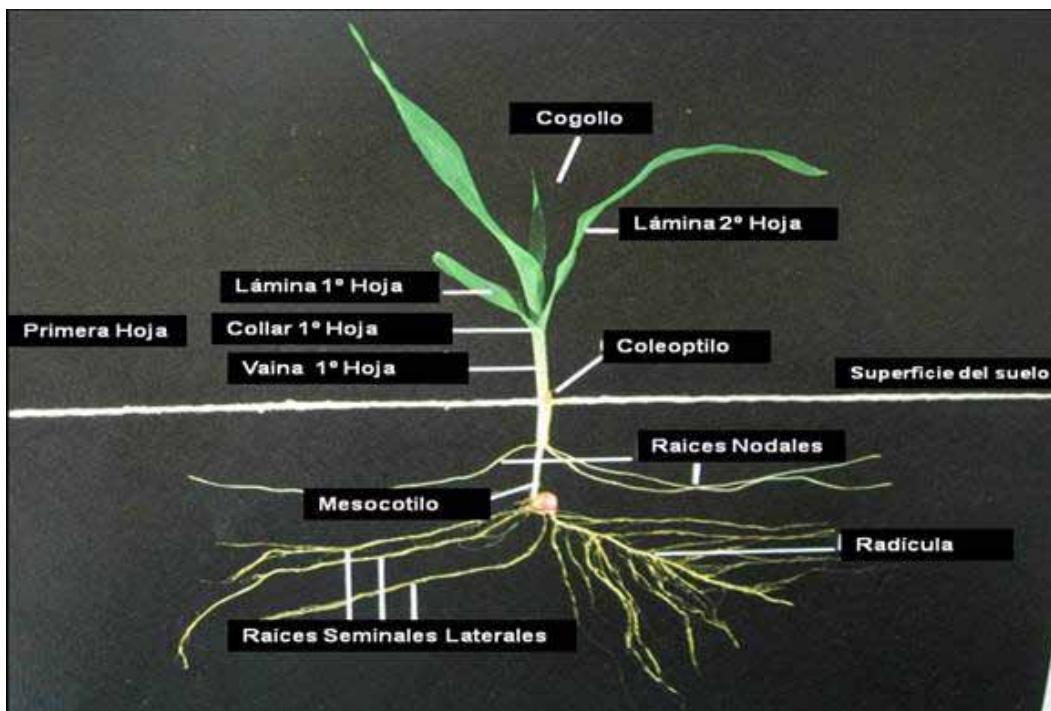
ción radicular, que es la primera manifestación morfológica del crecimiento del maíz. La emergencia sucede cuando aparece fuera del suelo el epicótilo, ordinariamente del coleóptilo, debido a la fuerte capacidad del alargamiento del mesocótilo y la subsiguiente aparición de las hojas.

Al final de esta etapa se lleva a cabo la fase heterótrofa, en ella la planta se sustenta de las reservas de la semilla y el almidón del endospermo, pasando después a una fase de transición en la que la energía procede tanto de las reservas del endospermo de la semilla, como de la fotosíntesis de la joven plántula.

El buen desarrollo de la fase siembra - emergencia es esencial para el establecimiento del cultivo pues es un proceso biológico complejo, donde intervienen la variedad y sus propiedades germinativas y factores ambientales de naturaleza física, química y biológica.

Con posterioridad la planta inicia su fase autótrofa donde sus necesidades energéticas son satisfechas totalmente por la fotosíntesis, siendo suficiente la implantación del sistema radicular para asegurar la alimentación hídrica y mineral de las plantas.

Como medidas de manejo en VE, se debe considerar la siembra de precisión y la incorporación de abonos N. P. K. Se deben evitar encharcamientos dado que el punto de crecimiento se encuentra aún por debajo del suelo (2.5 a 3.8 cms.) y puede afectar la planta.



Estadio V2 – Plántula

V3: Es visible el cuello de la tercera hoja

Las plántulas de maíz son visibles sobre la superficie cuando tienen tres hojas si bien sus puntos de crecimiento están aún bajo tierra. En esta etapa la planta muestra un crecimiento vigoroso el cual se origina en un sólo punto de crecimiento que es el meristemo apical. Todas las partes del tallo del maíz, tanto vegetativas como reproductivas, inician su formación a partir de este meristemo.

En esta etapa, las bajas temperaturas pueden aumentar el tiempo entre la aparición de las hojas, aumentar el número total de hojas, atrasar la aparición de la espiga y reducir la disponibi-

lidad de nutrientes. De todas formas, los daños por heladas en V3 tienen muy poco efecto en el punto de crecimiento y en el rendimiento final, pero al anegarse el suelo cuando el punto de crecimiento está bajo la superficie, las plantas de maíz pueden morir en pocos días.

En V3 el sistema de raíces nodales está bien distribuido en el suelo y se deben observar posibles síntomas de deficiencia de macro o micro-nutrientes o síntomas de daño de insectos (por ejemplo, plantas caídas por efecto de gusanos del suelo) y corregirlos. Es en esta etapa dónde se inicia el periodo crítico de competencia de malezas que va hasta V14.

V6: Es visible el cuello de la sexta hoja

Cuando la planta tiene seis hojas abiertas, el punto de crecimiento y el primordio de la espiga ya han sobrepasado la superficie del suelo. Los entrenudos comienzan a elongarse rápidamente y la planta pasa a través de un período de rápido crecimiento y elongación. En general, en los trópicos el período de crecimiento no está limitado por el régimen de temperaturas y las plantas de maíz tropical por lo tanto, producen un mayor número de hojas más grandes que las plantas en las zonas templadas.

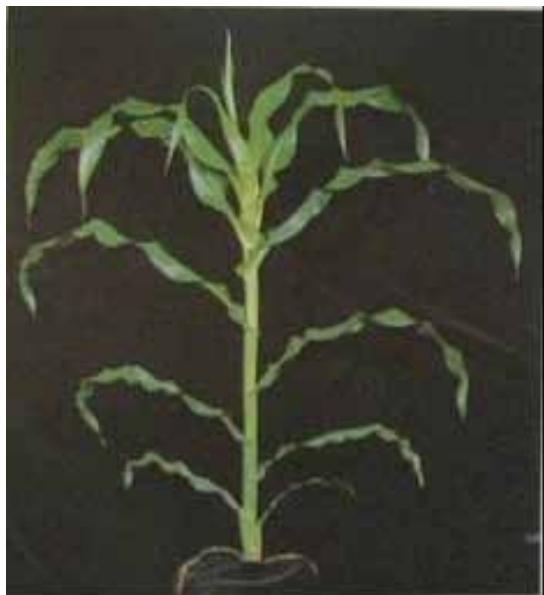
La variación en el número total de hojas está más afectada por el momento de la iniciación

de la espiga que por la variación en la velocidad de iniciación de las hojas. El gen para foliosidad (*Lfy*) prolonga el crecimiento vegetativo del tallo, demora la iniciación de la espiga y de la mazorca e incrementa el número de hojas en forma diferente en los distintos ambientes.

En esta etapa se debe complementar la fertilización pues es la época oportuna para la segunda fertilización NK y es el período crítico de competencia de malezas, por lo que hay que prevenir ataques de insectos y daños al tallo que recién emerge del suelo.



Planta de maíz en V6



Planta de maíz en V10

V9: Es visible el cuello de la novena hoja

Si se disectara la planta en este punto, se observarían varias mazorcas rudimentarias, a partir de la séptima hoja debajo la inflorescencia masculina (espiga), la cual se está desarrollando rápidamente. Los entrenudos mientras tanto, continúan elongándose de forma rápida, haciendo crecer el tallo. A partir de V10 las hojas empiezan a aparecer cada 2 a 3 días y comienza una rápida acumulación de biomasa y absorción de nutrientes y agua que continuará hasta casi el término del estado reproductivo. Se forman los primordios de las mazorcas en cada nudo que se encuentra sobre la superficie del suelo (6 - 9), de los que sólo uno o dos se convierten en mazorcas.

Esta es la época oportuna para la tercera fertilización con Nitrógeno. Como hay una gran demanda de agua es muy importante el riego, si el aporte de las lluvias no ha sido suficiente. Es necesario realizar el control de insectos plagas, si se presentan y si el nivel de daño lo justifican.

V12: Es visible el cuello de la doceava hoja

En este punto se determina el número de óvulos en cada mazorca y el largo de esta; el número de hileras de granos ya se ha establecido con anterioridad. Los granos por hilera se determinarán posteriormente (una semana después de la emergencia de los estigmas y dependiendo de la polinización).

Dado que se está formando el tamaño de la mazorca y número de óvulos, el riego y la nutrición son críticos. Los híbridos de corta estación tienen generalmente mazorcas más pequeñas que los de más larga duración, pero se puede lograr alguna compensación aumentando la densidad de siembra. Como medidas de mane-

jo agronómico es importante que el productor asegure la disponibilidad de agua, pues aquí pueden ocurrir reducciones en el rendimiento.

V15: Es visible el cuello de la quinceava hoja

Es el estado más crucial para la determinación del rendimiento. Las hojas aparecen cada uno o dos días y los estigmas están comenzando a crecer en las mazorcas superiores. Hacia V17 la punta de las mazorcas puede ser visible en la inserción de las vainas con las hojas.

En este punto pueden ocurrir reducciones importantes en el rendimiento del grano si se presentan condiciones de déficit hídrico dos semanas antes a dos semanas después de la polinización.

V18: Es visible el cuello de la decimoctava hoja

Aparecen los estambres provenientes de los óvulos basales y las raíces aéreas crecen desde el primero o segundo nudo sobre la superficie del suelo. Los estreses en este período atrasan más el desarrollo de la mazorca y de los óvulos que el desarrollo de la espiga, lo que causa un lapso entre la caída del polen y la aparición de los estigmas (denominado ASI).

VT: Es visible la última rama de la inflorescencia masculina (espiga)

Ver la última rama de la inflorescencia no equivale a la aparición de la floración masculina, que se inicia realmente cuando comienza la dispersión del polen o antesis. Es entonces en la etapa VT es cuando la planta de maíz alcanza su máxima altura.

El tiempo entre VT y R1 (primera etapa del

desarrollo reproductivo que veremos a continuación), puede variar considerablemente dependiendo del genotipo y de las condiciones ambientales.

Resumiendo entonces, en el estadio vegetativo ocurren cambios como:

- Formación de las hojas.
- Desarrollo ascendente de la planta.
- Producción lenta de materia seca.
- Diferenciación tisular de los órganos de reproducción.
- Desarrollo de los órganos de reproducción.
- Aparición de los estigmas.

Continuemos ahora con el siguiente gran momento en el desarrollo de la planta, el estadio reproductivo.

Estadio reproductivo (R)

Comienza con la aparición de los estigmas y finaliza con la madurez fisiológica. Se caracteriza por el incremento del peso de las hojas, la flor y por el aumento rápido en el peso de los granos.

En la floración masculina la liberación del polen se inicia a partir de las flores de la base del eje principal, progresando hacia las extremidades y ramificaciones laterales. La duración de la floración masculina sobre una panícula puede demorarse de 5 a 10 días, en función de la variedad y de las condiciones del medio.

La floración femenina se alcanza cuando los primeros cabellos o estigmas son visibles al exterior de los capachos. Todos los cabellos no aparecen al mismo tiempo (los primeros en hacerlo corresponden a los granos de la base), emergiendo todos en 3 a 4 días. Al cabo de una semana o diez días después, si no se ha produ-

cido la fecundación, el óvulo se degenera y los estilos no serán funcionales.

En la fase reproductiva se presentan las siguientes etapas:

R1: Estigmas visibles

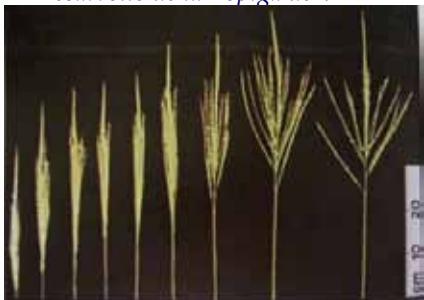
En esta etapa son visibles los estigmas en el 50% de las plantas. El número de óvulos que será fertilizado es determinado en este momento, los que no sean fertilizados no producirán núcleos y eventualmente se degeneraran.

El estrés ambiental en esta etapa causa pobre polinización y formación de grano, especialmente el estrés de humedad, el cual da como resultado la desecación de los pelos y los granos de polen.

Estigmas de la mazorca



Desarrollo de la Espiga de V14-R1



R2: Grano acuoso ampolla

Esta es la etapa de ampolla, cuando los granos están llenos de un líquido claro que permite ver el embrión. El almidón se ha comenzado a acumular en el endospermo acuoso y los núcleos están comenzando un periodo de rápida y constante acumulación de materia seca o llenado de grano, desarrollo que continuará hasta cerca de la etapa R6.

Aunque el nitrógeno y fósforo de los tejidos vegetativos todavía está acumulándose rápidamente, comienza la relocalización de estos nutrientes hacia los tejidos reproductivos. Los granos tienen ahora cerca del 85% de humedad, porcentaje que declinará gradualmente hasta la cosecha.

R3: Grano lechoso

En esta etapa los granos se llenan con un líquido lechoso blanco, mostrándose de color amarillo por fuera, debido a la acumulación de almidón. La producción final depende del número de granos que se desarrollen y del tamaño y peso final de estos. Aunque no tan severamente como en la etapa R1, el estrés puede todavía tener un efecto profundo en la producción, afectando ambos factores, pero a medida que los granos maduran, el potencial de reducción de la producción por estrés es menor.

R4: Grano pastoso o masoso

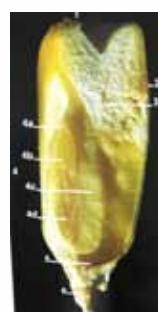
Los granos están llenos con una pasta blanca y el embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano, así continúa desarrollándose rápidamente. Los granos tienen ahora un 70% de humedad y han acumulado cerca de la mitad de su peso seco maduro.

R5: Grano dentado

Al principio de la etapa R5, los granos tienen aproximadamente un 55% de humedad y su parte superior se llena con almidón sólido. Cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren esta forma; en los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una "línea de leche" cuando se observa el grano desde el costado.

Maduréz fisiológica

En esta etapa, es visible una capa negra en la base del grano. La humedad está alrededor del 35%, aunque esto puede variar considerablemente entre híbridos y condiciones ambientales. El grano está completamente desarrollado, pero no está listo aún para su almacenamiento porque se requiere que esté entre 13 a 15% de humedad. Entonces, cosechar en la etapa R6 o cerca resultaría caro ya que el secamiento es costoso.



1. Protuberancia del estigma
2. Pericarpio
3. Endosperma
4. Embrión
 - 4a. Coleoptilo
 - 4b. Plúmula
 - 4c. Escutelo
 - 4d. Radícula
5. Zona de abscisión (capa negra)
6. Pedicelos

Características del grano

4. DETERMINANTES FISIOLOGICOS

El maíz, como muchas otras plantas, tiende a mantener un equilibrio funcional entre la masa de raíces y la masa verde de tallos y hojas. Si uno de los recursos que aporta el suelo como el agua o los nutrientes llega a ser un factor limitante, más materias asimiladas se trasladarán al sistema radical y el crecimiento de las raíces se verá favorecido frente al crecimiento del resto de la planta. Si la radiación es factor limitante del crecimiento, ya sea a causa de la sombra o la nubosidad, más materias asimiladas se dedicarán al crecimiento de la parte aérea y la relación raíz-tallo decrece.

A continuación se presentan los índices de crecimiento y su relación con la productividad del maíz.

Índices de crecimiento

Empecemos por aclarar a que se refieren a los índices de crecimiento. En el cultivo de maíz, este tema se aborda desde varios enfoques denominados análisis de crecimiento para evaluar aspectos como la productividad y los procesos fisiológicos de la planta.

Existen análisis de crecimiento clásico, integral, funcional, que si bien comparten una serie de parámetros para describir el crecimiento, difieren en el método de estimación de los mismos.

En el análisis de crecimiento tradicional los parámetros usados son:

- La Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) que es la velocidad instantánea de incremento relativo de la masa productiva de la planta.
- La Tasa de Asimilación Neta (TAN), que es la velocidad a la cual se incrementa el peso seco

por unidad de área foliar. Es una medida de la diferencia entre la acumulación de biomasa debida a la fotosíntesis y la pérdida de biomasa debida a la respiración y refleja la disponibilidad de recursos (especialmente luz) y despliegue de la hoja.

- La Relación de Área Foliar (RAF), que es la relación del área de la hoja con respecto a la materia seca de la planta en un determinado momento y refleja el tamaño de la superficie fotosintética con respecto a la masa respiratoria

Determinación de la productividad

Son varios los factores de la planta que interactúan con el ambiente para determinar la productividad. Dos de ellos son la distribución del área foliar y la radiación en el dosel.

La tasa de producción de materia seca por las plantas depende de la captura de la radiación solar incidente por su follaje y de la conversión de esta energía en carbohidratos; el rendimiento de los cultivos depende fundamentalmente del tamaño y eficiencia del aparato fotosintético. Por eso, todas las prácticas de manejo deben buscar maximizar la captación de luz y la eficiencia de la transformación en productos útiles.

La producción depende entonces de la interceptación de la radiación solar y de su conversión en biomasa. Esta cantidad de radiación que es interceptada por el cultivo está determinada por tres factores: el área foliar, la orientación de la hoja y su duración. Veamos entonces uno a uno los parámetros principales:

- Índice del área foliar (IAF):
- Eficiencia de conversión (EC)
- Tasa de asimilación neta (TAN)

- Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)
- Índice de cosecha (IC)

Índice del área foliar (IAF)

Es la relación entre el área foliar del cultivo y la unidad de área del suelo (m^2). El IAF aumenta durante el crecimiento y desarrollo del cultivo hasta que las plantas alcancen la fase reproductiva. El IAF máximo conseguido bajo condiciones experimentales es de 20 para el maíz, sin embargo, con un IAF mayor de 10, los cultivos presentan problemas de volcamiento.

Es importante conseguir una intercepción de la radiación hasta un valor cercano a 4 en el caso del maíz, ya que después de esta cifra, el área adicional tiene poco efecto en la intercepción de la luz, porque se produce un aumento del sombreadamiento mutuo de las hojas y la tasa fotosintética media, por unidad de área foliar, disminuye.

Este índice de área foliar depende entonces principalmente de la densidad de siembra que junto con la distribución de las plantas, afecta la eficiencia del área foliar para interceptar luz.

La densidad de siembra y la distribución son determinadas a su vez por las características de los genotipos; por ejemplo, los que tienen menos área foliar por planta requerirán más plantas por hectárea y los de menor altura necesitarán surcos más próximos para que la intercepción de la luz sea más eficiente.

Índices de área foliar altos son recomendables en localidades y épocas en que se presenta brillo solar intenso. Bajo condiciones desfavorables de luz, humedad y fertilidad la disminución de rendimiento, debida a la infertilidad, ocurre a índices de área foliar más bajos.

En Colombia, en un trabajo realizado por Fenalce se encontró que el mayor IAF se alcanzó en Chinchiná, con la variedad ICA V 156 y con el híbrido P 3041 y por su parte, el híbrido CORPOICA Turipaná H 112, llegó a su IAF crítico (3,9) en Palmira, como se observa en la siguiente figura.

Eficiencia de conversión (EC)

La especie y el ambiente tienen influencia directa sobre la eficiencia con la cual la radiación absorbida es utilizada, así como el agua y la disponibilidad de nutrientes, lo que convierte a la EC en otro factor determinante. Las tasas máximas de fotosíntesis en el maíz tropical se encuentran entre 30°C y 40°C; el efecto de la temperatura sobre la EC en el rango de 20° a 40°C es relativamente pequeño, pero las temperaturas fuera del rango de adaptación del cultivar (por debajo de 15°C o por encima de 44°C para maíz tropical de tierras bajas) también pueden reducir la EC.

La radiación diaria de onda corta en los trópicos varía de 10 MJ/m²/día en zonas nubosas a 25 MJ/m²/día en zonas semiáridas durante un periodo seco. Como se mencionó anteriormente, un maíz sin estrés sembrado a altas densidades puede interceptar alrededor de 55% del total de la radiación recibida en el período de cultivo.

Se ha informado de eficiencias de conversión para cultivos de maíz sin estrés que van de 1,2 a 1,6 gramos de biomasa por encima de la superficie de la tierra por cada MJ de radiación solar interceptada. Bajo buenas condiciones, en zonas templadas y sin estrés, el maíz puede crecer a razón de 500 kg/ha/día durante varias semanas, resultando así en una alta productividad. En áreas tropicales con mayores tempera-

turas y días más cortos se han obtenido tasas de crecimiento de 250 a 350 kg/ha/día.

Tasa de asimilación neta (TAN)

Es la medida de la eficiencia fotosintética promedio de las hojas y determina la ganancia en

peso seco en un tiempo establecido, en el área foliar. En maíz, la TAN promedio es de 0.6 mg/cm²/día, que es muy similar a la TAN obtenida por Fenalce en estudios realizados en Colombia. Veamos la tabla número 2 que ilustra este ejemplo.

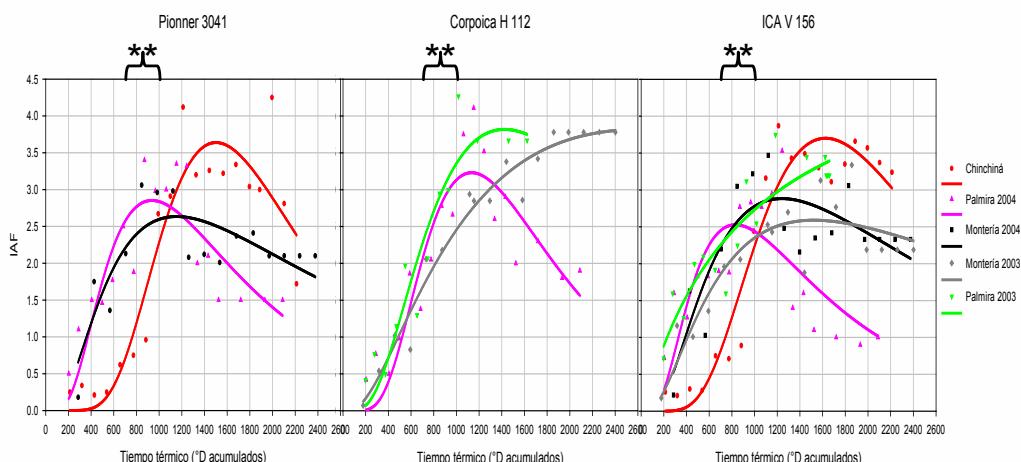


Figura 1 Índice de Área Foliar (IAF) para tres cultivares de maíz en 3 localidades de Colombia.

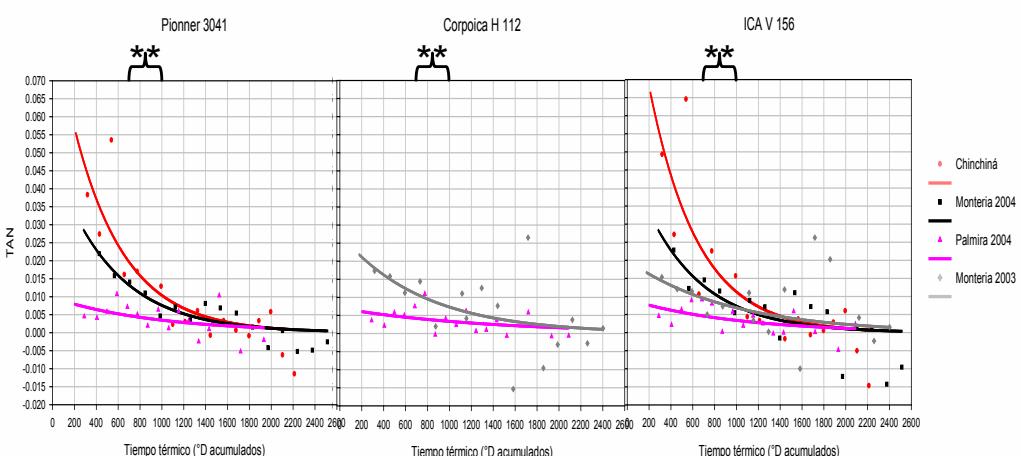


Figura 2. Tasa de Asimilación Neta (TAN) g cm⁻² día⁻¹, para tres cultivares de maíz en 3 localidades de Colombia

Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)

Las máximas tasas de crecimiento del cultivo se logran cuando este intercepta prácticamente toda la radiación incidente (95%, es decir con el IAF crítico). Los valores promedios observados oscilan entre 20 y 32 mg/cm²/día, datos que coinciden con los encontrados por Fenalce en Colombia, tal y como se observa en la figura número 3 que muestra además la tasa de crecimiento relativo (TCR).

Andrade, F. et al, indican que la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), es el resultado de la radiación incidente y de las eficiencias con que el cultivo intercepta dicha radiación y convierte la radiación interceptada en biomasa. La curva de acumulación de biomasa total (BT) resulta de integrar (entre emergencia y madurez) la tasa de crecimiento del cultivo (TCC).

Índice de Cosecha

Ya sabemos que el rendimiento del maíz depende de la cantidad de biomasa que se distribuye al grano. Esto se refleja en el índice de cosecha (IC) que es la masa de grano como proporción del total de biomasa que el cultivo tiene sobre la tierra. El IC del maíz cultivado en condiciones favorables varía de 0,2 en cultivares locales no mejorados a cerca de 0,3-0,4 en cultivares tropicales mejorados, y a más de 0,5 en cultivares precoces de zonas templadas. En un trabajo realizado por Fenalce, el IC de los tres materiales evaluados estuvo entre 0,35 y 0,45 como se observa en la figura número 4.

El índice de cosecha de los materiales de zona templada ya era alto en el año 1930 (cerca de 0,45), por lo que el mejoramiento posterior se ha obtenido sobre todo por el incremento de la biomasa y no del IC. Hay sin embargo ciertas posibilidades de obtener ganancias por el

mejoramiento y la estabilización del IC en los cultivares tropicales. El principal proceso fisiológico que explica las diferencias en IC entre los distintos cultivares parece ser la competencia por los materiales asimilados entre los distintos órganos. El índice de cosecha es también altamente sensible a factores ambientales como la temperatura (cuyas razones son desconocidas) y a las condiciones que reducen la cantidad de materiales asimilados por la planta cuando se inicia el proceso reproductivo (alrededor de 10 días antes y después de la antesis).

En el momento de la floración, el efecto de tal estrés es determinante, lo que puede resultar en granos vacíos o en una seria reducción del número de granos de la mazorca. El efecto del estrés en otros estados del crecimiento tiende a ser proporcional a las reducciones de CE y/o a la intercepción de la radiación



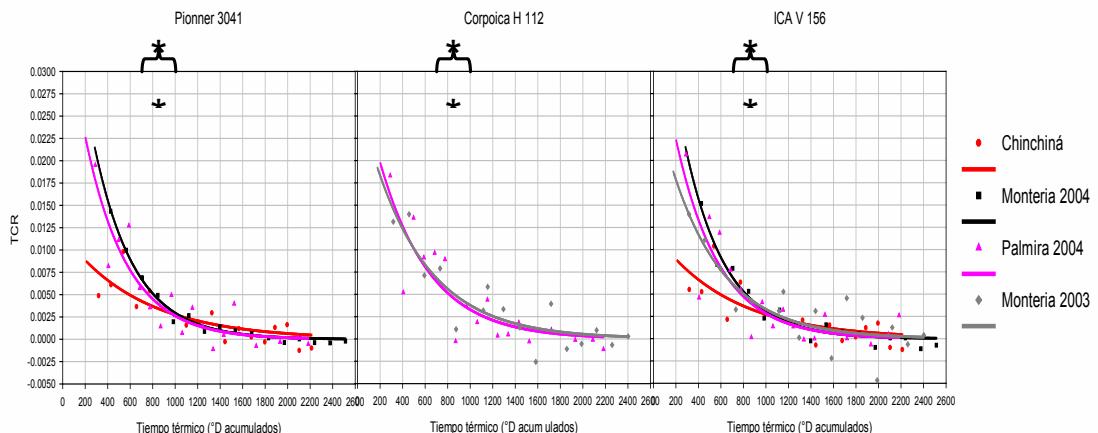


Figura 3. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) para tres cultivares de maíz en 3 localidades de Colombia.

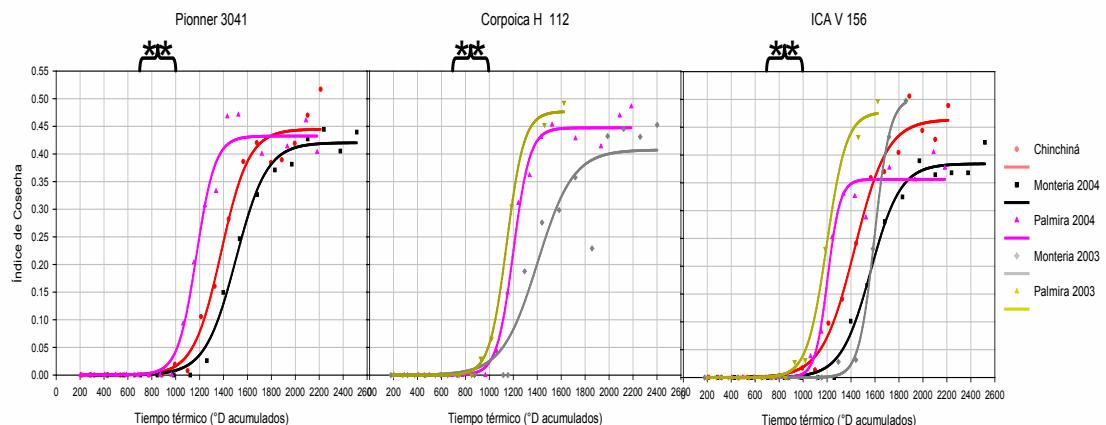


Figura 4. Índice de Cosecha (IC) para tres cultivares de maíz en 3 localidades de Colombia.

5. COMPONENTES DE RENDIMIENTO

Los órganos que proporcionan el rendimiento en maíz se forman una vez se ha terminado el periodo de crecimiento vegetativo, es decir que, la capacidad de rendimiento del maíz está determinada por:

- El Número de mazorcas por unidad de área.

- El Número de granos por mazorca y el tamaño potencial de los granos.

El número de mazorcas por unidad de área se puede variar ajustando la densidad de siembra, sin embargo, la respuesta positiva llega hasta ciertos límites, ya que el aumento en el número de plantas, no compensa la disminución del número de granos por mazorca.

El rendimiento potencial al llegar a la antesis depende del grado de crecimiento de la planta y el rendimiento máximo se obtiene con un balance apropiado entre el rendimiento por planta y el número de plantas. El cultivo de maíz presenta una situación particular, tiene poca plasticidad foliar y reproductiva, ya que no posee gran capacidad de compensar un bajo número de plantas y además, cuando los recursos por planta disminuyen al emplearse densidades muy altas, se presenta una caída drástica en el número de granos por metro cuadrado, debido a que la mazorca es un destino axial y por lo tanto es de prioridad secundaria para la planta.

El número de granos por unidad de área sembrada, generalmente aumenta con el incremento de la densidad de siembra siempre que todos los nutrientes, especialmente el nitrógeno, se proporcionen en forma adecuada. Aumentando la densidad de siembra y el nivel de nitrógeno, el IAF aumenta y el número de granos por unidad de área foliar disminuye. Estas apreciaciones demuestran la importancia de estudiar la producción de materia seca durante el llenado de grano, en relación al número de granos. De lo anterior se desprende que:

- Se puede obtener un alto rendimiento de grano si la producción de materia seca durante el llenado de este es alta.
- La producción de materia seca durante la fase de crecimiento es el producto de la duración del llenado de grano y la velocidad de crecimiento de la planta.
- Si la duración del llenado es menor de 55 días, hay una correlación estrecha entre la duración y el peso de 1.000 granos, y por lo tanto, del rendimiento en grano.

- La velocidad de crecimiento del cultivo aumenta con un incremento del IAF siempre que el incremento en el IAF vaya acompañado de un aumento razonable del número de granos; sin embargo,

- El incremento del IAF generalmente ocasiona una disminución en el número de granos por unidad de área foliar.

- La disminución del tamaño de la demanda fisiológica por unidad de área foliar se traduce en una disminución de la producción de materia seca por unidad de área foliar.

Veamos algunos ejemplos de la determinación del rendimiento en grano seco según sus componentes:

Ejemplo 1

Número de plantas por hectárea: 60.000 plantas
Número de granos por mazorca: 500 granos.
Peso de 1.000 granos: 0.15 Kilogramos
Rendimiento de grano: 9.000 Kg/Ha

Ejemplo 2

Desde el punto de vista fisiológico y teniendo en cuenta la radiación utilizada por el cultivo, el rendimiento se puede determinar de la siguiente manera:

$$\text{Producción} = \text{RAD} \times \% \text{RI} \times \text{DAR} \times \text{UER} \times \text{IC}$$
$$\text{Producción} = 20 \text{ Mj.m}^2 \times 0.45 \times 100 \times 2 \text{ g.Mj} \times 0.50$$
$$\text{Producción} = 9 \text{ ton/ha.}$$

RAD es la Radiación Incidente por día (ejemplo: 20 Mj.m² o 2 x 105 Mj.ha), RI, es el porcentaje de Radiación Incidente Interceptada por hojas (ejemplo: 45% del ciclo de vida del cultivo), DAR es la Duración del Área Fotosintética Activa (ejemplo 100días) UER es la Eficiencia en el Uso de la Radiación (ejemplo: 2g.Mj. o

2×10^{-5} Ton/ha) e IC es el Índice de Cosecha (ejemplo: 0:50).

Ejemplo 3

Analizando los componentes de rendimiento desde el punto de vista de la utilización del agua, Passioura (1977) propuso la siguiente ecuación:

$$\text{Producción} = [W \times PTrans \times WUE] \times IC$$

$$\text{Producción} = [750 \times 0.60 \times 0.040] \times 0.5$$

$$\text{Producción de grano: } 9 \text{ ton/há.}$$

W es el Agua Usada, PTrans es el Porcentaje de Transpiración, WUE es el Uso Eficiente del Agua, e IC es el índice de cosecha.

Ejemplo 4

Otra manera de calcular el rendimiento desde el punto de vista nutricional es mediante determinación del Nitrógeno disponible. La ecuación es la siguiente:

$$\text{Producción} = [NA \times Nt \times EFN] \times IC$$

$$\text{Producción} = [300 \times 0.5 \times 0.12] \times 0.5$$

$$\text{Producción} = 9 \text{ ton/há}$$

NA es el Nitrógeno Aplicado, Nt es el Nitrógeno tomado por la planta, EFN es la Eficiencia Fisiológica del Nitrógeno, e IC es el Índice de Cosecha.

6. ESTRESES ABIÓTICOS QUE AFECTAN EL MAÍZ

Bajo condiciones naturales, las plantas se exponen a condiciones ambientales desfavorables que las llevan a algún grado de estrés. El déficit de agua en el suelo, las temperaturas no óptimas, la salinidad y la aireación pobre de los suelos, pueden causar restricciones duran-

te las etapas de crecimiento, de manera que la producción de la planta, al final del ciclo, representa una sola pequeña fracción de su potencial genético.

Entonces, factores físico-químicos se pueden hacer extremos en algunos hábitats como desiertos y suelos salinos, de modo que sólo una vegetación especialmente "adaptada" puede completar su ciclo de vida. En ambientes menos extremos, las plantas se pueden adaptar a cambios relacionados con el potencial del agua, temperatura, salinidad y deficiencia de O₂ para poder "enfrentar" mejor estas condiciones.

Es claro que algunas especies se adaptan mejor que otras y para esta "aclimatación" hay varios atributos anatómicos, estructurales y bioquímicos en la planta como el desarrollo de cutículas gruesas con una modificación cualitativa y cuantitativa de ceras epicuticulares, enrollamiento foliar (como se observa en la fotografía), estomas hundidos y osmorregulación, entre otros.

El cambio climático en los trópicos también puede causar grandes fluctuaciones en factores temperatura, encarcamiento, sequía, acidez y salinidad

Sequía. La sequía afecta la producción agrícola en cerca del 60% de las tierras de los trópicos, pero para el 80% del área sembrada en maíz, se calcula una reducción en su rendimiento entre un 10 y un 50% debido al estrés hídrico.

Del total del agua absorbida, solo una cantidad bien reducida (cerca del 1%) es retenida y el resto es usada en el proceso de transpiración, proceso que los vegetales usan para controlar su temperatura.



Enrollamiento de hojas como efecto de la sequía en maíz

El estrés de sequía puede ocurrir en cualquier momento del ciclo vegetativo y más cuando el maíz raramente es cultivado bajo riego. La cantidad de agua consumida por la planta durante su ciclo está alrededor de 600 mm. Dos días de estrés hídrico en la fase de floración disminuye el rendimiento en más de un 50%.



Efecto del estrés de sequía en maíz en floración (periodo crítico)

En efecto la falta de agua, asociado con la producción de granos, es importante en tres etapas del desarrollo de la planta.

- Iniciación floral y desarrollo de la inflorescencia: Cuando se determina el número de potencial de granos

- Período de fertilización: Cuando se determina el potencial de producción. En ésta fase, la presencia de agua también es importante para evitar la deshidratación del grano de polen y garantizar el desarrollo y la penetración del tubo polínico.

- Llenado de granos: Cuando hay aumentos en la acumulación de materia seca. Está íntimamente relacionado a la fotosíntesis pues el estrés resultante producirá una menor producción de carbohidratos, lo que implica menor volumen de materia seca en granos. Habrá menor disponibilidad de CO₂ para la fotosíntesis y por lo tanto, una limitación en los procesos de elongación celular. La sequía restringe entonces la fotosíntesis tanto por limitaciones en los estomas como por limitaciones bioquímicas.

Según la FAO, cuando la sequía ocurre durante el establecimiento del cultivo, las plántulas mueren y su población se reduce. El maíz al tener entonces una escasa capacidad para producir macollos productivos tampoco puede ser compensado por el cultivo, aún cuando las lluvias sean adecuadas en el resto del ciclo. La resembría de las plantas perdidas es efectiva sólo si se hace en una etapa muy temprana, ya que la alta variabilidad de las plantas resembradas tiene un efecto negativo sobre toda la producción.

Las sequías cercanas a la época de floración tienen un efecto multiplicador sobre el rendimiento, aparentemente porque reducen la formación de reservas. El número de granos por planta puede reducirse a causa de dificultades en la polinización o porque los óvulos fertilizados detienen su crecimiento. El crecimiento de los estigmas (cabellos) es muy sensible al contenido de agua de la planta y su emergencia se demora con la sequía, entonces si éstos son

polinizados bajo el estrés hídrico después de los cuatro días de la emergencia de las espatas, probablemente no permitan el crecimiento del tubo polínico ya que entran en un período de senescencia natural.



Senescencia de las hojas por efecto de la sequía

El bajo contenido de agua también parece afectar la viabilidad de cada grano en desarrollo para actuar como un depósito efectivo, aún si el número de granos por mazorca se reduce.

La sequía o las altas temperaturas durante las primeras etapas del crecimiento del grano, aumentan la concentración de ácido abscísico en el endosperma y esto puede reducir el número de células espermáticas y de granos de almidón iniciados. Las citoquininas también son importantes para establecer el potencial de reserva de los granos y los niveles de esos componentes en los tejidos de las plantas también declinan con la sequía.

Si la sequía ocurre durante el llenado de grano, la velocidad y duración del período de llenado, decrecen a causa de una reducción en la fotosíntesis y en una aceleración de la senescencia

foliar, pero dicho estrés es menos dañino, pues resulta en un llenado parcial del grano, acompañado a menudo por vuelco, porque muchas de las reservas de carbohidratos del tallo se movilizan hacia el grano cuando la tasa fotosintética es limitada por el estrés de la humedad.

Los mecanismos fisiológicos que pueden reducir el impacto de las sequías al inicio de la temporada son los de los ajustes osmóticos de las plántulas y una más profunda penetración de las raíces (que permite la explotación de un mayor volumen de agua del suelo). Las sequías no letales durante el período vegetativo tienden a disminuir el área foliar, el desarrollo radicular y aceleran la senescencia de la hoja.

La baja fertilidad

En las zonas tropicales se presenta en forma generalizada una deficiencia de nitrógeno, excepto en las tierras nuevas, lo cual significa que las necesidades de este elemento deben ser satisfechas por medio de la adición de fertilizantes. El maíz tiene una fuerte respuesta positiva al abastecimiento de nitrógeno, como se ve en el capítulo de nutrición. Su deficiencia es el más importante, después de la del agua en la producción de maíz tropical. Aún cuando haya nitrógeno disponible en el suelo, la competencia de las malezas puede llevar a una deficiencia nitrogenada en el cultivo. Como el nitrógeno es necesario para la formación de proteínas estructurales y de proteínas enzimáticas, la falta de nitrógeno lleva inmediatamente a reducir el crecimiento de las hojas, del grano y también afecta la conversión a materia seca por la disminución en la radiación interceptada.



Deficiencia de nitrógeno en el maíz

El primer síntoma visual de la deficiencia de nitrógeno es un menor crecimiento del tallo, seguido por un amarillamiento y una eventual senescencia de las hojas inferiores. Un bajo suministro de nitrógeno en el momento de la floración, limita el establecimiento de la capacidad de reserva del grano y si su suministro es ineficiente durante su llenado y de las hojas para mantener la tasa de crecimiento.

Si el suministro total de nitrógeno cae por debajo de ciertos niveles, también serán afectados el flujo de carbohidratos, el crecimiento y las concentraciones enzimáticas. Su deficiencia está asociada con menores niveles de citoquininas y un aumento del ácido absídico en la planta.

Si una deficiencia de cualquiera de los nutrientes esenciales puede limitar el crecimiento del maíz, los dos elementos más comunes después del nitrógeno, son el fósforo y el zinc. La deficiencia de fósforo aparece por lo general en suelos ácidos y su fijación en formas poco solubles también ocurre en otros suelos tropicales.

Acidez del suelo y la alta saturación del aluminio

Cerca del 43% de los suelos del trópico son áci-

dos y en más del 80% de estos, el crecimiento de las plantas es limitado por la toxicidad de aluminio (saturación de más de 60%). A esos niveles de aluminio, se reduce el crecimiento de las raíces y se perjudica su funcionamiento, por lo que el cultivo sufre no sólo del aumento del estrés por agua sino también por los efectos tóxicos directos de los minerales.

En los suelos ácidos que no tienen altos niveles de aluminio, el principal efecto de la acidez es hacer que ciertos nutrientes, en particular el fósforo, sean fijados, por lo que no quedan disponibles para el cultivo.



Cuando la acidez ocurre en la superficie del suelo, el encalado por lo general corrige el problema. Los genotipos tolerantes a la acidez son una promesa para mejorar la producción en suelos sin encalar o para reducir la cantidad de cal necesaria. Los cultivares tolerantes a la acidez del subsuelo podrían extender las raíces a mayores profundidades, decreciendo de esta manera la incidencia del déficit de agua y permitiendo así obtener cosechas rentables en esas áreas.

El Aluminio afecta los ápices de las raíces en

plantas sensibles y aquellas que presentan resistencia, evitan las formas tóxicas mediante diferentes mecanismos que interfieren el contacto con las células del ápice radicular. Otra posibilidad es aumentar el pH en el suelo rizosférico y el Aluminio se precipitará y no podrá así penetrar en la célula. Muchas especies son capaces de aumentar el pH de esta solución nutritiva al pasar de un pH de 4,3 ó menos, hasta un pH de 5,5 en un plazo de 24 horas por la exudación de grupos OH⁻.

Se ha observado que en el suelo rizosférico hay tendencia al descenso del pH. Las raíces están bañadas de mucílagos que las lubrican, estos mucílagos tienen cargas negativas y pueden unir cationes, secuestran iones de Aluminio y así evita la entrada en la raíz. Se sabe que las plantas resistentes al Aluminio tienen más cantidad de mucílagos en las raíces que las plantas sensibles. La presencia de Aluminio alrededor de la raíz provoca la exudación también de materia orgánica por la punta de esta: citrato y malato, cosa que no sucede en ausencia de Aluminio.

Temperatura:

Entre los factores del estrés por causas climáticas se destacan los causados por temperaturas bajas (estrés por frío o por heladas) o elevadas (estrés por golpe de calor). Es por eso que por debajo o por encima de una determinada temperatura (dependiendo del vegetal), las plantas sufren daños severos que limitan su óptimo funcionamiento.

Como ya vimos, la temperatura óptima para el desarrollo del maíz en las tierras bajas y de media altitud está entre 30°C y 34°C; y para los maíces tropicales de tierras altas está alrededor de 21 °C; es así como las temperaturas fuera

de rango de la adaptación del cultivar pueden tener efectos negativos sobre la fotosíntesis, la translocación, la fertilidad de las florecillas, el éxito de la polinización y otros aspectos del metabolismo.

- Altas temperaturas:

La primera respuesta de las plantas al impacto del estrés por temperatura alta se traduce en una reducción en la duración de todas las etapas de desarrollo, además de causar reducciones en el tamaño de sus órganos y finalmente disminuir el rendimiento.

Una exposición prolongada a temperaturas extremadamente elevadas daña la célula por inactivación de enzimas y desnaturalización de proteínas, induciendo un aumento de la fluidez de las membranas celulares, es decir, la permeabilidad de los solutos a través de ellas se altera. El calor intensifica también la respiración de las plantas con relación a la fotosíntesis, lo que puede provocar una paralización del crecimiento.

La presencia de temperatura alta durante el desarrollo del maíz pueden causar una disminución significativa en la producción de grano y de la acumulación de biomasa en la planta y, en casos extremos, pueden llegar a ser nulos. La causa de estas respuestas es la diminución de la duración del aparato fotosintético de la planta, la tasa de acumulación de biomasa en el grano y la pérdida de viabilidad de polen y estigmas.

Con respecto a la polinización, el efecto directo de las altas temperaturas se observa en la pérdida de la viabilidad del polen y en caso que la producción de este descienda por debajo del 80%; la polinización puede ser una limitante del rendimiento.

Las altas temperaturas después de la floración incrementan la tasa de llenado de los granos y acortan la duración de ese período. En muchos casos, las altas temperaturas en el campo están asociadas con períodos de poca lluvia y sequía, por lo que los efectos de la temperatura se confunden con los del estrés de agua.

- Bajas temperaturas

Una exposición al frío paraliza actividades enzimáticas e induce un descenso en la fluididad de las membranas celulares, con lo que el transporte de agua y nutrientes a través de las mismas se puede ver afectado y la planta deja de producir. Si el descenso de la temperatura es intenso y repentino, la planta corre el riesgo de congelación, con la consiguiente formación de cristales de hielo dentro de la célula, que provocarán una fuerte deshidratación celular.

Así los efectos de las bajas temperaturas se manifiestan tanto sobre las funciones enzimáticas como sobre las propiedades de las membranas y se ponen en evidencia por la reducción de la fotosíntesis, del crecimiento, de la extensión de las hojas y de la absorción de agua y nutrientes. Las temperaturas entre 0° y 10°C pueden también resultar en un desarrollo radical anormal.

Inundación

El maíz es un cultivo que no tolera exceso de humedad o encarcamiento del suelo durante un período prolongado de tiempo. El efecto de este estrés se ve reflejado en la reducción del crecimiento y la productividad del cultivo. Esto se debe a una limitación en el contenido del oxígeno, a la reducción de la conductividad hidráulica de las raíces, la acumulación de productos tóxicos, originados en la respiración anaeróbica, reducción en la disponibilidad y absorción de nutrientes, especialmente de ni-

trógeno, el desbalance hormonal y cambios en las actividades bioquímicas.

Los efectos de las inundaciones sobre el crecimiento de las plantas, son similares a los efectos del etileno. La inundación causa la acumulación de ácido abscisico, de auxinas y también reduce los niveles de citoquininas y ácido gibberélico.

Salinidad

El efecto más común de la salinidad sobre las plantas es la reducción del desarrollo debido a:

- Una disminución del potencial osmótico y en consecuencia, del potencial hídrico del suelo.
- Una toxicidad específica, normalmente asociada con la absorción excesiva de Na⁺ y de Cl⁻.
- Un desequilibrio nutricional debido a la interferencia de los iones salinos con los nutrientes esenciales.
- La combinación de los efectos antes indicados (como consecuencia de estos efectos primarios, a menudo ocurren otros estreses secundarios, como el daño oxidativo).

El primer síntoma de estrés de salinidad es el marchitamiento porque el cultivo sufre una sequía fisiológica al no poder moverse el agua del suelo a las raíces contra el gradiente de potencial osmótico. La salinidad también reduce la conectividad hidráulica de las raíces y se puede originar un daño duradero debido a la acumulación en la planta de niveles tóxicos de ciertos iones. Después de la exposición inicial al NaCl, el calcio es desplazado de las membranas y las plantas son más sensibles a la sal cuando los niveles de calcio son bajos. La elongación de

las hojas es inmediatamente inhibida y el ácido absílico se acumula en las zonas de crecimiento de las hojas.

Para concluir éste capítulo, se puede decir que las prácticas culturales llevadas a cabo en los campos de cultivo para optimizar las producciones pueden causar daños en las plantas y su medio si se realizan de forma inadecuada. Por ejemplo, la utilización de pesticidas puede provocar en la planta problemas de fitotoxicidad por tratamientos fitosanitarios.

La carencia de algún elemento esencial se manifiesta entonces en diferentes sintomatologías fisiológicas y/o morfológicas según el caso. El llamado estrés carencial muchas veces no viene dado por la presencia insuficiente de un determinado elemento en el suelo, sino porque éste se halle en una forma que la planta no lo pueda absorber.

También, existen daños físicos que la planta puede sufrir debido a un inadecuado uso de las herramientas y maquinaria agrícola. La poda, los daños en las raíces por labores culturales, etc., producen heridas en la planta, su severidad no depende tanto del daño en sí, sino del riesgo de padecer una infección, ya que la herida puede actuar como vía de entrada de organismos patógenos.



BIBLIOGRAFÍA

CLAVIJO P, J.F. Fisiología del cultivo de maíz: Simposio Internacional de Actualización de Maíz. Montería, 2006. FENALCE – SENA – SAC.

LAFITTE, H.R. 2001. Fisiología del maíz tropical. En: El maíz en los trópicos. FAO. www.fao.org/docrep.

LAFITTE, H.R. 2001. Estreses abióticos que afectan el maíz. En: El maíz en los trópicos. FAO. www.fao.org/docrep.

LOPEZ F, YAMEL. Fisiología del cultivo de maíz: Simpo internacional de Actualización de Maíz. Villavicencio, 2006. FENALCE – SENA – SAC.

PALIWAL, R.L. 2001. Morfología del maíz tropical. En: El maíz en los trópicos. FAO. www.fao.org/docrep.

RITCHIE, S.W. y HANWAY, J.J. Cómo se desarrolla una planta de maíz. Reporte especial No.48. Universidad de Ciencia y Tecnología de Iowa. Servicio Cooperativo de Extensión, Ames, Iowa.

Páginas:

<http://www.fao.org>



CAPÍTULO

MANEJO DE SUELOS EN EL CULTIVO DE MAÍZ

El suelo es el soporte de la vida; sustenta el proceso de nutrición de las plantas y por tanto de la humanidad. Sin embargo; su capacidad de suplir nutrientes ha venido disminuyendo por la generalización de prácticas de manejo que deterioran fundamentalmente las propiedades físicas del suelo. Por esta razón, se ha definido como un objetivo ambiental de la agricultura, la capacitación de agricultores y técnicos en la adopción de prácticas de conservación que minimicen las pérdidas de suelo como consecuencia del incremento de la erosión.

En la antigüedad, la formación natural del suelo excedía la tasa de erosión; permitiendo la acumulación, sobre la superficie de la tierra, de fracciones minerales ricas en nutrientes que suplían el crecimiento de las plantas; sin embargo, la actividad del hombre desestabilizó esta relación. En la actualidad, en un tercio de las áreas cultivadas, la tasa de pérdida de suelo es superior a la tasa de formación, reduciéndose así la profundidad efectiva y la capacidad productiva del suelo. Se cree que la erosión ha ocasionado, incluso que civilizaciones como el imperio maya hayan desaparecido.

Tradicionalmente en Colombia, se ha equiparado las prácticas de preparación de suelos con el concepto de manejo del suelo. Lo primero está directamente relacionado con maquinaria y su efecto inmediato en generar condiciones “óptimas” para la germinación de las semillas; mientras que el manejo de suelos integra todas las prácticas agronómicas que garanticen el mejoramiento o la sostenibilidad de la capacidad productiva del suelo.

En este capítulo se dan a conocer las prácticas de manejo de suelos que pueden ser aplicadas en la producción del cultivo del maíz.

PRACTICAS DE MANEJO DE SUELOS

Reconocimiento del uso potencial del suelo:

El reconocimiento de la “aptitud” del suelo es el punto de partida a ser analizado dentro de la adopción de un proceso de producción agrícola. Aun cuando todos los suelos tienen la capacidad suplir cierta cantidad de nutrientes a las plantas, eso no quiere decir que todos los suelos sean aptos para la agricultura. Es importante tener en cuenta que, la adopción de prácticas agrícolas encaminadas al establecimiento de un monocultivo indiscutiblemente originarán un desequilibrio; y que por lo tanto minimizarlo y luego estabilizarlo se logrará solo si se adoptan prácticas agro-ecológicas apropiadas.

Por lo ello, es importante clasificar los suelos, para diferenciar cuales son los más aptos para cada tipo de producción. A continuación se hace una descripción de las diferentes clases de suelos, reconocidas internacionalmente.

Clase I: Es un suelo que puede ser arado (mecánicamente o por animales). Son suelos aptos para los cultivos anuales; adicionalmente pueden ser utilizados para la producción de cultivos permanentes, para ganadería, actividades forestales e incluso como áreas de protección. Es el suelo “ideal”, tiene muy pocas o ninguna limitación que restrinja su uso.

Clase II: Es un suelo que puede ser arado (mecánicamente o por animales). Son aptos para la producción de cultivos anuales. Los suelos de esta clase presentan algunas limitaciones que solas o combinadas reducen la posibilidad de elección de cultivos, o incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar



prácticas de manejo o de conservación de suelos. Pueden utilizarse además en actividades indicadas en la clase anterior; siempre y cuando se realicen prácticas de conservación de suelos.

Clase III: Es un suelo que puede ser arado (mecánicamente o por animales). Es apto para la producción de cultivos anuales. Pueden ser utilizados en las mismas actividades indicadas en la clase anterior. Los suelos de esta clase presentan limitaciones severas que, restringen la selección de cultivos o incrementan sustancialmente los costos de producción. Son suelos que requieren la adopción de un programa de conservación de suelos especialmente diseñado de acuerdo a lo estipulado por un técnico.

Clase IV: Es un suelo que puede ser arado (mecánicamente o por animales). Son suelos aptos para la producción de cultivos permanentes o semipermanentes. Los cultivos anuales sólo se pueden desarrollar en forma ocasional y con prácticas muy intensas de manejo y conservación de suelos, esto debido a muy severas limitaciones que presentan estos suelos para ser usados en este tipo de cultivos de corto período vegetativo. También pueden ser utilizados en ganadería, producción forestal y protección. Requieren un manejo agronómico muy cuidadoso.

Clase V: Son suelos que no pueden ser arados. Esta clase es apta para la actividad ganadera, también pueden ser utilizados como bosque natural cuando lo hay. Los suelos de esta clase presentan limitaciones y riesgo de erosión de modo tal que los cultivos anuales o permanentes no son aptos en ésta.

Clase VI: Suelos que no pueden ser arados. Son suelos aptos para la actividad forestal (plan-

taciones forestales). También se pueden establecer plantaciones de cultivos permanentes arbóreos tales como los frutales aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos (terrazas individuales, canales de desviación de aguas lluvias cuando las pendientes son elevadas, etc.). Son adecuados para siembras de pastos con pastoreos controlados. Estos suelos también permiten el manejo de bosque natural o como áreas de protección. Presentan limitaciones severas.

Clase VII: Suelos no arables. Esta clase es apta para el manejo de bosque natural, además de protección. Las limitaciones son tan severas que ni siquiera plantaciones forestales son recomendadas en los terrenos de esta clase. Cuando existe bosque natural en estos suelos se deben proteger para provocar el reingreso de la cobertura forestal mediante la regeneración natural.

Clase VIII: Suelos no arables. Los suelos de esta clase presentan limitaciones tan severas que no son aptas para ninguna actividad económica directa del uso del suelo, de modo tal que solo se pueden dedicar para la protección de los recursos naturales (suelos, bosques, agua, fauna y paisaje).

FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA VARIACIÓN DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVIDAD DEL SUELO

Adicionalmente a las propiedades intrínsecas del suelo (químicas, físicas y biológicas) existen dos factores determinantes en la capacidad productiva del suelo.

Ubicación en el paisaje (Topografía)

La ubicación en el paisaje es lo que determina

la variación espacial del suelo. Es el efecto que los ángulos de las pendientes y la longitud y la forma de los mismos tienen sobre la capacidad de suplir nutrientes del suelo. Por ejemplo, dos suelos pueden poseer concentraciones similares de nutrientes reportadas por el análisis de suelos, pero si su posición en el paisaje es diferente esto hace que el movimiento interno y externo del agua sea también diferente, así como el crecimiento de las plantas.

Adicionalmente, la topografía es un factor determinante en la erosión del suelo; en la selección de las prácticas de conservación de suelos; y en la influencia primaria sobre la aptitud agrícola del suelo. A medida que el ángulo de la pendiente y la longitud es mayor, mayor será el riesgo de erosión, puesto que si el suelo esta descubierto la velocidad del agua de escorrentía es mayor y por ende la erosión.

Lluvia

Es un factor determinante en la erosión del suelo porque, el volumen y la energía cinética de la escorrentía dependen de la intensidad, frecuencia y duración de la lluvia. Si la intensidad aumenta, así mismo lo hará la erosión. Si la frecuencia es alta, el suelo permanecerá húmedo mayor tiempo haciendo que el volumen de agua de escorrentía sea mayor y así mismo el riesgo de erosión. Si el suelo esta descubierto, cuando la lluvia lo impacta es capaz de aflojar y romper sus partículas superficiales, para después trasportarlas originando lo que se conoce como erosión hídrica.

DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS

Las prácticas deben ser aplicadas directamente en aquellos suelos que tienen vocación agrícola

o que por el uso de prácticas inadecuadas han deteriorado su potencial productivo. Entonces estas prácticas, que enmarcadas dentro de las limitaciones económicas y de acuerdo a las capacidades y necesidades, pueden restablecer y/o mantener la capacidad productiva del suelo. Es importante destacar la necesidad de un programa de investigaciones que desarrolle métodos y técnicas que permitan remediar, prevenir y reducir la degradación del suelo en una localidad en particular bajo circunstancias de clima y manejo específicas.

La degradación de los suelos incluidos en las Clases I, II, III, y IV; y la ampliación de la frontera agrícola en los suelos de las clases V y VI es quizás el mayor problema que afronta la agricultura mundial. La deforestación, el sobre pastoreo y el bajo conocimiento de las prácticas adecuadas de preparación y siembra de suelos reducen la capacidad productiva del suelo.

La degradación del suelo puede ocurrir como consecuencia de la erosión (hídrica y eólica), de la degradación química, como consecuencia de la reducción de la capacidad del suelo para suplir nutrientes, o por la degradación física, principalmente por la compactación de capas superficiales o sub-superficiales; e incluso de la degradación biológica por la pérdida de la materia orgánica, o la colonización del suelo por patógenos que causan enfermedades a los cultivos o cultivos arvenses difíciles de controlar. Las prácticas de conservación de suelos deben estar encaminadas a reducir el efecto de la erosión hídrica y eólica; lo cual se puede lograr mediante las siguientes estrategias:

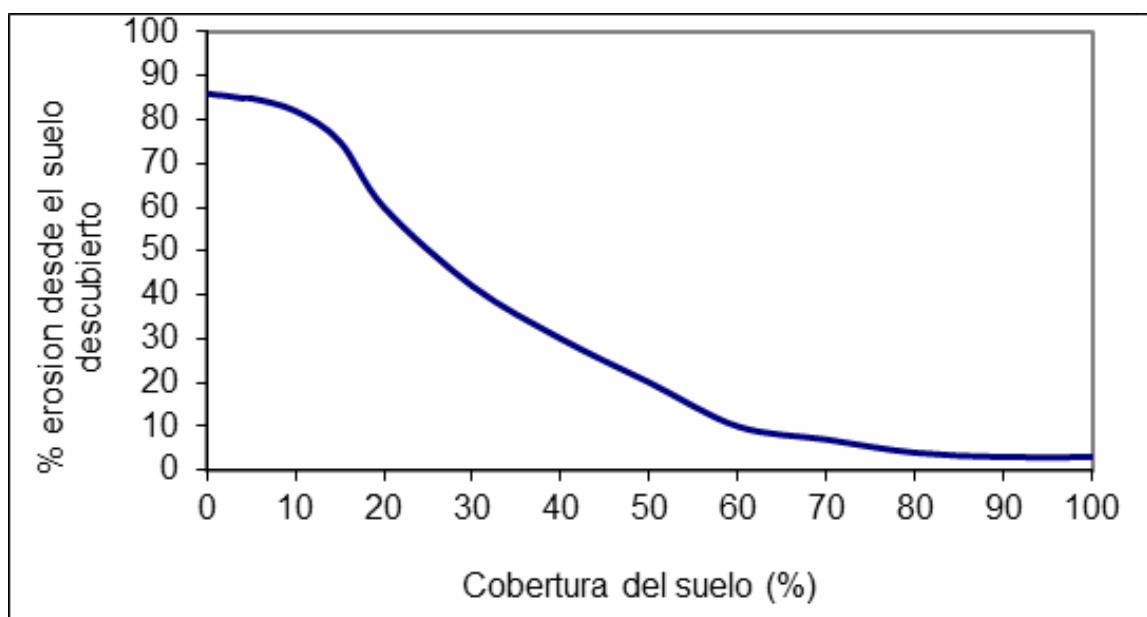
- Cubrir la superficie del suelo, incrementando la rugosidad superficial.
- Aumentar los contenidos de materia orgánica

del suelo y la estabilidad de agregados.

- Aumentar la infiltración y la retención de humedad.
- Ampliar la profundidad efectiva del suelo aumentando la profundidad de enraizamiento.
- Generar condiciones adecuadas para incrementar el suplemento nativo de nutrientes, lo cual garantiza mayor producción de biomasa y mayor cobertura del suelo.

Cubrir la superficie del suelo: Es el principio

fundamental en el manejo sostenible de suelos, es el punto de partida para minimizar la erosión ya que reduce el impacto directo de las gotas de lluvia y la velocidad del agua de escorrentía. En la siguiente figura se observa que a medida que se incrementa el porcentaje de suelo cubierto hasta niveles del 85%, los riesgos por erosión se minimizan hasta en un 95%. Es muy difícil con coberturas naturales garantizar el cubrimiento del 100% de la superficie del suelo.



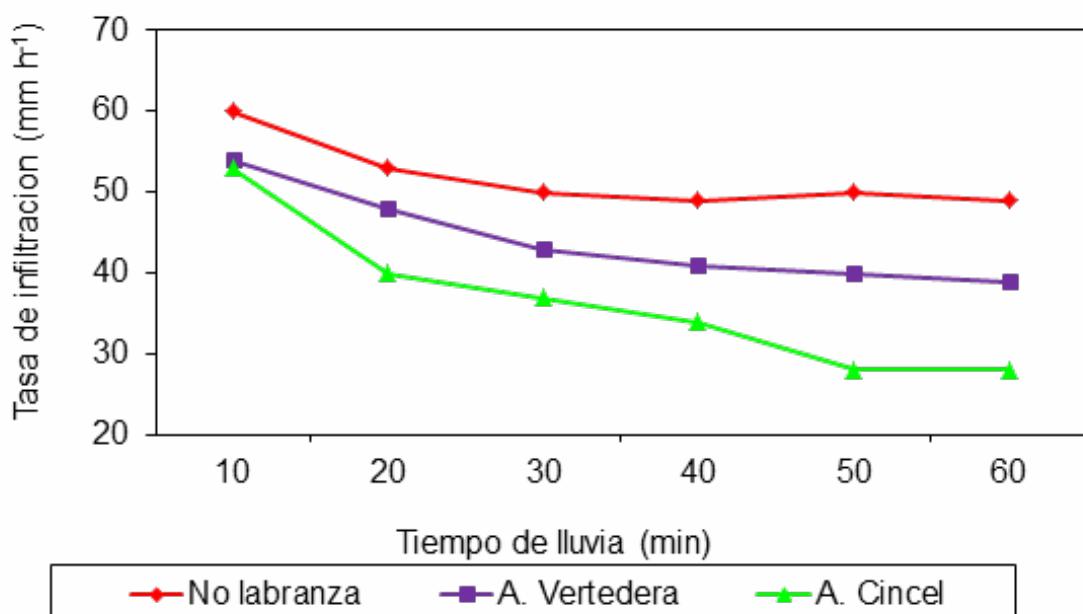
Efecto del porcentaje de cobertura del suelo en la disminución de la erosión

La presencia de cobertura, también protege el suelo de los riesgos de erosión eólica, puesto que aumenta la rugosidad del suelo ayudando a disminuir la velocidad del viento sobre su superficie.

La cobertura del suelo evita que en la superficie se formen costras aumentando la tasa de infiltración. La presencia de residuos vegetales provenientes del cultivo primario o del manejo de arveses hace que se amortigüe el impacto de las gotas de lluvia; adicionalmente, el con-

tacto entre la cobertura y la superficie del suelo disminuye la escorrentía dando más tiempo a la lluvia para infiltrar.

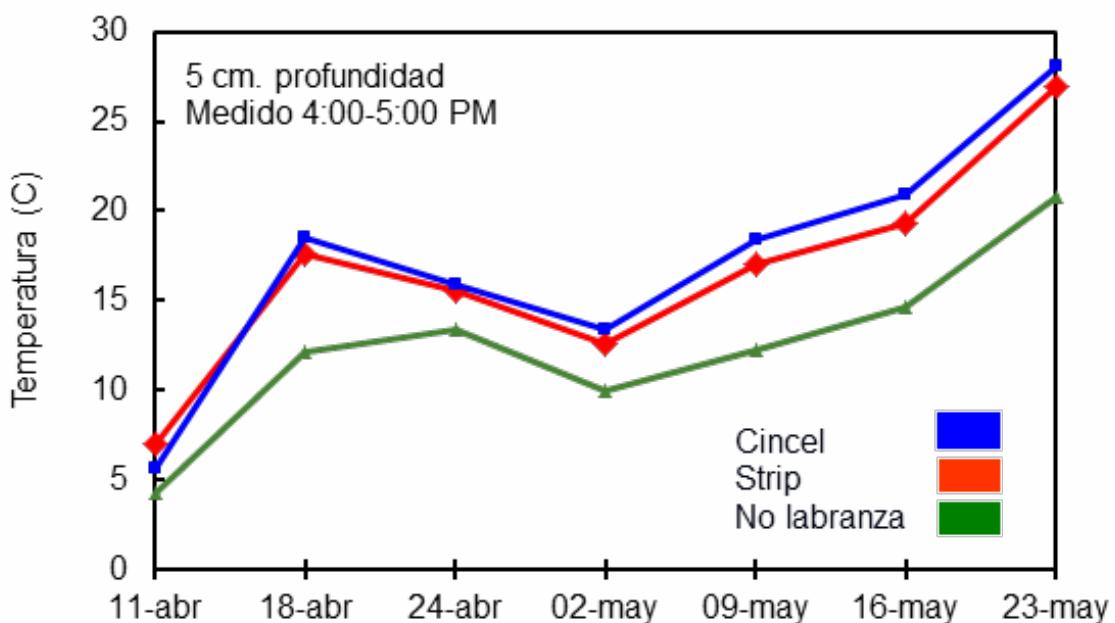
En la siguiente figura, se observa que cuando se comparan dos sistemas de labranza convencional (arado de cincel y arado de vertedera) con la cero labranza la cantidad de agua infiltrada en el suelo donde se ha establecido un sistema de conservación es significativamente superior a la cantidad infiltrada cuando se han realizado labranzas convencionales.



Efecto de la preparación de suelos sobre la cantidad de agua infiltrada (mm. h⁻¹) en un suelo oxisol brasílico (Da Silva, et al., 1985).

Cubrir el suelo con los residuos de cosecha, le confiere a este una capacidad amortiguadora sobre los cambios drásticos de temperatura; en la siguiente figura se observa que en aquellos suelos donde se ha establecido el sistema de cero labranza la temperatura superficial

del suelo fue significativamente inferior a las temperaturas del los suelos bajo sistemas de labranza convencional o labranza strip (tipo de labranza donde se escarifica el surco de siembra). (Wolkowsky, 2000).



Efecto del sistema de labranza sobre la temperatura de los 5 cm. superficiales del suelo (Wolkowsky, 2000).

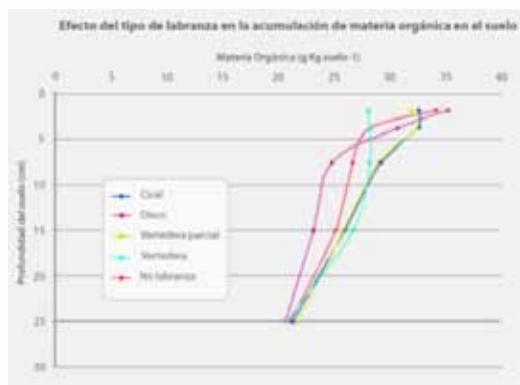
La combinación entre reducción de la temperatura superficial y el incremento en la tasa de infiltración del suelo hace que las pérdidas de agua por evaporación se reduzcan; lo cual trae beneficios directos sobre la germinación de la semilla y la actividad biológica. En el cuadro “Efecto de la adopción de sistema de mínima labranza en la germinación y peso fresco de plantas jóvenes (Nangju et al., 1975)” se observa claramente que para los cultivos de frijol caupí

y soya la adopción de un sistema de manejo de suelos con mínima labranza incrementa significativamente el porcentaje y reduce el tiempo (días) de germinación.

Estudios realizados por García, 2007; reportan que suelos que han sido manejado bajo sistemas de cero labranza durante al menos 10 años, presentan niveles de colonización de micorrizas en sorgo, soya y maíz significativamente

superiores cuando se compara con sistemas de labranza convencional realizada con arado de cincel, disco o vertedera.

Incrementar la materia orgánica del suelo: Este principio está íntimamente ligado con el concepto anterior. A mediano y largo plazo, dejar residuos de cosecha sobre la superficie del suelo incrementa el contenido de materia orgánica en los primeros centímetros de profundidad del suelo. En la siguiente figura se observa la variación en los contenidos de materia orgánica como consecuencia de los niveles de labranza convencional realizada con arados de cincel, disco y vertedera comparados con el sistema de cero labranza. El sistema de cero labranza, no incrementan los niveles de materia orgánica en los horizontes inferiores ni, especialmente, en el subsuelo. Contrariamente a lo que sucede con el arado de vertedera el cual entierra el horizonte superficial rico en Materia orgánica.



La combinación de los beneficios obtenidos por incrementos en los contenidos de materia orgánica influyen positivamente en la cantidad de biomasa producida por unidad de área y consecuentemente (dependiendo del índice de cosecha del cultivo) la cantidad de biomasa permanente producida.

Cultivo	Sistema de Labranza	Temperatura máxima del suelo (°C)	Humedad del suelo (%)	Germinación (%)	Germinación (Días)	Peso fresco de plantas
Frijol Caupí	Convencional	41	11.2	89.4 b	4 b*	1.32
	Mínima	36	14.4	97.8 a	3 a	1.6
Soya	Convencional	41	11.6	33.4 d	6 d	0.53
	Mínima	36	14.3	53.9 c	5 c	0.43

Efecto de la adopción de sistema de mínima labranza en la germinación y peso fresco de plantas jóvenes (Nangju et al., 1975).

Son muchos los beneficios del incremento de la materia orgánica del suelo, entre ellos:

- Incrementa la estabilidad de los agregados superficiales.
- Aumenta la retención de humedad.
- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo.
- Estimula la actividad de microorganismos y pequeños insectos.
- Mejorar las condiciones de enraizamiento de las plantas.

CUANDO Y COMO PREPARAR EL SUELO

Es importante recalcar que no existe ningún implemento mecánico capaz de conservar la estructura natural del suelo; en todos los casos, cualquier grado de perturbación del suelo producido por la mecanización, determinará cambios. De la susceptibilidad al efecto que un implemento ejerce sobre la estructura del suelo

dependerán sus propiedades físicas; sin embargo, la aparente “generación” de una estructura estable capaz de proveer condiciones óptimas de enraizamiento solo podrá garantizarse involucrando prácticas que permitan una mayor estabilidad de los agregados.

La decisión de preparar un área de suelo con fines agrícolas debe ser basada en criterios técnicos que identifiquen el problema que requiere intervención y que su adopción afecte poco las restantes características. En general; con la adopción de implementos mecánicos se pueden realizar las siguientes operaciones físicas sobre los agregados del suelo:

- Voltearlos: Es decir, incorporar las capas superficiales del suelo hacia capas inferiores del mismo y viceversa. Es un tipo de operación que perturba fuertemente el suelo y no existen argumentos de peso que justifiquen este tipo de prácticas. Se puede realizar mediante el arado de vertedera (Foto No 1); el cual corta una porción del suelo y le da vuelta entre 130° y 160°.



Foto # 1: Arado de vertedera

- Mezclarlos: Es una operación que homogeneiza y mezcla todos los agregados y residuos vegetales hasta una profundidad determinada. En algunos cultivos y bajo circunstancias específicas puede justificarse. Se realiza mediante la combinación de diferentes tipos de arados de disco (Foto No 2). En algunos casos, y dependiendo del ángulo de “ataque” del disco al suelo y la velocidad de operación el arado de disco puede voltear el perfil del suelo en una proporción inferior a la del arado de vertedera. Su adopción está ampliamente difundida dentro de la agricultura tropical y quizás el abuso en su implementación es el responsable en mayor proporción de la degradación de suelos.



Foto # 2: Arado de Disco

- Esto sucede cuando, por su peso, el disco penetra el perfil del suelo hasta el punto donde la resistencia del suelo iguala la fuerza vertical del disco, haciendo que el borde del disco se “apoye” sobre el suelo realizando a esa profundidad las funciones de rodillo compactador; creando capas sub-superficiales compactadas con los consecuentes deterioros en la capacidad productiva del mismo.

- Roturarlos: Este tipo de operación busca abrir grietas en agregados compactos con el fin de aflojarlos sin moverlos. Es una operación que incrementa la proporción de macro y meso poros con beneficios directos sobre infiltración de agua sobre el perfil de suelo perturbado. Se realiza mediante arados de cincel y/o subsoladores (Foto No 3).



Foto # 3: Arado de Cincel

- Al introducir el cincel al suelo este se comprime y se empuja hacia arriba dejando zonas de rotura que se forman desde la punta del cincel en un ángulo de 45°. En algunos casos a velocidades superiores a 10 Km. h-1 los arados de cincel pueden realizar una labor mínima de mezclado; aunque su efecto en la pulverización es nulo.

- Pulverizarlos: Es una operación altamente destructiva de la estructura del suelo. Es utilizada para producir un horizonte fino sin estructura que es conocido como la "cama" de la semilla y que es muy utilizada en labores hortícolas. No existe ningún motivo que justifique pulverizar capas profundas del suelo. Esta práctica es comúnmente realizada con implementos conocidos como rotocultores.

Es importante enfatizar, que la mayoría de los suelos no necesitan ser laborados con el fin de crear una estructura ideal; por el contrario hay que limitar las intervenciones mecánicas en el suelo al máximo. Sin embargo; algunas operaciones agrícolas no se pueden evitar, tales como la siembra, las operaciones de cultivo como la fertilización, el control de plagas y la cosecha, las cuales indiscutiblemente ocasionaran compactación en el suelo que podrán o no ser reversibles. Por eso es necesario capacitar a los operadores de la maquinaria, la cual en principio deben considerar los siguientes aspectos:

- Organizar los movimientos de maquinaria en el campo.
 - Determinar el contenido de humedad del suelo y evitar realizar prácticas cuando su contenido sea igual o superior a la capacidad de campo.
 - Determinar áreas de tráfico controlado; en forma ideal los equipos deberían trabajar sobre el mismo ancho de trocha. Con esta práctica se establecerán áreas limitadas del suelo extremadamente compactadas las cuales requerirán prácticas de manejo específicas, conservando el resto del área libre de la compactación originada por la presión de las llantas de la maquinaria.
- ### Parámetros técnicos de la preparación mecánica de suelos
- Velocidad:** Es un parámetro de rendimiento de la maquinaria. Sin embargo usualmente los operarios no resisten la tentación de incrementar la velocidad como la manera más fácil y barata de incrementar el rendimiento. En general; cada implemento tiene un rango de operación bajo el cual el resultado del trabajo es el ideal.

Para los arados de vertederas cilíndrica y vertical las velocidades recomendadas están entre 4 y 5 Km. h-1; para vertederas helicoidales e inclinadas puede ser hasta 10 Km. h-1; a mayor velocidad el arado pulveriza demasiado el suelo y lo tira demasiado lejos. El arado de cincel pueden trabajar mejor a velocidades comprendidas entre 8 y 12 Km. h-1.

Con el aumento de la velocidad de labranza los requerimientos de fuerza de tiro y de energía aumentan exponencialmente; consumiendo mayor combustible e incrementando los costos de operación; por eso no siempre la reducción en los tiempos de operación, como consecuencia de mayor velocidad, redundan en mayor eficiencia.

Profundidad de operación:

De acuerdo al tipo de labranza se pueden definir la profundidad de trabajo así:

Subsolado:

Es aquella labor que se realiza por debajo de la profundidad de la capa arable del suelo con la función de eliminar capas compactadas o incluso realizar canales de drenaje interno cuando es adicionado un dren topo. Es una labor que rotura el suelo a profundidades hasta los 50 cm. lo cual mejora la infiltración de agua y la profundidad a la cual las raíces exploran el perfil del suelo. Es una operación que requiere mucha energía de tiro, y en general es considerada como una labor correctiva que no se debe realizar de manera rutinaria.

En aquellos suelos con textura limosa, es una práctica que se debe analizar técnicamente puesto que la mayor velocidad de infiltración interna puede incluso transportar fracciones limosas las cuales se pueden comenzar a acu-

mular en las grietas creando zonas profundas compactadas por sedimentación.

- **Labranza primaria:** Es la labranza que se realiza sobre toda la capa arable u horizonte A, con el fin de disminuir compactaciones superficiales, crear una estructura de macro-agregados, incorporar residuos de cosecha, malezas y/o plantas arvenses. La profundidad dependerá del implemento y de la potencia de preparación, aunque en general no supera los 37 cm. de profundidad. En este tipo de labranza es necesario realizar una valoración de la profundidad del horizonte A y si se hace con implementos de tipo rotativo no debe mezclarse con el horizonte B.

- **Labranza secundaria:** Es el tipo de labor que se realiza para preparar el suelo para la siembra, incluye las labores de nivelación de tierras, formación de surcos de riego y en el caso de hortalizas "armar" la cama de siembra, la cual no debe exceder la profundidad a la cual las raíces exploran el perfil. Convencionalmente, la labranza secundaria pulveriza los macro-agregados originando que la perdida superficial de humedad se incremente. Es un tipo de labranza que en la actualidad no es realizada casi en ningún sistema de producción de cereales, pues con la adopción de equipos modernos de siembra, su implementación no se justifica.

- **Escarificación y/o cultivada:** Es un tipo de labranza superficial que se implementa para el control de arvenses, incorporación de fertilizantes o pesticidas y para eliminar costras impermeables superficiales. Su implementación pulveriza el suelo entre los surcos y su beneficio en el control de arvenses es mínimo pues no se realiza sobre aquellas que hacen la competencia directa sobre las plantas del cultivo. Adi-

cionalmente, en aquellos cultivos que posean sistemas de raíces superficiales su adopción puede originar reducciones en la productividad del cultivo principal.

Humedad del suelo: De acuerdo a la textura y la estructura, cada suelo tiene una “ventana de laboreo” de acuerdo con el contenido de humedad. En general a medida que la textura es más pesada esta ventana se estrecha. Es necesario realizar una valoración física de los contenidos de humedad en los límites plástico inferior y superior; y nunca realizar prácticas de laboreo por debajo o por encima de estos valores respectivamente.

En los suelos arenosos donde la cohesión de las partículas en el suelo seco es muy baja, las prácticas de preparación que vayan a voltear el suelo no tendrán un adecuado efecto; pero cuando están muy húmedos y se preparan su deterioro en la estructura es inferior que cuando se realizan labores en suelos muy húmedos con textura arcillosa.

Los suelos limosos es mejor prepararlos con contenidos de humedad baja sin que estén secos donde el riesgo por erosión eólica se incrementa; prepararlos con contenidos de humedad elevados incrementa sustancialmente el peligro de compactación y además los requerimientos de potencia de la maquinaria.

Los suelos arcillosos son muy difíciles de laborar con contenidos de humedad muy bajos, creando terrones muy grandes que luego son difíciles de fracturar, en general deben ser preparados teniendo en cuenta la humedad en la cual el tractor no patine ni se entierre.

Siembras de cultivos en contorno

Es una de las prácticas más sencillas, pero que al mismo tiempo en mayor proporción previene el control de la erosión. Consiste en la siembra del cultivo en función de las curvas de nivel del terreno, o perpendicular a la pendiente. Se puede adoptar labranza en contorno solamente si la pendiente de la ladera es inferior al 3%, en pendientes superiores no es recomendado bajo ninguna circunstancia la preparación mecánica. La siembra en contornos sirve para disminuir las inundaciones que comúnmente ocurrirían si el suelo es laborado como uno solo, permitiendo que exista mayor infiltración. Como factor negativo se debe tener en cuenta que se requiere de una elevada inversión inicial.

Establecimiento de barreras que minimicen la escorrentía.

La escorrentía, como ya se dijo es una de las principales causas de degradación de suelos. Como en muchos casos el suelo no es capaz de infiltrar toda el agua de lluvia, se generan movimientos superficiales de agua; así cuando mayor es su velocidad y volumen mayor es su capacidad erodadora. La adopción de cualquier tipo de barrera que reduzca la velocidad del agua de escorrentía y que al mismo tiempo canalice los excesos de agua a lugares de deposición natural, es considerada como una excelente práctica de conservación de suelos.



CAPÍTULO

NUTRICIÓN DEL CULTIVO DEL MAÍZ

El maíz al igual que todas las plantas verdes, requiere dieciséis diferentes elementos para realizar su metabolismo y garantizar su crecimiento y producción. En general, los nutrientes de mayor importancia para la producción son el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre y Magnesio; sin embargo, la deficiencia de cualquiera de los 16 elementos afectará la producción.

Es importante tener en cuenta que el pH del suelo determina fuertemente la disponibilidad de nutrientes. Diferentes investigaciones han demostrado que las máximas producciones de maíz se obtienen en el rango de pH comprendido entre 5.6 y 7.5; por debajo de 5.6 la producción es fuertemente afectada y maíces sembrados en suelos con pH iguales o inferiores a 4.0 muy difícilmente sobrevivirán.

NITROGENO

El nitrógeno en el suelo se encuentra en diferentes formas; su cantidad y disponibilidad para las plantas es afectada por la vegetación, las condiciones climáticas, la topografía y el manejo del hombre. Estas condiciones interactúan y controlan los procesos físicos, químicos y biológicos que finalmente afectan y que determinan el ciclo del elemento en el suelo. Este ciclo incluye los procesos de mineralización, nitrificación, percolación, denitrificación, inmovilización y volatilización, como se observa en la siguiente gráfica.

El proceso mediante el cual la materia orgánica es descompuesta por la acción de los microorganismos, produciendo amoniaco y amonio, es llamado mineralización. Los factores ambientales que promueven este proceso son las temperaturas altas, el pH comprendido entre 5.0 y 8.0; y los suelos bien aireados y drenados.

La tasa de mineralización por año es difícil de calcular, puesto que las condiciones que la promueven o retardan son igualmente difíciles de predecir. Estudios realizados en países templados indican que entre el 1 ó 3 por ciento del nitrógeno orgánico es mineralizado por año y que compuestos de nitrógeno orgánico formados recientemente son mineralizados entre 2 y 3 veces más rápido que compuestos nitrogenados más "viejos"; sin embargo es evidente que para las condiciones ambientales tropicales estos valores deben ser diferentes.

En general, el nitrógeno es el elemento más limitante en la producción de maíz y por lo tanto, su buen manejo determinará incrementos significativos en la productividad. Sin embargo, es común observar en lotes comerciales síntomas marcados de deficiencias. En plantas jóvenes, la deficiencia de nitrógeno se caracteriza por que la planta toma un color verde amarillamiento y su crecimiento es limitado. En plantas adultas, las deficiencias se presentan en hojas maduras las cuales comienzan a perder su color natural desde la punta hacia el limbo formando una "v" invertida, permaneciendo las márgenes de las hojas de color verde. A medida que la deficiencia se hace más severa, la totalidad de las hojas adultas mueren y la consecuencia final es reducción en la producción.

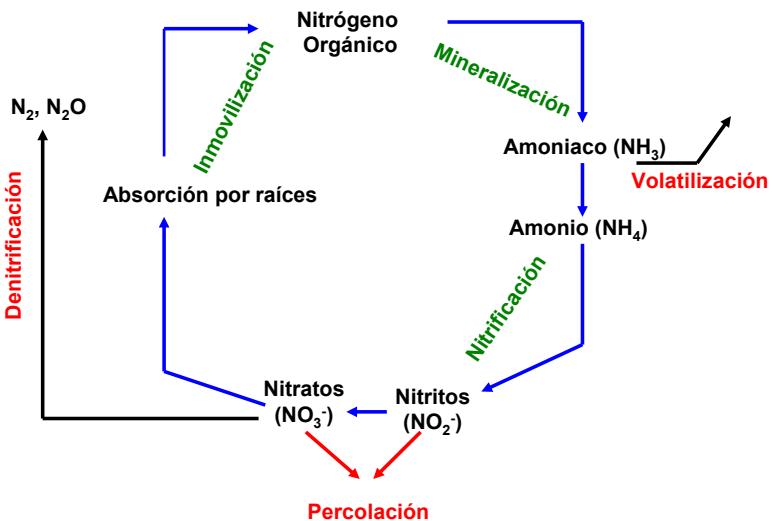


Figura 1. Ciclo del nitrógeno en el suelo



Figura 2. Síntomas de deficiencia de nitrógeno en plantas de maíz

El maíz requiere entre 20 y 25 kg.ha⁻¹ de nitrógeno (N) por cada tonelada de grano producida. La oferta del terreno (nitrógeno en el suelo + N del fertilizante) deberá satisfacer esa necesidad para mantener el sistema en equilibrio nutricional. Sin embargo, las diferencias entre las cantidades de N en el suelo y las absorbidas por el cultivo son determinadas por la eficiencia de absorción, que varían según se considere el N presente en el suelo a la siembra, el N mineralizado durante el cultivo y el N aportado como fertilizantes.

Ensayos realizados en diferentes regiones de Colombia indican que para maximizar los rendimientos del cultivo, la oferta de nitrógeno deberá ser del orden de 120 a 170 kg.ha⁻¹. Sin embargo, estos rangos de nitrógeno presentan variaciones regionales, definidas por el potencial de rendimiento. En sistemas más intensivos, bajo riego y de mayor desarrollo tecnológico los rendimientos potenciales serán mayores y por ello la oferta de nitrógeno para cubrir la demanda del cultivo será superior. Esta oferta corresponde a la suma del nitrógeno asimilable presente al momento de la siembra, más el nitrógeno aportado por los fertilizantes y varía de acuerdo con las condiciones climáticas y de suelo, que a través de las variaciones de humedad y temperatura modifican la velocidad de nitrificación.

Las posibles pérdidas del nitrógeno aplicado son contempladas en la eficiencia de uso, la cual normalmente oscila alrededor del 50%, con máximos de 70%, si se aplica durante los momentos de máxima capacidad de absorción, en dosis no excesivas, proporcionales a su uso y con fuentes de bajo potencial de volatilización, como amoníaco.

El maíz comienza su mayor consumo de nitrógeno alrededor de las seis hojas completamente expandidas (V-6), por lo que durante esta etapa fenológica, el cultivo debe de disponer de una oferta de nitrógeno adecuada para satisfacer su demanda de crecimiento. Por esta razón, es recomendable la aplicación fraccionada del nutriente, donde se garantice una gran parte de la necesidad total de nitrógeno a la siembra, repartiendo la cantidad de nitrógeno restante según las condiciones climáticas.

Una recomendación en este sentido es fraccionar la aplicación en dos o tres veces, pero aplicando, si no se hace a la siembra, la mayor proporción del N en estadios muy tempranos hasta 6 ó 10 hojas (V6 – V10), estas aplicaciones deben considerar los aspectos operativos, agronómicos y económicos.

FOSFORO

Al abordar la fertilización fosforada en maíz hay que considerar que el funcionamiento del fósforo (P) en el sistema suelo-planta es totalmente diferente al del nitrógeno. Desde el punto de vista del manejo nutricional, el principal aspecto a considerar es la baja movilidad del P en el suelo, lo hace principalmente por difusión, y la ocurrencia de la retención específica de los fosfatos en las arcillas, cuya magnitud depende de la cantidad y mineralogía de esta fracción. Por otro lado, el pH es un factor que incide considerablemente sobre la disponibilidad de fósforo. La mayor disponibilidad ocurre con pH's entre 5.5 y 6.5, mientras que a valores fuera de este rango su concentración, en la solución del suelo, se reduce significativamente. En suelos con pH bajos y con capacidad fijadora de fósforo, es recomendable realizar las aplicaciones de fertilizantes en forma de banda incorporada.

con la cual se reportan eficiencias de absorción de alrededor del 50%, comparado con la aplicación al voleo donde las eficiencias de absorción están entre el 15 y 20%.

La baja movilidad del fósforo (P) reduce en parte el efecto del clima (lluvias) sobre la dinámica del nutriente en el suelo, siendo las perdidas por lavado y escorrentía mínimas, desde el punto de vista práctico, siempre y cuando no haya erosión hídrica. Esto determina que exista residualidad de la fertilización, es decir, que parte del fósforo aplicado queda disponible para próximos cultivos de la rotación.

La determinación de la dosis de fósforo a aplicar dependerá principalmente del nivel de dis-

ponibilidad y secundariamente de otros factores, como potencial de rendimiento, método y época de aplicación y cultivos de rotación, entre otros. La necesidad de disponibilidad del fósforo durante los estados iniciales del cultivo, determinan que el momento de aplicación de los fertilizantes fosfatados deba hacerse al momento de la siembra, aplicándolo en bandas, y preferentemente por debajo y al costado de la línea de siembra.

La deficiencia de fósforo en las plantas es fácilmente identificable apareciendo en las hojas un color verde azulado acompañado de un color púrpura en los bordes de las hojas. Cuando las deficiencias son extremas, existen deformaciones en la punta de la mazorca.



Figura 3. Síntomas de deficiencia de fósforo en plantas de maíz.

Existen algunas prácticas agronómicas que pueden reducir las pérdidas por fijación de fósforo, entre ellas:

1. Realizar aplicaciones de fertilizantes en forma de banda incorporada que reducen la superficie de contacto del fertilizante con el suelo y por consiguiente las posibilidades de fijación.
2. Realizar aplicaciones de fertilizantes fosforados combinadas con fertilizantes amoniacales lo cual incrementa la tasa de absorción de fósforo, especialmente en suelos alcalinos debido a que el ácido nítrico producido en la oxidación de los iones amonio disminuye la tasa de formación de compuestos insolubles de fósforo y calcio.
3. Utilizar fuentes orgánicas como estiércoles animales que incrementan la disponibilidad de fósforo, el cual puede ser absorbido por las plantas antes de reaccionar con el suelo, adicionalmente en los estiércoles existen compuestos orgánicos capaces de formar quelatos de hierro y/o aluminio impidiendo esto que reaccionen con los iones solubles de fósforo.
4. Promover la simbiosis con micorrizas las cuales aumentan el volumen de suelo explorado y por ende la capacidad de suprir fósforo a la planta.

POTASIO

El K en la fisiología de las plantas actúa a nivel del proceso de la fotosíntesis, en la translocación de fotosintatos, síntesis de proteínas, activación de enzimas claves para varias funciones bioquímicas, entre otras. Una buena nutrición potásica aumenta la resistencia a condiciones

adversas como sequías o presencia de enfermedades.

En una fertilización balanceada, el potasio es importante en el incremento de la eficiencia del uso del nitrógeno, por el sinergismo entre estos dos nutrientes; al usar dosis altas de nitrógeno generalmente se produce mayor rendimiento de maíz cuando se utiliza potasio, mostrándose la interacción positiva.

En investigaciones realizadas, se ha demostrado que al mantener una adecuada cantidad de potasio en la planta, ésta soportará mejor el estrés ocasionado por factores tales como sequía, altas temperaturas, enfermedades, insectos, etc. Las respuestas del cultivo a la fertilización con K son a menudo más altas cuando el agua es deficiente o excesiva. Además, la fertilización balanceada con nutrientes como el Mg y el S son claves para que la planta logre la mayor eficiencia del uso del agua; con ello las plantas tienen un mejor acceso a la cantidad apropiada de nutrientes indispensable para lograr un óptimo desarrollo.

La tendencia es utilizar el potasio junto con el nitrógeno; se debe fraccionar el potasio y aplicar la mayor parte de éste cuando la planta de maíz más lo demanda (V6).

Los síntomas de deficiencia de potasio se observan primero en las hojas bajas en donde las márgenes de las hojas comienzan a cambiar su tono normal hacia verde claro, luego amarillo hasta alcanzar un color café, permaneciendo el resto de la lámina foliar verde. Plantas deficientes de potasio usualmente poseen tallos débiles que tienden a volcarse. Las mazorcas son de menor tamaño y el llenado de las mismas es incompleto.

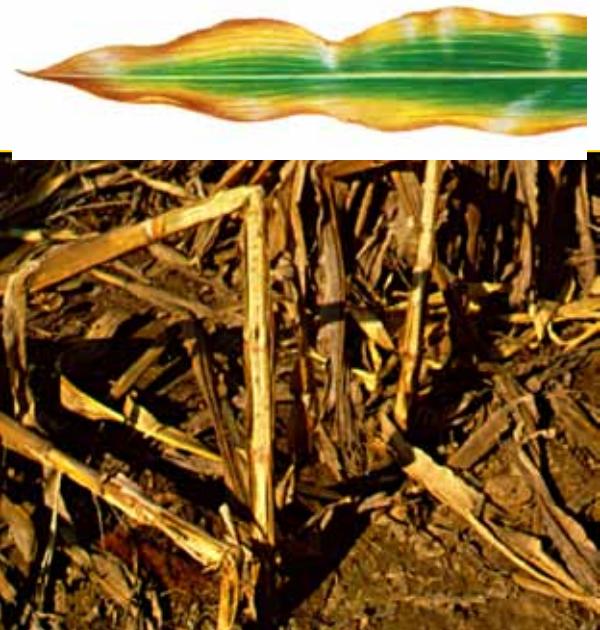


Figura 4. Síntomas de deficiencia de potasio en plantas de maíz.

CALCIO

En las plantas superiores, el calcio; es un macro nutriente que cumple cuatro diferentes funciones principales (Bangerth, 1979):

1. Efecto en las membranas.
2. Efecto en las enzimas.
3. Efecto en la pared celular.
4. Interacción con fito-hormonas.

En el suelo, el calcio usualmente se encuentra en concentraciones adecuadas para la nutrición del maíz; excepto en aquellos suelos con pH inferior a 5.5. (Barker y Pilbeam, 2007). La mayor cantidad del calcio nativo se encuentra asociado a feldespatos, piroxeno y anfíboles, micas

y arcillas; además existen otras formas de calcio como carbonato de calcio, sulfato de calcio y fosfato de calcio. La concentración de calcio correlaciona fuertemente con el pH en muestras de suelos, siendo este último quizás, el método analítico más confiable; por consiguiente, la determinación de pH ácidos o extremadamente ácidos se pueden relacionar con excesos de aluminio y deficiencias de calcio en la solución del suelo; es por esto que dentro de un programa de nutrición integral el conocimiento del pH es el punto de partida en el manejo y la dinámica de este macro nutriente.

Las deficiencias de calcio se reconocen en plantas de maíz por que la hoja mas joven aun “embuchada” en el cogollo se torna de color ama-

rilla mientras que las hojas bajas presentan color verde oscuro (Barker y Pilbeam, 2007). De otra parte; la falta de nodulación en las leguminosas, deficiencia de fósforo y síntomas de toxicidad de manganeso pueden indicar pH extremadamente ácidos pero no necesariamente deficiencias de calcio; sin embargo cualquier práctica encaminada a corregir los problemas de pH mediante la adición de enmiendas evidentemente afectará la concentración de calcio en el suelo.

MAGNESIO

El Magnesio desempeña funciones muy importantes en los vegetales. Integra la molécula de la clorofila, participa en la síntesis de proteínas e interviene en la transferencia de energía a través de diferentes procesos bioquímicos que ocurren en los vegetales como la fotosíntesis, la glucólisis, el ciclo de Krebs y la respiración, entre otros.

El requerimiento de magnesio (Mg) para un óptimo crecimiento de los cultivos es de un 0.15-0.35% del peso seco de las partes vegetativas. El Mg es absorbido por las plantas desde la solución del suelo en forma de catión y como el calcio, es suministrado a las raíces de las plantas como flujo de masas o por difusión. Las variedades y especies de plantas difieren de sus requerimientos de Mg.

En general, el maíz tiene alta respuesta a la aplicación de magnesio; altas dosis de fertilizantes con potasio (K) o amonio pueden deprimir el nivel de Mg en los tejidos vegetales. Por ejemplo, el contenido de Mg de las plantas jóvenes en maíz se reduce notablemente cuando se aplica más amonio que nitratos.

En maíz, los síntomas de deficiencia de magnesio se caracterizan por una clorosis inter-venal en las hojas maduras. Éstas posteriormente pueden tornarse de color púrpura oscuro y las márgenes de las hojas pueden morir. Cuando la deficiencia es severa, existe desprendimiento de las hojas .



Figura 5. Síntomas de deficiencia de magnesio en plantas de maíz.

AZUFRE

La dinámica del S en el suelo es muy similar a la de N: en ambos casos la materia orgánica es la principal reserva en el suelo y la disponibilidad de nitratos o sulfatos para las plantas depende la mineralización de las fracciones orgánicas. En general, las deficiencias de S se observan en situaciones de bajo contenido original de materia orgánica, y en situaciones en las que los niveles de materia orgánica disminuyeron a través de los años debido al laboreo continuo de los suelos.

En los últimos años se han presentado numerosas evidencias que demuestran aumentos de rendimiento por el uso de azufre como fertili-

zante. Estas respuestas son más frecuentes en lotes con alto potencial de rendimiento y que presentan respuestas importantes a nitrógeno y fósforo. Es posible inferir mayores posibilidades de respuesta con valores bajos, menores a 5 ppm, así como en suelos degradados, con baja materia orgánica (MO) o con textura gruesa.

La magnitud de las respuestas dependerá de la fertilidad del lote y dosis utilizada. En términos generales la misma normalmente cubre el costo del fertilizante aplicado.

La deficiencia de azufre se observa fácilmente en suelos arenosos con muy bajo contenido de materia orgánica. Los síntomas de deficiencia se caracterizan por una clorosis interenal en las hojas jóvenes. Su deficiencia se puede confundir con las deficiencias de hierro, zinc y manganeso. Las deficiencias de azufre retardan el crecimiento y la maduración.



Figura 6. Síntomas de deficiencia de azufre en plantas de maíz.

MICRONUTRIENTES

En terrenos de alta producción y con aplicaciones de altas dosis de N, P y S, otros nutrientes requeridos en menor cantidad pueden surgir como limitantes. En general los suelos presentan contenidos medios a bajos de Zn y B y algunos estudios muestran respuestas de los cultivos al aplicarlos en dosis bajas (1 a 2 kg.ha⁻¹); no obstante se requiere intensificar el estudio de estos elementos para elaborar métodos de diagnóstico y ajustar las prácticas de nutrición.

BORO

El boro en el suelo está íntimamente ligado a la materia orgánica, por lo cual su deficiencia en plantas de maíz es más probable observarla en suelos con niveles bajos de esta.

La deficiencia se reconoce al observar entre las venas de las hojas jóvenes pequeños puntos de color amarillo o blanco, estos puntos pueden coalescecer y formar grandes zonas blancas. La distancia entre nudos se ve afectada y la planta toma apariencia arbustiva. Cuando las deficiencias de boro son excesivas, las mazorcas son pequeñas, delgadas, con muy pocos granos y en algunos casos se pueden deformar.





Figura 7. Síntomas de deficiencia de boro en plantas de maíz

COBRE

Las plantas contienen 2,500 veces menos Cu que N y aún así el Cu es tan necesario para el crecimiento como lo es el N. Las plantas necesitan el Cu para completar su ciclo de vida, es decir para producir semillas viables. La fotosíntesis, la producción de hidratos de carbono a partir de luz solar, aire y agua, es uno de los procesos químicos más importantes en el mundo. Es la única forma de aportar energía al mundo viviente. Sin Cu, no habría fotosíntesis ya que este nutriente es necesario para la formación de clorofila, el material que le da su color verde a

las plantas y les permite absorber la luz solar utilizada durante la fotosíntesis.

La aplicación al suelo es la forma más común de corregir la deficiencia de Cu. La dosis de aplicación varía de 2.2 a 16 kg/ha suelos minerales y de 11 a 50 kg/ha suelos orgánicos. Debido a la baja movilidad de Cu en el suelo, la aplicación voleo con incorporación es generalmente el método más efectivo. Aplicaciones foliares son efectivas para corregir las deficiencias, pero su uso es generalmente restringido a tratamientos de emergencia.

Las deficiencias de cobre se han observado en suelos con regímenes lluviosos elevados o en suelos arenosos con baja capacidad de intercambio catiónico. Los síntomas de deficiencia se observan primero en el cogollo (explicado por su baja translocación dentro de la planta), seguido por un amarillamiento de las hojas más jóvenes, las cuales emergen enroscadas y las márgenes y la punta de la hoja pueden necrosarse y morir.



Figura 8. Síntomas de deficiencia de cobre en plantas de maíz

HIERRO

El factor que mas limita la absorción de hierro por parte de las plantas es el pH, siendo menos disponible a medida que este aumenta. Las deficiencias de hierro son más fácilmente observables en suelos con niveles de pH iguales o superiores a 7.3. Si el síntoma es muy drástico o generalizado, se pueden hacer aplicaciones edáficas de fertilizantes quelatados con los cuales se pueden obtener muy buenos resultados.

Los síntomas de deficiencia de hierro se observan como una clorosis interenal en las hojas jóvenes. A medida que la deficiencia se hace más severa, estas hojas pueden tornarse completamente blancas y la clorosis interenal se observa en hojas maduras.



Figura 9. Síntomas de deficiencia de hierro en plantas de maíz

MANGANEZO

El Mn tiene funciones en el sistema enzimático de la planta. Tiene un rol en varias reacciones metabólicas importantes incluyendo la conversión del nitrógeno en forma de nitratos, una forma que la planta puede utilizar. El Mn participa en la fotosíntesis al ayudar a la síntesis de la clorofila. Debido a esta función, los síntomas de deficiencia de Mn generalmente incluyen el amarillamiento o clorosis de la hoja.

El Mn no es traslocado dentro de la planta por lo que los síntomas de deficiencia aparecen primero en hojas jóvenes. La deficiencia ocurre con mayor frecuencia en suelos con altos niveles de materia orgánica, en suelos con pH neutro a alcalino, y en aquellos suelos que son naturalmente deficientes en contenido de Mn.



Figura 10. Síntomas de deficiencia de manganeso en plantas de maíz

ZINC

Su función principal es la de activador enzimático, catalizando innumerables reacciones en procesos metabólicos como la respiración, la síntesis de clorofila y proteínas. La deficiencia se asocia con la presencia de suelos arenosos de baja CIC y dosis elevadas de fertilizante fosforado debido a que se presenta un antagonismo a nivel de superficie radicular con este elemento. Se identifica por la aparición de bandas longitudinales blanquecinas. En casos severos, pueden aparecer plantas más pequeñas, entrenudos cortos y agrupamiento de hojas formando una roseta en la porción terminal.

El cultivo de maíz presenta requerimientos totales de Zn que casi duplican al de otros cultivos, es la especie que ha mostrado con mayor frecuencia respuestas positivas a su aplicación.

Ya sabemos que los nutrientes de los que disponga el suelo pueden limitar la producción de maíz, y por eso es necesario conocer los requerimientos del cultivo y la oferta del suelo para determinar las necesidades de fertilización. Para que un programa de nutrición vegetal sea exitoso, es importante saber cómo usar el sistema del suelo, que debe estar fundamentado en los conceptos de nutrición vegetal y fertilidad de suelos. Aclaremos primero estos dos términos básicos: nutrición y fertilización.



Figura 11. Síntomas de deficiencia de zinc en plantas de maíz

Fertilización y Nutrición

La fertilización es una práctica rutinaria, que consiste en adicionar al suelo una fuente de fertilizante comercial a una dosis específica, basada más en criterios comerciales que agro-nómicos.

Los criterios para la nutrición de las plantas son de tipo agronómico, por ello se analizan las condiciones edáficas, fisiológicas y climáticas que puedan garantizar que los nutrientes ingresen a la planta por las raíces y sean involucrados en todos los procesos metabólicos que ésta necesita para lograr un buen desarrollo.

Es fundamental saber interrelacionar de manera adecuada la nutrición y la fertilización, con el objetivo de incrementar el uso eficiente de los nutrientes, que en forma de fertilizantes, son adicionados al suelo.

- Respuesta del Maíz a la aplicación de Nutrientes en Colombia

FENALCE adelantó desde el 2006 el proyecto “Manejo integral y sostenible de suelos en las principales regiones productoras de cereales”, el cual está basado en la metodología de “Manejo de nutrientes por sitio específico,” (MNSE).

que busca reconocer e identificar variaciones en el tipo de suelo y permita mejorar eficiencia agronómica y fisiológica en la aplicación de los nutrientes, disminuyendo la contaminación ambiental, para aumentar la la producción de los cultivos y su rentabilidad; la productividad dentro de las regiones productoras de maíz, con el fin de ajustar y mejorar la eficiencia de la producción de los cultivos, mejorar la rentabilidad al incrementar los rendimientos y reducir el costo de producción.

-Determinación del aporte de nutrientes provenientes del suelo

El crecimiento vegetativo y la necesidad de suplementar nutrientes al maíz, varía apreciablemente entre lotes, entre épocas climáticas dentro del año y entre años de producción. Esto resulta en diferentes condiciones de crecimiento y manejo del cultivo (y en diferencias en el suelo y clima) que no pueden ser detectadas por el análisis de suelos. Por esta razón, el manejo de nutrientes en maíz requiere de una nueva metodología que permita hacer los ajustes en la aplicación de nutrientes para acomodarse a las necesidades específicas de cada lote en producción y en cada época del año. Esta forma de manejo se conoce como Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE).

El MNSE permite hacer un uso eficiente de los nutrientes nativos del suelo. El suplemento de nutrientes nativos del suelo es aquel que proviene de otras fuentes diferentes a los fertilizantes (materia orgánica, residuos del cultivo, agua de riego, etc.). La evaluación del aporte de los nutrientes nativos del suelo se logra mediante la técnica de las parcelas de omisión.

Esta técnica determina el suplemento de nutrientes nativos del suelo por la acumulación

que ocurre en un cultivo sin fertilizar con el nutriente que se quiere estudiar, pero fertilizado en cantidades suficientes con otros nutrientes para asegurarse que la ausencia de éstos no limite el rendimiento.

Con base en las respuestas obtenidas por nutriente es posible calcular el índice de cosecha, las eficiencias agronómica y fisiológica, la tasa de extracción para concluir con dominios de recomendación por zonas, considerando la heterogeneidad que existe en los suelos.

Índice de cosecha

El índice de cosecha expresa la cantidad de cada elemento que se encuentra en el grano con respecto al total del elemento que se encuentra en toda la biomasa que produce el cultivo sobre la tierra. Es decir, del total del elemento absorbido por la planta cuánto está en el grano y cuánto en los residuos de cosecha. Este concepto ayuda a determinar el balance de los nutrientes siempre y cuando los residuos de la cosecha sean manejados bajo criterios conservacionistas y no como en muchos casos, estos sean eliminados del agro-ecosistema. En la Tabla 1 se pueden observar los índices de cosecha para Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio y Azufre en diferentes regiones de Colombia.

Los resultados demuestran que para el caso de N los valores estuvieron comprendidos entre 70 y 80; es decir, que del total del N absorbido entre el 70 y 80% es removido por el grano; indicando que los residuos de cosecha son “pobres” en la concentración de este elemento. Adicionalmente es importante resaltar que el N está formando enlaces de carbono por lo que su disponibilidad para futuros cultivos dependerá de la velocidad a la cual es mineralizado el residuo. También, como es reconocido, en los

residuos de maíz, la relación C/N es alta (superior 20:1); lo cual hace, que sean recalcitrantes; y por ello, no es conveniente incluirlos como créditos de N para las cosechas inmediatamente.

te futuras; solamente es recomendado tenerlos en cuenta cuando se ha realizado un manejo de residuos durante al menos cuatro ciclos.

Tabla 1. Índices de cosecha para nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio en diferentes regiones del país.

Municipio	Índice de cosecha					
	Total	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Azufre	Magnesio
Buga	0,43	0,71	0,76	0,21		0,28
Bugalagrande 07A	0,47	0,73	0,74	0,18	0,43	0,34
Bugalagrande 07B	0,45	0,74	0,78	0,26	0,49	0,30
Bolívar 07A	0,45	0,71	0,76	0,25	0,48	0,36
Bolívar 07B	0,45	0,73	0,74	0,16	0,46	0,37
Obando	0,44	0,72	0,75	0,15	0,48	0,42
Roldanillo	0,41	0,73	0,71	0,21	0,47	0,42
Campoalagre 06A	0,43	0,73	0,83	0,27	0,52	0,36
Campoalagre 06B	0,43	0,79	0,72	0,30	0,56	0,32
Campoalagre 07A	0,42	0,74	0,70	0,21	0,52	0,39
Sabana 06B	0,51	0,71	0,78	0,29	0,58	0,48
Sabana 07A	0,45	0,76	0,79	0,30	0,55	0,46
Sabana 07B	0,44	0,72	0,72	0,23	0,66	0,46
Villa Nueva (Santander)	0,46	0,75	0,74	0,24	0,48	0,43
Espinal 06B	0,50	0,75	0,75	0,28	0,50	0,42
Espinal 07A	0,46	0,75	0,81	0,30	0,44	0,46
Espinal 07B	0,48	0,77	0,79	0,29	0,46	0,42
San Juan 07A	0,56	0,78	0,71	0,29	0,44	0,44
San Juan 07B	0,47	0,75	0,75	0,28	0,42	0,47
Guayabal	0,43	0,80	0,73	0,20	0,41	0,53
Ibagué	0,45	0,81	0,70	0,21	0,48	0,51
Concordia	0,58	0,82	0,76	0,29		0,51
La Palestina	0,51	0,71	0,78	0,39	0,58	0,48
Montenegro	0,58	0,83	0,71	0,30	0,48	0,59
Sopetran 07A	0,41	0,76	0,79	0,22	0,42	0,37
Sopetran 07B	0,46	0,73	0,72	0,15	0,62	0,57
Aguachica 07A	0,46	0,74	0,82	0,37	0,61	0,54
Aguachica 07B	0,43	0,72	0,73	0,28	0,49	0,42
Villa Nueva (Guajira)	0,46	0,78	0,78	0,15		0,56
Cañaverales	0,44	0,77	0,78	0,14		0,46
Granada	0,57	0,78	0,86	0,26	0,49	0,48
Cerete	0,42	0,72	0,73	0,32	0,50	0,49
Cerete	0,44	0,71	0,81	0,36	0,45	0,53
Pereira	0,53	0,77	0,78	0,24	0,45	0,52

El índice de cosecha total, para los cinco nutrientes estudiados, en todas las regiones es superior al 40 pero en ningún caso llega al 60. En promedio el índice total de cosecha fue de 47, es decir el 53 % del total de los nutrientes absorbidos son retenidos en los residuos de cosecha y reciclados dentro del agro-ecosistema.

El índice de cosecha de nitrógeno osciló entre 71 y 82 con un promedio de 75. Es decir; que de los 20.4 Kg. de nitrógeno que en promedio son extraídos por cada tonelada de maíz producida, entre 14.5 y 16.7 Kg. de nitrógeno son totalmente removidos con los granos, quedando en los residuos entre 5.9 y 3.7 Kg. de nitrógeno por tonelada de maíz producida. Si se asume que la meta de rendimiento se cumple en cada localidad; los créditos de nitrógeno no superan los 45 Kg. por hectárea. Además, como ya se explico lo recalcitrante de los residuos hace que no sea conveniente incluir estos créditos de nitrógeno en las cosechas inmediatas.

El índice de cosecha de fósforo oscilo entre 71 y 86 con un promedio de 76; es decir de los 4.6 Kg. de fósforo que en promedio son extraídos por tonelada de maíz producida entre 3.3 y 3.7 Kg. de fósforo son completamente removidos, quedando únicamente en los residuos entre 1.3 y 0.9 Kg. por cada tonelada producida. Si la meta de rendimiento se cumple los créditos son muy bajos y no superan los 11 Kg. por hectárea; además, al igual que en el nitrógeno, la proporción de fósforo orgánico en los residuos es muy alta, siendo necesario su mineralización, por tal razón solo se recomienda incluir créditos de fósforo después de cuatro ciclos de siembra.

El índice de cosecha de potasio es bajo, contrariamente al de nitrógeno y fósforo. Los valores obtenidos en las localidades estudiadas oscila-

ron entre 15 y 39; esto significa que de los 12.1 Kg. de potasio que en promedio son extraídos por tonelada de maíz producida, entre el 10.3 y 7.4 permanecen en los residuos. Además, como ya se explico, el potasio no realiza enlaces de carbono encontrándose en solución, y consecuentemente si se cumple la meta de rendimiento se podrían incluir entre 90 y 54 Kg. de potasio como créditos inmediatos a la cosechas siguientes.

Los índices de cosecha de azufre oscilaron entre 41 y 61; mientras que los de magnesio tuvieron un rango muy amplio oscilando entre 28 y 57. Para estos dos nutrientes el criterio de manejo es similar al aplicado en el caso del nitrógeno y el fósforo. En general; aunque parezca reiterativo, el manejo de conservacionista de los residuos de cosecha es la clave para poder incluir los créditos de nutrientes aportados; aun que para el caso del nitrógeno y fósforo durante los primeros ciclos no deben ser tenidos en cuenta, por que los procesos de inmovilización son mayores que los de mineralización.

Eficiencia agronómica y fisiológica

Con base en las respuestas obtenidas por cada nutriente es posible calcular la Eficiencia Agro-nómica, es decir cuántos Kg. de grano se producen por Kg. de nutriente aplicado (Tabla 2). Los resultados indican que bajo este esquema se puede trabajar fácilmente el nitrógeno que posee valores elevados de eficiencia agro-nómica. Mientras que con fósforo, potasio y magnesio donde las respuestas obtenidas han sido inferiores (comparadas con las obtenidas con nitrógeno), el camino debe estar enfocado a aplicar solamente dosis de reposición y no a incrementar la respuesta, a niveles superiores a los obtenidos mediante la metodología de las parcelas de omisión.

Tabla 2. Eficiencia agronómica (Kg de grano producida por Kg. de nutriente aplicada) para nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio aplicado a dosis de 170 Kg. N ha-1, 90 Kg. P2O5 ha-1, 100 Kg. K2O ha-1 y 44 Kg. MgO ha-1 respectivamente.

Municipio	Eficiencia agronómica			
	Kg. grano Kg. nutriente aplicado ⁻¹			
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Magnesio
Buga	6,2	4,1	4,5	14,6
Bugalagrande 07A	27,0	21,8	4,5	20,0
Bugalagrande 07B	30,5	13,3	6,7	38,6
Bolívar 07A	10,5	21,1	5,0	2,3
Bolívar 07B	22,5	31,1	4,2	4,5
Obando	36,0	27,8	9,2	52,3
Roldanillo	18,4	17,8	9,6	15,7
Campoalagre 06A	15,9	0,0	1,9	5,2
Campoalagre 06B	26,5	32,9	16,5	21,0
Campoalagre 07A	23,3	31,2	7,8	49,3
Sabana 06B	40,4	48,9	42,9	12,0
Sabana 07A	24,5	24,1	5,6	23,0
Sabana 07B	35,6	12,3	2,3	23,1
Villa Nueva (Santander)	31,5	40,1	26,5	16,1
Espinal 06B	23,5	13,4	6,0	0,5
Espinal 07A	27,2	10,5	4,0	24,1
Espinal 07B	19,3	32,9	19,4	42,4
San Juan 07A	22,2	2,7	1,1	0,0
San Juan 07B	7,7	3,5	0,0	8,3
Guayabal	13,5	3,8	1,5	6,0
Ibagué	15,9	23,2	9,7	17,8
Concordia	14,3	5,7	9,4	14,6
La Palestina	21,5	14,3	26,9	99,3
Montenegro	28,2	32,0	22,3	95,1
Sopetran 07A	11,1	19,6	13,8	38,1
Sopetran 07B	24,5	20,5	6,5	15,5
Aguachica 07A	24,0	15,3	7,4	4,3
Aguachica 07B	22,2	15,6	18,4	40,1
Villa Nueva (Guajira)	21,0	0,0	1,9	40,0
Cañaverales	23,3	10,2	2,9	44,1
Granada	19,7	13,0	4,2	26,9
Cerete	8,9	13,4	3,0	3,3
Cerete	6,5	0,0	0,0	0,0
Pereira	6,2	9,1	1,4	25,8

La eficiencia fisiológica de nutrientes, determina, cuantos Kg. de grano son producidos por Kg. de nutriente absorbido. En la tabla 3 se reportan las eficiencias fisiológicas para diferentes regiones de Colombia. Los resultados indican que para el caso del nitrógeno se producen entre 116 y 10 Kg. de grano por Kg. de N absorbido. Eficiencias fisiológicas bajas (< de 20 kg. de grano por Kg. de N absorbido) se obtuvieron en los municipios de Cereté, Granada, Aguachica, Sopetran, Espinal y Roldanillo; indicando que la combinación entre la dosis, fuente y ambiente que se presentan en estas zonas no son las más adecuadas para la producción del cultivo del maíz. Contrariamente, en Obando, Campoalegre, Villa Nueva (Santander), Montenegro, Bolívar, La Palestina y San Juan, los valores de eficiencia fisiológica de nitrógeno son altos, presumiendo que para el caso del maíz la combinación específica que se presenta en estos municipios es adecuada.

En general, los valores de las eficiencias fisiológicas de fósforo fueron superiores a las de potasio; sin embargo el rango de variación fue muy amplio. Los valores más bajos de eficiencia fisiológica de fósforo se obtuvieron en Cereté donde en promedio se producen 26 Kg. de grano por Kg. de fósforo absorbido. Los valores de eficiencia fisiológica de potasio oscilaron en menor magnitud; obteniendo las eficiencias más bajas en los municipios de Cerete y Roldanillo.



Tabla 3. Eficiencias fisiológicas de nitrógeno, fósforo y potasio en diferentes regiones del país.

Municipio	Eficiencia fisiológica (Kg grano. Kg. nutriente absorbido ⁻¹)		
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Buga	31,45	90,38	63,86
Bugalagrande 07A	29,65	123,67	17,76
Bugalagrande 07B	30,87	128,41	25,90
Bolívar 07A	45,19	166,40	55,08
Bolívar 07B	52,58	246,49	62,35
Obando	116,70	111,02	55,12
Roldanillo	12,41	61,47	12,35
Campoalagre 06A	58,00	147,62	69,27
Campoalagre 06B	47,40	121,28	69,41
Campoalagre 07A	54,19	198,75	71,92
Sabana 06B	26,15	135,89	26,92
Sabana 07A	28,84	103,45	28,69
Sabana 07B	25,07	126,38	18,17
Villa Nueva (Santander)	35,42	154,23	45,63
Espinal 06B	19,54	265,47	40,20
Espinal 07A	17,20	241,87	50,17
Espinal 07B	18,23	285,37	45,23
San Juan 07A	31,04	132,77	49,46
San Juan 07B	39,32	145,27	53,26
Guayabal	24,29	162,47	39,45
Ibagué	23,24	189,42	46,85
Concordia	32,14	227,63	44,83
La Palestina	36,55	87,37	83,91
Montenegro	84,02	205,48	108,67
Sopetrán 07A	17,47	127,40	60,52
Sopetrán 07B	9,86	142,56	61,69
Aguachica 07A	17,61	116,00	40,03
Aguachica 07B	16,13	96,42	33,74
Villa Nueva (Guajira)	25,80	38,45	71,47
Cañaverales	27,59	28,34	77,22
Granada	13,52	165,60	17,19
Cerete	14,50	31,31	28,40
Cerete	12,05	22,34	24,04
Pereira	46,54	128,35	46,89

Tasa de extracción

La producción es función del sitio específico, siendo igualmente específico la totalidad de nutriente extraído. Sin embargo; los niveles de extracción por tonelada producida varían en menor magnitud. En la Tabla 4 se pueden observar los niveles de nutrientes extraído por tonelada producida en diferentes regiones de Colombia.

El nitrógeno es el elemento que es extraído en mayor cantidad; en promedio, en Colombia se extraen 20.4 Kg. de Nitrógeno por tonelada de maíz producida. En Cereté y Sopetran se obtuvieron los mayores niveles de extracción para este nutriente con valores de 28.4 y 27.5 respectivamente; mientras que en Villa Nueva (Guajira), Cañaverales, Granada y Bugalagrande únicamente se trajeron 12.9, 14.2, 14.6 y 14.8 Kg. de Nitrógeno por tonelada de maíz producida respectivamente.

El potasio, es en cantidad; el segundo elemento extraído. En promedio, en las localidades estudiadas en Colombia se extraen 12.1 Kg. de potasio por tonelada de maíz producida. Las mayores extracciones se obtuvieron en Cañaverales, Villa Nueva (Guajira) y Obando donde se extraen 19.1, 17.4 y 17.1 Kg. de potasio por tonelada de maíz producida; las menores tasas se obtuvieron en Granada donde únicamente 1.2 Kg. de potasio son extraídos por tonelada de maíz producida.



Tabla 4. Nivel de extracción de nutrientes por tonelada de grano de maíz producida en diferentes regiones del país.

Municipio	Tasas de Extracción							
	Kg. nutriente ton.maiz producida ⁻¹					g. nutriente ton. maiz producida ⁻¹		
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Azufre	Magnesio	Zinc	Boro	Hierro
Buga	17,5	4,1	13,1		3,2	102	39	130
Bugalagrande 07A	19,3	3,4	15,3	0,9	2,5	87	42	128
Bugalagrande 07B	14,8	3,8	11,7	2,0	2,5	93	32	137
Bolívar 07A	23,5	2,9	11,8	0,9	2,9	105	28	149
Bolívar 07B	20,1	3,6	14,0	1,4	2,0	90	31	120
Obando	17,7	3,4	17,1	1,4	1,8	75	37	140
Roldanillo	19,5	6,3	16,8	1,2	4,9	83	32	135
Campoalagre 06A	18,3	3,2	12,9	1,1	2,8	103	21	128
Campoalagre 06B	21,7	5,5	10,0	0,7	2,8	97	23	112
Campoalagre 07A	17,5	4,6	14,0	0,9	2,5	110	21	123
Sabana 06B	20,9	4,4	8,5	0,9	3,0	67	28	153
Sabana 07A	24,3	4,1	10,7	1,3	2,1	71	32	160
Sabana 07B	20,7	3,5	11,3	1,9	1,8	62	31	148
Espinal 06B	20,7	6,0	8,1	0,8	3,3	63	40	142
Espinal 07A	23,2	4,0	11,8	1,2	2,5	76	37	148
Espinal 07B	21,7	4,6	10,8	1,5	3,0	62	31	142
San Juan 07A	21,2	6,8	8,5	0,8	3,4	79	28	129
San Juan 07B	23,0	5,4	10,0	1,3	3,1	83	27	132
Guayabal	21,0	5,3	12,4	1,5	3,6	87	34	145
Ibagué	20,5	4,9	11,0	1,7	3,1	92	28	132
Concordia	15,6	4,2	11,4		1,4	63	25	146
La Palestina	20,9	7,1	8,5	0,9	3,0	72	23	193
Montenegro	15,2	3,8	10,8		1,3	67	26	126
Sopetran 07A	27,5	3,7	15,4	1,0	2,8	53	32	169
Sopetran 07B	24,6	3,3	16,4	1,5	2,2	59	34	172
Aguachica 07A	18,5	6,3	9,3	0,9	3,0	62	37	145
Aguachica 07B	24,3	6,2	12,6	2,0	2,7	69	38	156
Villa Nueva (Guajira)	12,9	2,9	17,4		2,1	89	32	132
Cañaverales	14,2	2,8	19,1		2,1	102	31	145
Granada	14,6	5,0	1,2	1,9	4,7	73	28	184
Cerete	27,9	5,0	16,1	1,2	3,1	96	35	112
Cerete	28,4	4,4	11,5	1,8	3,1	100	23	109
Pereira	23,0	6,4	9,0	2,1	3,8	89	26	165

Después del nitrógeno y el potasio, el fósforo es el elemento extraído en mayor cantidad. En promedio; se extraen 4.6 Kg. de fósforo por tonelada de maíz producida. En el municipio de La Palestina (Caldas) fue donde se obtuvieron las mayores valores; extrayendo 7.1 Kg. de fósforo por tonelada de maíz producida. Los valores más bajos se obtuvieron en Cañaverales, Villa Nueva (Guajira) y Bolívar donde se extraen 2.8, 2.9 y 2.9 Kg de Potasio por tonelada de maíz producida respectivamente.

Los niveles de extracción de magnesio, en algunas regiones como Granada y Bolívar son comparables a los niveles de extracción de fósforo. Sin embargo en promedio sus niveles son inferiores. En promedio, se extraen 2.8 Kg. de magnesio por tonelada de maíz producida. En Granada y Roldanillo se extraen 4.7 y 4.9 Kg. de magnesio por tonelada de maíz producida; mientras que en Montenegro únicamente 1.3. En promedio, los niveles de extracción de azufre son de 1.3 Kg. por tonelada producida. Los valores más, altos fueron obtenidos en Pereira, donde se extraen 2.1 Kg. de azufre por tonelada de maíz producida.

En promedio se extraen 81, 31 y 142 g. de Zinc, Boro y Hierro respectivamente por tonelada de maíz producida. Los mayores niveles de extracción de hierro se obtuvieron en Sopetran, con 172 g. por tonelada de maíz producida; para el boro los mayores valores se obtuvieron en El Espinal con 40 g. por tonelada de maíz producida y en Campoalegre donde se extraen 110 g. de Zinc.

Dosis de nutrientes recomendadas para diferentes regiones del país

Considerando todos los aspectos analizados

anteriormente y los resultados encontrados, en los ensayos e nutrición, es posible establecer las dosis de macronutrientes recomendadas para cada región.

En la tabla 5 se sugieren la dosis total de nutriente a ser aplicada por localidad y por semestre. Para cada región se sugiere una dosis básica de nutriente; pero hay que considerar que como existe una combinación específica entre dosis, época y fuente de nutriente, se pueden presentar respuestas variables con las dosis recomendadas.

En las secciones anteriores, se han explicado los aspectos relevantes sobre épocas de aplicación y fuentes, sin embargo, en nutrición de plantas los resultados que se logran nunca son iguales y por ello las dosis enunciadas en este documento deben ser utilizadas como una guía. Se recomienda que cada agricultor realice las calibraciones de campo que ayuden a mejorar la productividad. No siempre se puede garantizar que la adición de nutrientes en las dosis sugeridas permita lograr el cumplimiento de la meta de rendimiento, especialmente si las prácticas de manejo agronómico no son realizadas de manera adecuada y oportuna.

Con base en los estudios realizados a nivel mundial y aquí en Colombia, se puede concluir que, en términos económicos, no existe ninguna práctica en el cultivo del maíz que tenga más impacto en la productividad como la adecuada nutrición. Pero de la misma manera si ella no se realiza en forma planificada y oportuna se puede convertir en un sobre-costo. Es por ello que todas las prácticas de manejo del cultivo deben garantizar condiciones edáficas que estimulen la proliferación de raíces y el volumen de suelo explorado por las plantas sea mayor. Para lo-

grar esto, se debe incluir el concepto de manejo y conservación de suelos que como ya se explicó, debe buscar incrementar no sólo los niveles

de materia orgánica sino también la dinámica microbiológica del suelo y reducir la erosión.

Tabla 5. Dosis recomendada por nutriente para diferentes regiones de Colombia.

Municipio	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Azufre	Magnesio
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	MgO
	Kg. ha ⁻¹				
Buga					
Semestre A	143	55	88	Rs ¹¹	Rs
Semestre B	165	65	75	Rs	Rs
Bugalagrande					
Semestre A	160	85	58	Rs	Rs
Semestre B	176	68	71	Rs	Rs
Bolívar					
Semestre A	137	61	40	Rs	Rs
Semestre B	117	90	35	Rs	Rs
Obando					
Semestre A	195	85	53	Rs	Rs
Semestre B	200	90	60	Rs	Rs
Campoalagre					
Semestre A	132	60	58	28	55
Semestre B	160	74	67	32	60
Sabana de Torres					
Semestre A	180	100	78	Rs	Rs
Semestre B	150	96	80	Rs	Rs
Espinal					
Semestre A	142	84	70	19	40
Semestre B	153	60	60	23	45
San Juan					
Semestre A	180	82	90	Rs	Rs
Semestre B	190	75	80	Rs	Rs
Sopetran					
Semestre A	130	91	50	Rs	Rs
Semestre B	140	80	53	Rs	Rs
Aguachica					
Semestre A	154	78	70	26	35
Semestre B	144	88	57	21	40
Granada					
Semestre A	135	80	70	Rs	37
Semestre B	145	93	57	Rs	39
Cereté	120	71	80	Rs	Rs
Montenegro	130	81	65	28	55
Concordia	100	56	47	Rs	Rs
La Pelestina	94	35	70	26	70
Pererira	125	70	65	Rs	55
Villa Nueva (Santander)	166	80	70	Rs	35
Villa Nueva (Guajira)	170	80	63	Rs	42
Cañaverales	170	70	80	Rs	40
Guayabal	120	45	35	Rs	Rs
Ibagué	114	46	64	Rs	Rs

Rs¹¹ = Dosis de Reposición basado en los niveles de extracción y el suplemento nativo

A continuación se resumen otros resultados del proyecto respecto al Manejo integral de fertilizantes.

Es importante conocer las épocas de aplicación de cada nutriente para determinar un plan de nutrición adecuado. Para empezar, vamos a tomar como ejemplo el comportamiento del nitrógeno, que es el elemento más importante y dinámico, pero también el que puede perderse más fácilmente.

Nitrógeno

De acuerdo con las curvas de absorción, los momentos fisiológicos de máxima demanda de nitrógeno corresponden a dos estados fisiológicos: V6 y V10-V12.

- El primero, V6, ocurre cuando la planta tiene seis hojas con la lígula visible. En éste estado, el punto de crecimiento emerge del suelo y el tallo inicia su período de máxima elongación, por lo tanto, de alta demanda de nutrientes.
- El segundo estado, V10-V12, la planta retarda la emisión de nuevas hojas y comienza un rápido y sostenido incremento en el consumo de nutrientes y acumulación de materia seca. En este estado, el “cerebro fisiológico” de la planta decide el número de óvulos por hilera y el número de hiladas por mazorca, así, que en el estado reproductivo, existe una alta demanda de nutrientes, derivada del incremento en la tasa de crecimiento.

Los ensayos de fraccionamiento de nitrógeno en la producción de maíz, realizados por FENALCE, se hicieron con una dosis total de nitrógeno (170 Kg. de N ha⁻¹) y una población de 65.000 plantas por hectárea.

Se estudiaron las etapas fisiológicas V0, V6 y V10, usando las siguientes proporciones:

V0-V6:	50-50
V0-V6:	20-80
V0-V6-V10:	20-40-40
V0-V6-10:	30-40-40

Los resultados encontrados fueron los siguientes:

- En todas las regiones, excepto en Sopetran (Antioquia), el triple fraccionamiento 20-40-40 incrementó significativamente la producción, al compararlo con el tradicional doble fraccionamiento 50-50.
- Dentro de los dobles fraccionamientos, en todos los casos (excepto Cañaverales, Guajira) el tratamiento 20-80 superó el manejo del agricultor 50-50.
- El tratamiento 30-40-30 reportó respuestas variables, sin embargo, en los municipios de San Jacinto, Granada, Bolívar y Sabana de Torres, superó a los dobles fraccionamientos.

Para la región Caribe, se puede concluir que el Nitrógeno es un nutriente de alto impacto en la producción del maíz y el fraccionamiento doble (50 – 50) o triple (20 – 40 – 40) de la dosis total, considerando las etapas fisiológicas de mayor demanda V0, V6 y V10, es una estrategia que permite maximizar el rendimiento del cultivo.

En los Valles Interandinos el doble (20 – 80) o triple (20 – 40 – 40) fraccionamiento (%) de la fertilización nitrogenada contribuyó a aumentar la producción de maíz-grano en las condiciones de los ensayos. Las mayores eficiencias en el uso del nitrógeno y la recuperación apa-



rente del N aplicado en el grano, se obtuvieron con las aplicaciones realizadas, considerando las etapas fisiológicas del cultivo en V0, V6 y V10.

Al evaluar el fraccionamiento de Nitrógeno los resultados muestran que la aplicación en proporciones 20 – 40 – 40 de urea granular es una alternativa que proporciona el nutriente durante épocas fisiológicas (V0, V6 y V10), importantes en la determinación del rendimiento del cultivo, en el Valle del Cauca.

Para la región andina se podría manifestar que el fraccionamiento de nitrógeno es una práctica que proporciona incrementos en el rendimiento del cultivo de maíz; a pesar de no presentar diferencias estadísticas entre tratamientos, con el fraccionamiento de la dosis total en proporciones 20-40-40, en las etapas fisiológicas V0, V6 y V10, se obtuvieron los mayores rendimientos promedio.

Al analizar el efecto del fraccionamiento y las dosis de nitrógeno, en Granada, Meta no se apreciaron diferencias estadísticas; sin embargo, el doble fraccionamiento 20–80 en las etapas V0 y V6 con la aplicación de Sulfamon 26 y Urea granular permiten alcanzar mayores rendimientos del cultivo.

Es evidente que la adopción del triple fraccionamiento de nitrógeno es una práctica recomendada que puede mejorar la producción, pero al mismo tiempo origina un costo extra, pues en el estado fisiológico V10, la única forma de aplicar nitrógeno es manualmente. Con el fin de minimizar este mayor costo FENALCE realizó ensayos evaluando la tecnología ENTEC que ha mostrado beneficios al reducir las pérdidas de nitrógeno y por ende aumentando

la eficiencia de absorción.

El objetivo del trabajo fue verificar si una o dos aplicaciones con urea ENTEC podrían superar o igualar los resultados obtenidos con los triples fraccionamientos realizados con urea convencional. Los tratamientos utilizados fueron:

- El 100% de la dosis de nitrógeno en forma de urea ENTEC al momento de la siembra.
- Fraccionamiento de urea ENTEC 20-80 en estados fisiológicos V0 y V6.
- Triple fraccionamiento 20-40-40 en estados fisiológicos V0, V6 y V10
- La dosis fue de 170kg de N ha-1.

Los resultados fueron:

- En ninguna de las regiones hubo diferencias significativas entre el triple fraccionamiento de la urea convencional (U 20-40-40) y el doble fraccionamiento de la urea ENTEC (ENT 20-80).
- En Bugalagrande y Espinal, la adición de toda la dosis de nitrógeno al momento de la siembra en forma de urea ENTEC redujo la producción, sin embargo esta reducción no fue significativa.

En las región Caribe es donde se logra un incremento del rendimiento utilizando una fuente de lenta liberación de nitrógeno, como es la Urea entec con el doble fraccionamiento 20 – 80. Ello se convierte en una alternativa viable con el fin de reducir costos de la tercera aplicación del nutriente en V10.

En el Valle del Cauca como fuentes nitrogena-

das en la zona pueden utilizarse además de urea granular, urea entec y sulfamon 26 en doble fraccionamiento (20 – 80) en V0 y V6 disminuyendo el costo de mano de obra de aplicación en V10.

En la región Andina, no se presentaron diferencias en rendimiento cuando la fuente utilizada fue urea entec de tal manera que la Urea granular es una buena opción cuando se usen fuentes nitrogenadas.

El fraccionamiento y la aplicación de urea entec en Granada, no marca diferencias respecto a la urea granular aplicada en proporciones 20-40-40, por lo que esta última se considera una adecuada fuente nitrogenada para la zona.

La adopción de la tecnología ENTEC en el doble fraccionamiento es una alternativa viable dentro del manejo de nitrógeno en el cultivo del maíz, aunque no mejora la productividad, si reduce los costos de aplicación originados por el triple fraccionamiento de la urea granulada.

Potasio

Si hablamos del potasio, sabemos que este nutriente presenta períodos de máxima absorción a partir del estado vegetativo V4 ó V5 y que continúa su absorción durante todo el ciclo de crecimiento.

Estudios realizados por FENALCE donde se hicieron tres tipos de pruebas, demuestran que no existe ningún beneficio en el fraccionamiento de la dosis total de potasio. Los ensayos realizados fueron:

1. El 100% de la dosis al momento de la siembra (la dosis utilizada fue de 120 unidades de K₂O por hectárea).

2. Dos dobles fraccionamientos 50-50% y 20-80%, de la dosis total a los estados fisiológicos V0 y V6.

En general, se presentaron diferencias en la magnitud de respuesta a la dosis aplicada, pero en ningún caso entre los fraccionamientos realizados, concluyendo que el 100 % de la dosis total de potasio debe ser aplicada al momento de la siembra.

Al evaluar la interacción fraccionamiento y dosis de potasio se considera que en la región Caribe, se puede fraccionar la dosis de este último. La mejor respuesta se encontró con 90 Kg de K₂O por hectárea y el doble fraccionamiento 20 – 80, en la mayoría de las localidades evaluadas.

En los valles interandinos por otra parte, para la nutrición del cultivo con potasio se considera importante tener en cuenta la interacción entre el doble fraccionamiento (20–80 o 80–20) aplicado en V0 y V6, la dosis entre 60 y 90 Kg de K₂O y la fuente, debido a que se pueden originar diferencias agronómicas en los rendimientos. La utilización de fuentes potásicas como cloruro de potasio, son una alternativa de fertilización.

Al igual que para el Nitrógeno, en el Valle del Cauca el cultivo respondió con incremento en el rendimiento al fraccionamiento de la dosis total de potasio, con doble fraccionamiento 20 -80 ó 80 - 20 (V0 – V6) y a la dosis de 90 Kg.ha⁻¹ de K₂O.

Fósforo

El fósforo presenta los períodos de máxima asimilación a partir de la etapa fisiológica V4 y V5, sin embargo, debido a su poca difusión en el

suelo, se recomienda aplicar el 100% de la dosis al momento de la siembra.

Para la fertilización fosforada durante el desarrollo del proyecto en la mayoría de las localidades de la zona Caribe se observó que la respuesta a fósforo fue aditiva; el rendimiento incrementa a medida que es mayor la dosis de aplicación, en promedio la dosis para la zona fue de 80 Kg.ha-1 de P2O5.

En los Valles Interandinos, la respuesta de los cultivos a la fertilización fosforada depende del nivel de P disponible en suelo, pero también es afectada por factores del suelo como textura, pH, contenido de materia orgánica, entre otros, del cultivo como requerimiento y nivel de rendimiento y del manejo del fertilizante Al evaluar diferentes fuentes y dosis de fósforo no se encontraron diferencias estadísticas, sin embargo, con la mayor dosis aplicada (80 Kg de P2O5) y la combinación con fosfatos amónicos se obtuvieron los mayores rendimientos.

Al evaluar diferentes dosis y fuentes de fósforo se encontró que los mayores rendimientos de maíz se obtuvieron con Microessential en dosis de 80 Kg.ha-1 de P2O5, en Buga en el Valle del Cauca.

En la zona Andina, la dosis de fósforo podría establecerse entre 50 y 80 Kg de P2O5 por hectárea dependiendo del contenido del nutriente en el suelo. Se aprecio además, que existe una respuesta cuando la fuente fosfórica utilizada tiene potasio como catión acompañante, es el caso de FosfiTek y Phosplant; con estas fuentes se presentaron los mayores rendimientos.

Como fuente fosfórica para la zona del Aria-ri podría utilizarse Solufos 44 y Phosxpres en

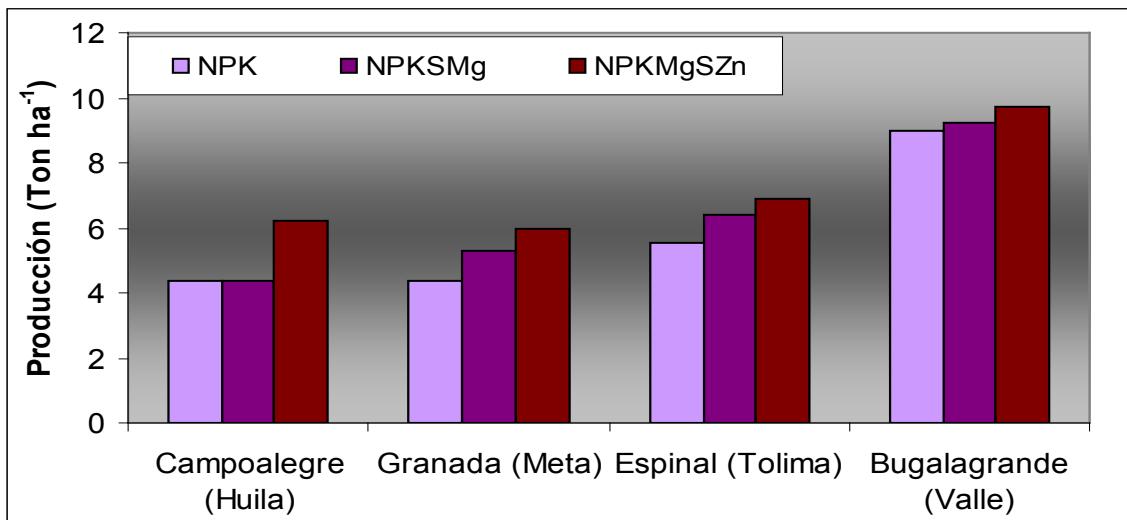
dosis que varían entre 50 y 80 Kg de P2O5 por hectárea. Para definir la dosis se recomienda tener en cuenta la disponibilidad del fósforo en el suelo.

Azufre, magnesio, zinc

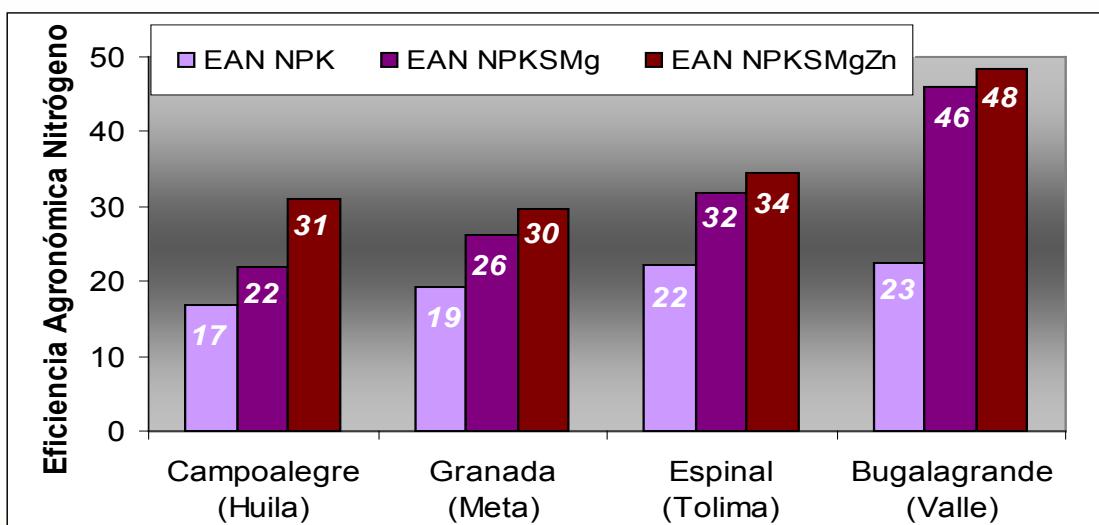
Las aplicaciones de azufre, magnesio, zinc y micronutrientes se deben realizar 100% al momento de la siembra.

Estudios realizados por FENALCE en los departamentos del Meta (Granada), Huila (Camposalegre), Tolima (Espinal) y Valle del Cauca (Bugalagrande), indican que la adición de zinc (4kg ha-1), magnesio (50kg MgOha-1) y azufre (60kg S ha-1), incrementaron significativamente el rendimiento de maíz, si se compara con un tratamiento basado únicamente en la adición de nitrógeno, fósforo y potasio. Veamos la gráfica que ilustra estas aplicaciones:





Además, a partir de la adición de azufre, magnesio y zinc, se observó un incremento significativo en la eficiencia agronómica del nitrógeno, comparado con el tratamiento tradicional de nitrógeno, fósforo y potasio, como se observa en la siguiente gráfica:



- En general, la adición de zinc incrementa las eficiencias agronómicas a niveles superiores de 30kg de grano por kg de nitrógeno aplicado.
- La adición de azufre y magnesio trajo incrementos significativos en la eficiencia agronómica del nitrógeno en todos los casos, siendo más significativo en los municipios de Espinal y Bugalagrande.

El uso de nutrientes secundarios Magnesio y Azufre y de micronutrientes como Zinc promueve un buen desarrollo del cultivo. Los resultados obtenidos en las localidades donde se aplicaron estos nutrientes, en los Valles Interandinos demuestran incrementos en rendimiento al compararlo con el testigo, confirmando que son nutrientes importantes en ambientes de buena productividad que con llevan a mejorar el rendimiento y la calidad del producto cosechado

Los resultados obtenidos confirman que la aplicación de azufre, magnesio, boro y Zn es de importancia para cultivos de maíz en la zona del Valle del Cauca, caracterizada por ser un ambiente de buena productividad; sin embargo, es necesario ajustar aspectos tecnológicos de estos nutrientes tales como la dosis, la época y la forma de aplicación.

En conclusión, en términos económicos, no existe ninguna práctica en el cultivo del maíz que tenga más impacto en la productividad como una adecuada nutrición, aun que si se realiza sin planificación puede convertirse en un sobre costo.

Por eso, todas las prácticas de manejo del cultivo deben garantizar condiciones edáficas que estimulen la proliferación de raíces y mayor

volumen de suelo explorado por las plantas. Para lograr esto, se debe incluir el concepto de manejo y conservación de suelos buscando el incremento de los niveles de materia orgánica, la dinámica microbiológica del suelo y minimizar la erosión.

Densidad de siembra y arreglo espacial

El número de plantas por hectárea es un componente de productividad en el cultivo del maíz. Existe un componente genético para determinar el número ideal de plantas por hectárea; sin embargo, los agricultores colombianos han estandarizado un sistema de siembra combinando un único espaciamiento entre surcos y realizando variaciones del espaciamiento entre plantas en el surco. Existen evidencias de que si un híbrido es sembrado a una densidad específica, realizando variaciones en los arreglos espaciales se puede incrementar su productividad. La complejidad de los sistemas de siembra en el caso de los maíces tecnificados está limitada por la poca plasticidad de la maquinaria de siembra y cosecha; sin embargo, en Colombia un alto porcentaje de maíz tecnificado es sembrado a mano y es allí donde los sistemas de arreglos espaciales cobran importancia.

En la región Caribe las distancias de 0,20 hasta 0.40 m entre surcos dobles permitieron alcanzar mayores rendimientos respecto a la siembra convencional de 0.8 m entre surcos, este rendimiento varió entre 1.300 y 2.630 kg.ha⁻¹, representando un incremento importante respecto de la distancia de siembra convencional.

Para los Valles Interandinos una alternativa importante es difundir la siembra en surcos dobles entre 0.3 y 0.4 m ya que se incrementaron los rendimientos; en las localidades donde se evalúo este arreglo espacial de siembra se en-

contraron diferencias, al compararla con el testigo de surco convencional de 0.8 m.

En la zona Andina un arreglo poblacional adecuado según los resultados obtenidos sería la siembra de 65.000 plantas por hectárea arreglados en surcos dobles espaciados a 0.30 m y 80 cm entre los pares de surcos dobles

DETERMINACION DE BRECHAS DE RENDIMIENTO

Se denominan brechas de rendimiento a las diferencias entre los niveles teóricos del mismo. La diferencia entre el rendimiento potencial y el rendimiento actual alcanzado por los agricultores representa la brecha explorable para posibles incrementos en la productividad. A medida que los rendimientos de los agricultores se aproximan al rendimiento potencial, se dificulta lograr nuevos progresos, por lo que para conseguir ganancias en rendimiento es necesario realizar un manejo integrado del suelo, cultivo, agua y nutrientes.

Hay un rendimiento económico alcanzable que está en el orden del 80 - 90% del rendimiento potencial. Por lo tanto, para mantener una brecha explorable de rendimiento a medida que el rendimiento actual se acerca al potencial, hay que lograr incrementar el rendimiento potencial por mejoramiento genético. Las medidas de protección requieren de la aplicación de insumos ecológicamente conocidos como sustituibles, como los pesticidas o las labranzas. Mientras que las medidas de incremento del rendimiento están relacionadas a la inclusión de insumos no sustitutivos, como los nutrientes.

En la nutrición mineral habría que obtener más información sobre las dosis y los momentos más oportunos de aplicación de nutrientes, para las variedades más utilizadas.

A nivel regional no existen limitaciones insuperables para la producción de maíz, se cuenta con adecuada energía lumínica y temperaturas que permiten la producción del cultivo. Los materiales genéticos actuales tienen buen potencial productivo y existe una brecha de rendimiento suficiente como para plantear un mejoramiento en la productividad. En zonas donde existe bajo contenido de elementos secundarios y microelementos pueden encontrarse respuestas en rendimiento a la aplicación de estos; además puede manejarse el uso del agua y la fertilización.

Todas aquellas prácticas de manejo que promuevan el crecimiento oportuno (fertilización, fecha y densidad de siembra, manejo del agua, etc.) y que finalmente aseguren el número de plantas por unidad de superficie, darán como resultado rendimientos más altos. El control de las malezas debe ser total, dado que su efecto depresor sobre el cultivo es muy importante.

Rendimiento Potencial (Rp) esta determinado por los factores definitorios (radiación, temperatura, genotipo), expresa el nivel de rendimiento máximo que se puede obtener con el genotipo sembrado, mientras no existan limitaciones de agua o nutrientes ni efectos de malezas plagas o enfermedades (meta de rendimiento)

Rendimiento Alcanzable (Ra) limitado por factores no controlables (agua), expresa la proporción del rendimiento potencial que se puede obtener en condiciones normales de dispo-

nibilidad hídrica de la región y con un paquete tecnológico no limitante (adecuada disponibilidad de nitrógeno, protección fitosanitaria)

Rendimiento logrado (Rl) expresa la proporción del Ra que se puede obtener cuando no se aplica una tecnología determinada (fertilización con N)

Con el conocimiento anterior se pueden definir dos clases de brechas:

Brecha ecológica (Be) en el rendimiento de una zona determinada, es la diferencia entre el rendimiento potencial para esa zona y el rendimiento limitado por factores no controlables,

como suelo o disponibilidad de agua

Brecha tecnológica (Bt) es la diferencia entre el rendimiento limitado por agua y el rendimiento logrado cuando no se aplica una tecnología determinada, por ejemplo Nitrógeno.

La cuantificación de las brechas abre la oportunidad de evaluar las diferencias y los márgenes de mejora esperables a partir de la incorporación de tecnología en diferentes regiones.

En la tabla 6, se aprecian los valores de la brecha ecológica y tecnológica para diferentes regiones de Colombia.

Tabla 6. Brecha ecológica y tecnológica en diferentes regiones del país Kg.ha-1

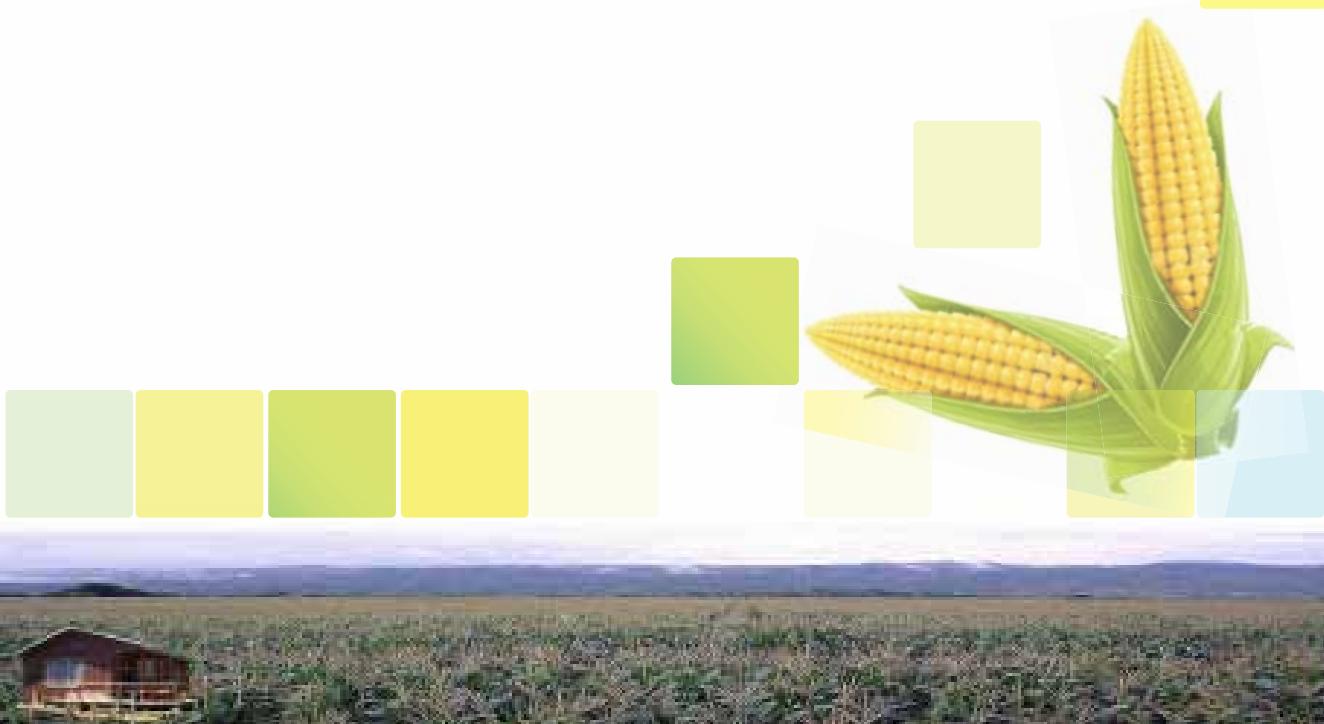
	Ecológica	Bt N	Bt P	Bt K	Bt S	Bt Mg
Valle Cauca	1427,3	4836,0	1799,9	713,1	431,1	1310,4
Caribe <u>humedo</u>	1987,0	3410,2	712,4	725,8	455,1	471,3
Caribe seco	950,8	3141,5	432,8	356,0	187,0	1270,3
Magdalena medio	1584,0	6697,3	2556,7	2033,3	1036,0	853,0
Huila	1084,3	4381,3	1873,7	1050,7	847,7	1106,0
Tolima	922,8	4752,5	660,0	365,3	484,5	238,3
Ariari	2554,0	3404,0	282,0			295,5
Zona andina	1905,0	3559,5	1806,5	1221,0	335,5	1179,5
Zona cafetera	1546,0	4247,0	1696,5	1897,5	1902,0	2412,5

De los cálculos de las brechas de rendimiento se podría inferir que la variación de los máximos rendimientos en la regiones podría atribuirse a la disponibilidad de radiación, agua y nutrientes, así como al régimen térmico de las zonas. La productividad del cultivo esta vinculada a la ocurrencia de la precipitación y a la capacidad de almacenamiento de agua de los suelos.

Con el fin de alcanzar el rendimiento potencial de las zonas es necesario conocer el ambiente edáfico y atender factores económicos para hacer rentable el uso de insumos incluido el riego; además, realizar un manejo adecuado de cultivo que incluya entre otros aspectos como época de siembra, densidad, arreglo espacial.

El manejo de la fertilidad de suelos y la nutrición de maíz con Nitrógeno, Fósforo y Potasio, puede disminuir la brecha tecnológica existente entre rendimientos promedio y potenciales y por ende, mejorar los rendimientos actuales promedios de las zonas evaluadas, disminuyendo la brecha tecnológica actual.

Como se aprecia, la brecha tecnológica de mayor importancia se relaciona con el Nitrógeno; la ausencia de este nutriente es muy limitante en la producción de maíz. Con el fin de disminuir la brecha de producción se pueden plantear algunas estrategias como la reducción de costos de producción, hacer un uso eficiente de suelo y agua, incrementar la eficiencia en la cosecha, en el manejo poscosecha y seleccionar genotipos adecuados para la zona, entre otras.



BIBLIOGRAFIA

- Bangerth, F. 1979. Calcium related physiological disorders of plants. Annu. Rev Phytopath. 17: 97-122.
- Bienfait, H.F. y F. Van der Mark. 1983. Phytoferritin and its role in iron metabolism. En: D. A. Robb, W. S. Pierpoint. Metals and micronutrients. Uptake and utilization by plants. Londres: Academic press. pp 111 – 123.
- Barber, S.A. 1995. Soil Nutrients Bioavailability. Segunda edición. Impreso por: John Wiley & Sons; New York. 410 p.
- Barker, A. V. y D. J. Pilbeam. 2007. Handbook of plant nutrition. Primera edición. Impreso por: Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida. Estados Unidos. 613 p.
- Baron, A.C., T. H. Tobin, R. M. Wallsgrove, A.K. Tobin. 1994. A metabolic control analysis of the glutamine synthetase/glutamate synthase cycle in isolated barley (*Hordeum vulgare L.*) chloroplast. Plant Physiol. 105: 415-424.
- Beevers, L. H. y R. H. Hagema. 1969. Nitrate reduction in higher plants. Annu. Rev Plant Physiolo. 20: 495 – 522, 1969.
- Bonilla, I., P. Mateo y A. Garate. 1988. Acción del boro sobre le metabolismo nitrogenado en *Lycopersicon esculentum* cv. Dombo. , cultivado en hidroponia. Agrochimica 32: 276 – 283.
- Brunold, C.; P. Von Ballmoos,; H. Hesse,; D. Fell, y Y Kopriva, 2003 Interacctions between sulfur, nitrogen and carbon metabolism. The plant sulfate transporter family. En: Specialized Functions and Integration with Whole Plant Nutrition. pp 45 – 46.
- Chaignon, V., F. Bedin,; y P. Hinsinger. 2002. Fe-deficiency increases Cu acquisition by wheat cropped in a Cu-contaminated vineyard soil. New Phytol. 154: 121 – 130.
- Chatterjee C, P. Sinha, y S.C. Agarwala. 1990. Boron nutrition of cowpeas. Proc. Indian Acad. Plant Sci. 100: 311 – 318.
- Delas, J. 1963. The toxicity of copper accumulated in soils. Agrochemica; 7: 258 – 288.
- Dave, I.C. y S. Kankan. 1981. Influence of Boron deficiency on micronutrients absorption by *Phaseolus vulgaris* and protein contents in cotyledons. Acta Physiol. Plant. 3: 27-32.
- Dugger, W. M. 1983 Boron in plant metabolism. En: Lauchli, A., Bielecki R. I. Encyclopedia of

Plant Physiology. Impreso por Springer new series. New York. pp 626 – 650.

Evans, H. J. y A. Nason. 1953. Pyridine nucleotide nitrate reduction from extracts of higher plants. *Plant physiol.* 28: 233 – 254, 1953.

Fageria, N. K., V.C. Baligar, R.B. Clark. Micronutrients in crop production. En: D.L Sparks. Advances in Agronomy. San Diego: Academic Press, 2002. pp 185 – 268.

Graham, R.D. 1983. Effect of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. *Adv. Bot. Res.* 10: 221 – 276.

Hoeft, R. G.; E. D. Nafziger; R.R. Johnson, y S.R. Aldrich. 2000. Modern Corn and Soybean production. Primera Edición. Impreso por R. R. Donnelley and Sons, Cahnpaing Illinois, Estados Unidos. 353 p.

Ichikawa, Y.; H. Hayami; T. Sugiyama,; M. Amann y W. Schoepp. 2001 Forecast of sulfur deposition in Japan for various energy supply and emission control scenarios. *Water Air Soil Pollut.* 130: 301-306.

Kabata-Pendias, A y H. Pendias. 1992. Trace Elements in Soils and Plants, Segunda Edición. Impreso por: CRC Press, Boca ratón, Florida.

Kirkby, E. A., y K. Mengel. 1976. The role of magnesium in plant nutrition. *Z. pflanzenern Bodenk.* 2: 209 – 222.

Kruegger, R. W., C.J. Lovatt, y S.L. Albert. 1993. Metabolic requeriment of *Cucurbita pepo* for Boron. *Plant Physiolo.* 83: 254 – 258.

Lee, S. G. y S. Arnoff. 1967. Boron in plants: a Biochemical role. *Science* 158: 798 – 799.

Lenoble, M. E., D.G. Blevins,y R.J. Miles. 1987. Prevention of aluminum toxicity with supplemental boron II. Stimulation of roort growth in acidic, high-aluminum subsoil. *Plant cell Environ.* 19: 1143 – 1148.

MacBride, M.B. 1981. Forms and distribution of Copper in solid and solution phases of soil. En: Lorenagan, J. F.; Robson, A. D.; and Graham, R. D. Copper in Soils and Plants. Impreso por: Academic Press; New York. pp 25 – 45.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Segunda edición. Impreso por Academic press New York.

Mortvedt, J.J. 2000. Bioavailability of micronutrients. En: M. E. Sumner. Handbook of soil science. Impreso por CRC Press, Boca Ratón, pp 71 – 88.

Neales, F. T. 1956. Components of the total magnesium content within the leaves of white clover and perennial rye grass. *Nature* 177: 388-389.

Prasad, R. y J.F Power. 2000. Soil fertility management for sustainable agriculture. Impreso por Lewis Publishers. Boca Raton, Florida. 356 p.

Shelp, B. J. 1990. The influence of nutrition on nitrogen partitioning in broccoli plants. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 21: 49 – 60.

Sinha, P., R. Jain, y C. Chatterjee. 2000. Interactive effect of boron and zinc on growth and metabolism of mustard. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 31: 41 – 49.

Stulen, I. y L.J. De Kok,. 1993. Whole plant regulation of sulfur metabolism. En: Sulfur Nutrition and Sulfur Assimilation in Higher Plants: Regulatory, Agricultural and Environmental Aspects. pp 77 – 91.

Tisdale, S.L., W.L. Nelson y J.D. Beaton. 1985. Soil Fertility and Fertilizers. Cuarta edición. Impresos por MacMillan, New York. 754 p.

Vallee, B. L. y D.S. Auld. 1990. Zinc coordination, function and structure of zinc enzymes and other proteins. *Biochemistry*: 29: 5647 – 5659.

Webb, M.J., W.A. Norvell, R.M. Welch, R.D. Graham. 1993. Using a chelate-buffered nutrient solution to establish the critical solution activity of Mn²⁺ required by barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant soil* 153: 195 – 205.

Ya Shkolnik, M. 1984. Trace elements in plants. Primera Edición. Impreso por ELSIVER, Amsterdam. 463 p.

CAPÍTULO MANEJO AGRONOMICO

Para tener un cultivo de maíz altamente productivo es indispensable realizar un adecuado manejo agronómico, lo cual implica, conocer todos los requerimientos de la planta, las características y necesidades de la siembra, así como las buenas prácticas para prevenir, controlar y manejar plagas, malezas y enfermedades.

En este capítulo de Manejo Agronómico, se verán cuáles son las principales consideraciones que se deben de tener en cuenta para realizar una buena operación de siembra de maíz, así como los temas relacionados con las plagas, malezas y enfermedades de las que veremos sus fundamentos técnicos, su caracterización y los controles integrados que deben hacerse para manejarlas y evitarlas.

SIEMBRA DE MAÍZ

La siembra es una de las operaciones más importantes en el establecimiento de un cultivo, especialmente en el caso del maíz, que exige la máxima atención para lograr establecer una población ideal de plantas que permita, con las otras prácticas de cultivo, obtener la mayor producción. El maíz es una planta altamente competitiva y por lo tanto requiere que la distribución espacial y su uniformidad sean las más adecuadas. Además de la distribución espacial y la uniformidad, para realizar una buena siembra se requiere seleccionar el material genético de buena adaptación y rendimiento comprobado, en la zona de producción, hacer la siembra en la época oportuna y realizar la operación, mecánica o manual, de tal forma que garantice el establecimiento del cultivo lo más uniforme posible. El éxito de una buena siembra se logra cuando en los surcos germinen de una manera uniforme y bien distribuida las semillas sembradas. Hay un adagio popular

que se aplica muy bien a la importancia de la siembra y es lo que todo lo que empieza bien, termina bien.

Veamos en forma detallada las condiciones que se deben cumplir para realizar una buena siembra.

SELECCIÓN DEL MATERIAL

La selección del genotipo a sembrar es un factor muy importante para lograr una alta productividad en maíz. Para ello es necesario tener en cuenta varias consideraciones, entre ellas conocer bien la información técnica disponible de las características del material, con respecto a su productividad, zonas de adaptación, exigencias de manejo, requerimientos de agua y fertilización, así como de la tolerancia a plagas y enfermedades. Se deben también tener en cuenta las experiencias que se hayan tenido con el material en la zona. Además, que el material cumpla con las exigencias del mercado.

En el comercio se encuentra una buena gama de genotipos, variedades e híbridos, aprobados por el ICA, para las diferentes regiones del país, que aun cuando no es muy amplia, es suficiente para seleccionar la más apropiada en cada una de las zonas productoras. Se dispone de los híbridos transgénicos que tienen incorporado el *Bacillus thuringiensis* para el control de lepidópteros y resistencia a la aplicación de los herbicidas glifosato y glufosinato.

El empaque de la semilla debe traer un marbete donde se encuentran algunas de las características de la semilla como son: el porcentaje de germinación, fecha del análisis, tipo de grano (redondo o plano, grande o pequeño), número de semillas por kg y el tipo de tratamiento que tenga.



ÉPOCA DE SIEMBRA

La fecha de siembra es una práctica de gran impacto sobre el rendimiento. La siembra del maíz en el momento adecuado y la obtención de una población deseada son dos elementos que no tiene un costo financiero adicional, pero son definitivas para lograr una óptima productividad y por ello se les debe dar la mayor importancia

En nuestro caso, donde un altísimo porcentaje de las siembras son de secano, la época de siembra está determinada por la estación de lluvias. La siembra realizada dentro de estas fechas permite aprovechar los factores climáticos favorables, agua, luz y temperatura, durante el desarrollo del cultivo y contar con un período seco para la cosecha, situación que se da para casi todo el país con excepción de algunas zonas de la costa atlántica o el llano y caquetá. En estas zonas se presenta un régimen de precipitación de carácter unimodal, y normalmente la cosecha de las siembras que se hacen durante el primer semestre coincide con un período de lluvias, que no permite recolectar el producto seco y los agricultores se ven en la necesidad de recurrir al uso secamiento artificial.

Las mejores fechas de siembra varían para cada región, pero en términos generales en la zona andina y los valles interandinos, las fechas recomendadas van desde mediados de febrero hasta abril, y de mediados de agosto hasta octubre. Para la costa atlántica y la altillanura las fechas van desde mediados de abril hasta principio de junio y de julio a septiembre. En el piedemonte llanero las siembras del primer semestre pueden hacerse en los tres primeros meses del año.

Para cada caso en particular, dentro de cada región, es necesario conocer bien el régimen de lluvias para que el cultivo se desarrolle den-

tro de unas condiciones favorables y se evite la falta de humedad en las épocas críticas del cultivo como son la siembra y la floración. Así mismo, siempre se debe optar por sembrar en la fecha más temprano posible. Hay estudios en diferentes partes del país que indican que un retraso de 15 días en la siembra puede ocasionar una reducción del rendimiento hasta en un 20%.

LA UNIFORMIDAD EN LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA

En condiciones normales de preparación de suelos y humedad, la semilla de maíz debe colocarse a la profundidad promedio de 5cm., y de una manera uniforme para lograr que las plantas emerjan del suelo al mismo tiempo y evitar que se presenten los problemas de dominancia que afectan el desarrollo y producción de las plantas que se retrasan en su emergencia. Cuando no hay uniformidad en la emergencia, las plantas de maíz que arrancan desde plántula con mayor desarrollo son siempre más grandes y dominantes pero la producción de ellas no compensan el menor rendimiento de las plantas que se quedan más pequeñas, por el efecto de la competencia, y de esta manera, se afecta el desarrollo y la producción de todo el cultivo.

La profundidad a que se depositan las semillas para lograr uniformidad en la emergencia puede variar de acuerdo a las circunstancias que se presenten en el momento de la siembra. Si la semilla es localizada a excesiva profundidad, en suelos húmedos, puede que no cuente con suficiente oxígeno para germinar, o que al hacerlo el coleoptilo de la semilla tenga que recorrer un mayor espacio para alcanzar la luz, lo que generará un aumento en el tiempo de emergencia y que las reservas de la semilla se agoten antes

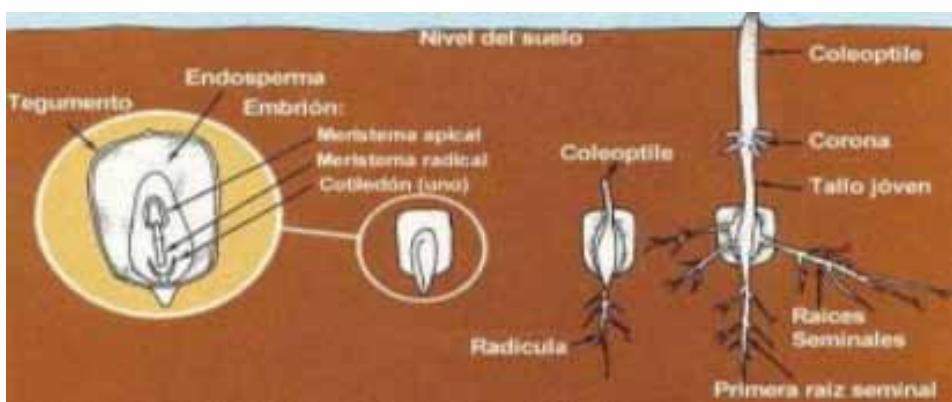
de emerger la plántula.

Si en cambio se coloca de manera muy superficial, 2 a 4 cm. existe el riesgo de que la humedad del suelo no sea suficiente y la plántula se seque o tenga un pobre arranque; también que con precipitaciones fuertes pueda ser desenterrada por el golpe de las gotas de lluvia y ser arrastradas por la escorrentía, o que sea fácil presa de pájaros y roedores.

En suelos secos o arenosos y donde la humedad no es muy buena, la semilla se debe colocar a una profundidad mayor, unos 10 cmt., para garantizar una buena a humedad en el proceso de germinación.

Está demostrado que los cultivos que germinan uniformemente rinden más que los cultivos desuniformes. Por eso es muy importante colocar la semilla a una profundidad adecuada y uniforme dentro del surco. Para ello, en la siembra mecanizada se debe calibrar en forma apropiada la sembradora y en la siembra manual usar chuzos y herramientas con un tope o marca para tratar de lograr una profundidad uniforme.

En las siguientes fotos se muestran la forma como germina la semilla y los resultados de una siembra desuniforme.



Etapas de la germinación de una semilla de maíz, hasta la emergencia de la plántula. Fuente: INTA Manfredi, 2006.



Diferencias de tamaño de plantas debido a profundidad de siembra desuniforme. Plantas dominadas y dominantes, caída del rendimiento. Fuente: INTA Manfredi, 2006.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL: DENSIDAD DE SIEMBRA Y DISTANCIA ENTRE SURCOS Y ENTRE PLANTAS

La densidad se refiere al número de semillas sembradas o plantas establecidas por unidad de superficie y su distribución al arreglo en el terreno, en surcos distanciados en forma regular entre sí, así como las semillas dentro del surco.

El cultivo del maíz es muy exigente en el manejo de la población, dado que su desarrollo vegetativo y reproductivo son afectados severamente por la competencia intraespecífica entre plantas; cuando no se maneja la población recomendada para genotipo, se reduce el rendimiento. La población de plantas de maíz y su distribución por hectárea son factores muy importantes para permitir un máximo desarrollo de las plantas, con una menor competencia entre ellas de tal manera que cada una pueda expresar todo su potencial de producción.

La densidad de siembra depende fundamentalmente del genotipo, y de las condiciones ambientales del sitio de producción. Si se siembra

más población de la recomendada, para el material y para la zona, se puede presentar competencia entre las plantas, los tallos son más delgados y se pueden volcar por debilitamiento o por la acción de los vientos fuertes, se reduce el número de granos por mazorca y el número de mazorcas por planta, lo que finalmente afecta el rendimiento de todo el cultivo.

Los genotipos de porte bajo y hojas mas perpendiculares permiten una mayor población, así mismo, en zonas con suelos fértiles y con una adecuada precipitación o que dispongan de riego se pueden usar altas densidades de siembra, para aprovechar el gran potencial del material; en contraste en zonas de suelos más pobres y condiciones de humedad limitada, se hace necesario reducir la densidad de siembra para lograr una buena producción.

Para hablar de una densidad uniforme de plantas que responda a las características de cada híbrido es importante que exista un espaciamiento adecuado entre surcos y especialmente entre plantas dentro del mismo surco.



Una de las causas para que no exista uniformidad durante el crecimiento de las plantas se debe a que la semilla, generalmente nunca viene con el 100% de germinación, las normas de certificación exigen que tenga como mínimo 90%. También, puede pasar que la sembradora este mal calibrada o que vaya a mucha velocidad, por eso no se recomienda sobrepasar de los 6 a 7 kilómetros por hora.

El número de plantas de maíz por hectárea utilizado en Colombia es muy variable y depende de la región, la altura y arquitectura de la planta. Los agricultores tradicionales que siembran variedades criollas de más de tres metros de altura utilizan densidades de siembra entre 20.000 y 30.000 plantas por ha, con una distribución de tres a cuatro plantas por metro lineal, o por sitio y a una distancia de 1,0 a 1,2 metros entre surcos.

Actualmente los cultivares (obtenidos en el país o importados) son de porte bajo, con una altura menor de 2,5 metros, y tienen una disposición foliar que facilita captar una mayor energía solar, lo cual ha permitido usar una densidad de siembra hasta de 80.000 plantas por hectárea, con una distribución espacial de 6 a 7 plantas por metro lineal y de 0,70 a 0,80 metros entre surcos

La cantidad de semilla requerida para sembrar una hectárea depende de la densidad de siembra recomendada, el porcentaje de germinación y el tamaño de la semilla. Normalmente varía de 18 a 25 kg. En el caso de los híbridos ellos ya se están vendiendo en empaques de 60.000 semillas para una hectárea. Para contrarrestar los problemas que se presentan en la siembra y germinación, por efectos del clima y las plagas, es conveniente usar entre un 10% y 20% más de

la cantidad de semilla recomendada.

SISTEMA DE SIEMBRA

Bajo cualquier método de preparación de suelo, labranza convencional o mínima labranza, el maíz se puede sembrar en forma manual o mecanizada. En cualquier sistema se deben tener en consideración los principios básicos para realizar una siembra eficiente como son: la densidad de siembra, con base en el genotipo y las condiciones ambientales del sitio, la distancia entre surcos, la distancia entre plantas y la profundidad de siembra.

- Siembra Manual



La siembra manual bien hecha requiere un mayor esfuerzo porque se debe garantizar la distancia entre los surcos y las plantas y la profundidad uniforme de las semillas

Lo primero que se debe hacer es marcar los surcos, ya sea mediante un rayado del lote o con el uso de cuerdas que deben estar marcadas con la distancia a la cual deben depositarse las semillas, dentro del surco a 20, 40 ó 50 cmt.

En las zonas planas o de ladera donde se siembra maíz tecnificado en forma manual, se pueden hacer siembras en surcos dobles. La experiencia de FENALCE indica que, en la región

Caribe y los Valles Interandinos se pueden usar arreglos de surcos dobles espaciados entre 20 y 40 cm y 80 cm entre los pares de surcos dobles. En éste sistema se han obtenido rendimientos de más de una tonelada con respecto a las siembras en surcos sencillos en 80 cm.

Cuando la siembra se realiza en forma intercalada la distancia de siembra debe ajustarse al espaciamiento entre los surcos del otro cultivo. En terrenos de ladera o con pendiente, los surcos deben trazarse a través de ella para reducir las pérdidas de población de plantas y/o la erosión del suelo.

Los huecos para colocar la semilla se hacen con la ayuda de un palo puntiagudo, "barretón", "palita" o "recatón", al que es recomendable hacerle una marca o un tope para uniformizar la profundidad, que como ya se ha dicho, debe estar entre 5 y 10 cmts dependiendo del tipo de suelo y humedad, al momento de la siembra. Una vez depositada la semilla hay que apretarla con el pie, para que ella quede en buen contacto con el suelo, facilite la germinación y evite que al quedar destapadas puedan ser comidas por aves o roedores.

Actualmente se consigue una sembradora abonadora manual llamada matraca que fue diseñada en el Brasil y la cual permite hacer dos labores, la siembra y fertilización, al mismo tiempo ahorrando jornales y facilitando hacer una siembra más uniforme.

-Siembra mecánica

Para la siembra a mediana y gran escala en terrenos planos se utilizan las sembradoras mecánicas o neumáticas de surcos múltiples, que permiten ajustar, dentro de ciertos parámetros, la distancia entre surcos. Estos equipos traen

conjuntamente el aplicador de fertilizantes. Operan abriendo el surco, con una especie de azada o disco sencillo o doble, y depositan la semilla a distancias y profundidad reguladas. La semilla es colocada de acuerdo con la densidad de siembra elegida, queda cubierta y compactada por una rueda compresora que asegura un buen contacto con el suelo.



-Calibración de la sembradora

En la siembra mecanizada la calibración de la sembradora es una labor que debe hacerse siguiendo todas las recomendaciones del fabricante, así el equipo hará el trabajo en forma eficiente. Veamos los detalles de cada una de las labores que deben realizarse.

Ajuste de los marcadores o pautas: En primer lugar deben definirse y ajustarse la distancia entre surcos y luego establecer la distribución de la semilla. Las sembradoras traen unos dispositivos que se ajustan fácilmente para que la siembra se haga con el espaciamiento uniforme entre surcos. En cada pasada, un marcador traza una línea que sirve de guía para orientar al operador del tractor en la próxima pasada, de tal manera que la siembra se realice con el espacio deseado entre surcos. Generalmente se acostumbra que sea el centro del tractor el que pase por la guía, pero también se puede calibrar

para que pase sobre la guía una rueda delantera. Las pautas harán que los surcos queden rectos y exista uniformidad en su separación.

Para realizar una calibración de pautas o marcadores, y que el centro del tractor pase por la línea guía, es necesario que el centro de la sembradora coincida con el centro del tractor.

En la siguiente fórmula se indica cómo se calcula la longitud que debe tener el marcador o pauta, al último surco sembrado:

$$\text{Longitud del Marcador} = [(No. surcos \times \text{Distancia entre surcos})/2] + (\text{Distancia entre surcos}/2).$$

Ejemplo:

No. de surcos: 6; Distancia entre surcos 0.80 m.
 $\text{Longitud del marcador} = [(6 \times 0,8)/2] + (0,8/2)$
 $= 2,80 \text{ m.}$

Semillas por metro de surco: Para determinar el número de semillas que se deben sembrar por metro lineal de surco de acuerdo con la población, existen dos formas de hacerlo, una es por el peso de las semillas y otro por el número de semillas en una longitud de surco pre-determinada (Ej.: semillas/m). Para el manejo de poblaciones este segundo método es el más recomendado.

Todas las sembradoras tienen un sistema motoriz impulsado por ruedas metálicas o neumáticas, que mediante diversos mecanismos (cadenas, ejes, cardanes) transmiten ese movimiento a unidades de dosificación (Platos perforados, copas, piñones) que regulan la descarga de la semilla en función de la velocidad de avance del tractor.

El objetivo de la calibración es dejar una canti-

dad determinada de semillas por metro de surco, tarea que igualmente está en función de varios factores: la velocidad de avance, el número de semillas/Kg. el genotipo, la población de semillas deseada, la separación entre los surcos y del sistema mecánico de ajustes del equipo.

Inicialmente hay que determinar la longitud externa de la rueda, teniendo en cuenta que las ruedas neumáticas deben estar a la presión de especificación. Un múltiplo de la longitud de la rueda (20 es recomendable), nos dará un buen indicio de la descarga una vez los mecanismos de la sembradora entren en régimen de trabajo.



Para establecer el número de semillas que deben ir por metro de surco, una vez se haya determinado la población que vamos a establecer, se usa la siguiente fórmula:

$$\text{Semillas/m} = \text{Población deseada} \times \text{distancia entre surcos} / 10.000 \times 1.2 \text{ (factor de pérdida de plantas entre siembra y cosecha.)}$$

$$\text{Ejemplo No. De semillas por m.} = (60.000 \times 0.8 / 10.000) \times 1.2 = 5.76$$

Para determinar la cantidad de semilla por hectárea, se utiliza la siguiente fórmula:

Kg/ha del genotipo: (No de semillas por m.x10.000/distancia entre surcos) x índice de semilla.

Índice de semilla: # de semillas por kg

Supongamos que se desea sembrar un genotipo con un índice de semilla de 3200, aplicando la formula tendremos la cantidad de Kgs por ha a sembrar, así;

$$\text{Kg/ha} = (5.76 \times 10.000 / 0.80\text{m}) 3200 = 22.5 \text{ kg}$$

Si ya hemos definido cantidad de semillas a establecer, lo que queda es evaluar (en un recorrido equivalente a longitud de 20 veces la longitud de la rueda motriz), la cantidad de semillas que descarga la sembradora y realizar los ajustes mecánicos (piñones o cambio de platos dosificadores) hasta lograr la cantidad de semillas deseada.

Cada unidad de siembra debe ser calibrada; esta labor se hace en forma estacionaria (con tractor parado). Además es necesario verificar en el campo si hay diferencias con la calibración previa, porque factores como el “patinaje” del tractor y la velocidad de la operación pueden hacer variar la calibración preestablecida.

Se recomienda que la velocidad de operación para maíz este entre 6 y 7 Kg. /hora. El factor velocidad es de mucha importancia ya que generalmente se utilizan velocidades mayores lo cual genera siembras irregulares porque varía la tasa de siembra y la uniformidad de la misma. Los manuales técnicos de las sembradoras siempre son de gran ayuda para agricultores, técnicos y operadores de los equipos.

Profundidad de la Semilla: La profundidad

promedia la que debe estar de la semilla de maíz para su germinación es de 5 cm.

Son diversos los sistemas que poseen los equipos para efectuar la calibración, por ejemplo, los de mandos hidráulicos desde la cabina del tractor, mecánicos manuales, en las sembradoras modernas. En las sembradoras antiguas, la profundidad se calibra colocando una tabla en el piso, la cual debe tener como grosor, la profundidad de siembra deseada, y se hacen descender sobre ella las ruedas motrices, luego se bajan con el hidráulico del tractor las cuchillas o discos de entrega de la semilla hasta que casi toquen el suelo. En este momento se fija el hidráulico y se asegura con los mandos del tractor

Selección de los platos: Se seleccionan en función del tamaño de la semilla, por ejemplo, para las sembradoras neumáticas por succión, se debe ajustar adecuadamente la presión de aire y el enrasador según el diámetro de la semilla (el enrasador es el encargado de dejar una sola semilla por alvéolo); si este es excesivamente agresivo puede provocar fallas por caídas y quedar alvéolos sin semilla, en cambio, si es poco agresivo, puede llegar a dejar dos semillas por alvéolo, lo que en ambos casos generará desuniformidad en la siembra.

Presión de tapado: Generalmente es el último ajuste a realizar; con ello se busca, mediante ruedas especialmente diseñadas, desalojar las cámaras de aire que se forman en la siembra y apretar el suelo con el objetivo de que las semillas queden en un buen contacto con él. Los equipos modernos permiten realizar ajustes de acuerdo con el estado del suelo en el momento de la siembra (terronosos o muy suelos), permitiendo que las ruedas hagan mayor o menor

presión sobre él. Las ruedas que hacen presión en forma de "V" son preferibles a las que lo hacen en forma vertical.



BIBLIOGRAFÍA

- Bragachini M, von Martini A, Méndez A, 2001. Evaluaciones de pérdida de rendimiento de maíz debido a la desuniformidad. Pag. www.elprisma.com/apuntes/curso.asp.
- CREA, 2008. Producción de maíz. Consorcio Regional de Experimentación Agrícola. Buenos Aires. 170 p.
- Molina, C., H.Delgado.2006. Aspectos tecnológicos para la producción de sorgo granífero. Fenalce – Ministerio de Agricultura. Produmedios. Bogotá. 128p
- Nielsen Bob, [www.agry.purdue.edu/ext/corn Stand Establishment Variability in corn \(Agry-91-01\)](http://www.agry.purdue.edu/ext/cornStandEstablishmentVariabilityInCorn). Proyecto Agricultura de Precisión
- Ospina, J.G. 1999. Tecnología del cultivo del maíz. Fenalce – Fondo Nacional Cerealista. Produ-medios. Bogotá, 336 p.
- Paliwall, R.L. y otros. 2001. El maíz en los trópicos. FAO. www.fao.org/docrep.
- Proyecto Agricultura de Precisión, EEA INTA Manfredi, Ruta 9 km 636, Manfredi, Córdoba.
- www.agriculturadeprecision.org; agripres@onenet.com.ar; agprecision@cotelnet.com.ar



PLAGAS Y SU MANEJO

El maíz es un cultivo susceptible a ser atacado por muchas especies animales como insectos, pájaros y roedores, entre otros. En esta sección se va a tratar solamente de los insectos que más daño causan al cultivo; así, como también de los métodos de control que pueden aplicarse. Los insectos plaga pueden atacar en todos los estados del cultivo, desde la siembra, y hasta en los granos almacenados.

Es importante indicar que no todas las especies que se alimentan del cultivo de maíz pueden llegar a ser dañinas, ni que la sola presencia de la plaga implica necesariamente que se deban utilizar medidas de control, es decir, éstas solo se justifican cuando existe presencia de una población considerable que puede producir daños económicos, que sean superiores al costo del control.

Para aplicar las medidas de control, se debe tener un buen conocimiento de las plagas, y su acción, ello implica la identificación apropiada, la biología, los hábitos, la distribución y la dinámica de las poblaciones, las épocas críticas del daño y su relación con agentes bióticos y abióticos.

En la lucha contra los insectos se ha recurrido a una serie de prácticas y estrategias de control que se pueden agrupar en varias categorías, como se describen a continuación; pero finalmente se recomienda usar el concepto de manejo integrado, que busca mantener las plagas del cultivo a un nivel que no causen daño económico utilizando preferentemente factores adversos a su desarrollo y de mortalidad natural. Usar prácticas culturales como la rotación de cultivos y hacer uso del control biológico na-

tural o inducido, cuando haya disponibilidad de patógenos o insectos predadores o parásitos, deben ser considerados antes de recurrir al uso de los plaguicidas.

Veamos los tipos de control utilizados:

- **Control físico:** Se refiere al uso de prácticas que actúan como barreras, como la recolección, destrucción manual de las plagas y el uso de trampas.

- **Control cultural:** Son prácticas agronómicas que buscan crear ambientes contraproducentes para las plagas sin que se requieran gastos adicionales, pudiendo, así, ser adoptadas fácilmente por los agricultores; como por ejemplo la preparación del suelo, fechas de siembra y de cosecha oportunas, destrucción de huéspedes alternativos, rotación de cultivos, uso de cultivos trampa y variedades tempranas, tolerantes o resistentes a plagas.

- **Control biológico:** Se refiere al uso de agentes naturales autóctonos o introducidos como los insectos parásitos y predadores, hongos y bacterias. También actúan como agentes naturales los batracios, aves y otros animales depredadores. Se han hecho contribuciones importantes sobre el control biológico, especialmente en cultivos perennes y semipermanentes, como la caña de azúcar y la palma africana, pero su aplicación en cultivos de ciclo corto se ha visto limitada por la complejidad que implica su uso, para establecer poblaciones de insectos beneficiosos o conseguirlos en cantidad y oportunidad para liberarlos.

- **Control químico:** Los insecticidas son una herramienta poderosa de control, pero su aplicación indiscriminada y excesiva puede dar lugar a problemas de contaminación y deterioro

del medio ambiente, así como también se corre el riesgo de que los insectos que se atacan lleven a generar resistencia a los productos que se aplican. Sin embargo, los insecticidas presentan muchas ventajas si son usados correctamente y pueden marcar la diferencia entre obtener una buena producción o un fracaso en el cultivo. Entre sus utilidades se pueden contar que son de acción rápida, de disponibilidad y aplicación relativamente sencillas, son de amplio espectro y en términos generales, económicos.

- Control etológico: Se trata utilizar productos que alteren el comportamiento y las preferencias de los insectos plagas; como, por ejemplo, incidir en las feromonas, que pueden modificar el comportamiento reproductivo de los individuos, o el uso de trampas de luz o de color.

- Control genético: Se aplica tanto en los insectos como en las plantas. En el primer caso se usa la hibridación o radiación para producir machos estériles que al ser liberados en gran cantidad, compiten con los machos normales en la fecundación de las hembras, y logran así que la población dañina disminuya de una generación a otra. Esta técnica se ha usado para el control de la mosca del ganado y la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata*).

En el caso de las plantas se está usando la ingeniería genética para obtener variedades resistentes a plagas, con tolerancia a herbicidas y con un mayor valor nutricional de los alimentos.

Por ejemplo, un gen de la bacteria del suelo, el *Bacillus thuringiensis* (Bt) se ha introducido en híbridos de maíz para controlar algunas de sus

plagas más importantes, como el barrenador y el cogollero. El maíz Bt produce en sus propios tejidos una proteína que lo protege de estas plagas que son susceptibles a esta proteína. De esta manera cuando las larvas se alimentan de cualquier parte de la planta, ingieren la proteína Bt y mueren.

Sin embargo, para que el efecto de esta tecnología perdure en el tiempo se debe prevenir el desarrollo de insectos resistentes, a través de la siembra de refugios. Esta práctica consiste en sembrar el 10% del lote con un maíz no Bt, de un ciclo similar. En el refugio, sembrado con maíz convencional, se desarrolla una población normal de la plaga, actuando como una fuente de individuos susceptibles. Como ocurre que, algunas larvas dentro del maíz Bt tienen la capacidad de neutralizar la toxina y completar su ciclo, la descendencia de ellas podría reproducir en gran medida, las características de resistencia de sus progenitores. Por ello es importante que existan individuos susceptibles para que al cruzarse con los eventuales adultos resistentes, sobrevivientes del lote Bt, permitan mantener una población susceptible, contrarrestando los efectos de la selección por resistencia. Esta es la razón fundamental de contar con los refugios de maíces no Bt.

En Colombia, el Ica autorizó la siembra controlada de maíz Bt a partir del año 2007. Las tecnologías corresponden a los maíces Yieldgard y Hércules. En el año 2010 el área sembrada con estos maíces llegó a las 39.000 hectáreas. Un 25% del total del maíz tecnificado.

- Control legal: Se refiere al establecimiento de medidas de carácter regulatorio como las cuarentenas o la determinación de fechas de

siembra, vedas de cultivos, medidas de control y destrucción de socas.

- Manejo integrado de plagas: El concepto del Manejo Integrado de plagas consiste en el uso de diversos sistemas de control que reducen las poblaciones sin causar daños económicos, evitando la contaminación del medio ambiente. Se usan por ejemplo insecticidas de tipo correctivo basados en sistemas de monitoreo de poblaciones, para tomar luego medidas de control con base en niveles de daño económico.

La aplicación de un determinado método de control depende de la frecuencia de las visitas al campo y de la inspección de las plantas, para detectar así la aparición de la plaga, la evolución del daño y determinar el efecto de los factores bióticos y abióticos en el control.

Igualmente, la integración de los diferentes métodos aplicados oportunamente, favorece el balance que debe existir entre la plaga y sus 'enemigos naturales', garantizando así un equilibrio biológico más estable.

Junto con los insecticidas hay otras medidas que se deben usar para reducir la alta incidencia de plagas, entre ellas están las siembras tempranas y uniformes en un período corto; el oportuno y eficiente control de malezas y hacer rotación de cultivos. También sembrar en la temporada en que se presente un menor ataque de plagas, como en el caso del Meta donde se siembra el maíz en el primer semestre, evitando hacerlo en el segundo cuando el ataque del diatrea es mayor.

Para hacer un control eficiente de plagas hay que seguir unos principios generales, como son: 1) Basar toda recomendación de control

en el nivel de daño económico, 2) Seleccionar, cuando se requiera el control químico, seleccionar los plaguicidas menos tóxicos al hombre y a los animales, los selectivos a plagas y que afecten menos el medio ambiente, 3) Cumplir con las precauciones necesarias de manejo para evitar daños en los cultivos vecinos y evitar la contaminación de las aguas, 4) Evitar aplicaciones innecesarias e inoportunas, utilizar las dosis recomendadas y los equipos de protección en las aplicaciones manuales, como guantes, caretas y prendas de vestir que protejan en la aplicación.

En esta parte, se presenta una descripción de las principales especies dañinas en el maíz, de acuerdo con la época en que atacan. Plagas del suelo y plántulas y Plagas de la planta y la mazorca. Se incluyen también recomendaciones de manejo de estas plagas y se hace una relación de los parásitos y predadores más importantes, registrados en el país.

PLAGAS DEL SUELO Y DE PLANTULAS

Solenopsis sp.

Descripción y Daño: Hormiga de 0.2 a 0.4 cm de largo de color amarillo o rojizo brillante, ataca el embrión de las semillas de maíz. Cuando las poblaciones son altas acaban con toda la semilla, teniendo que sembrar nuevamente el lote. Cuando las plántulas emergen, empiezan a dañar el tejido meristemático o zona de crecimiento ubicada en la base del tallo, produciendo la muerte de la planta. Si el daño lo hacen en plantas con 6 o 7 hojas (18 días) estas empiezan a macollar y así detienen su crecimiento. Cuando se presentan altas poblaciones de hormigas los daños en la base del tallo continúan hasta después de los 30 días de emergida la planta.



Control: El control se realiza haciendo la aplicación dirigida a la base de la planta con los siguientes productos:

- Cipermetrina + Lorsban 4E en dosis 300 cc + 800 cc/ha.
- Regent en dosis de 40 cc + 100 cc aceite/bombas de 20 litros.

El objetivo de la aplicación es controlar la reina que pone los huevos, para evitar el incremento de las altas poblaciones de hormigas.

También se recomienda tratar la semilla con insecticidas específicos como: Semevin: 8 a12 cc./kg de semilla o Promet: 7 cc/kg de semilla. Estos tratamientos también sirven contra otros insectos trozadores de plántulas.

Gusanos alambres:

Los géneros más importantes son los de la familia Elateridae (*Conderus sp*) y Tenebrionidae (*Eleodes spp*).

Daños: Las larvas pueden iniciar el ataque desde el momento de la siembra, dañando la semilla. Las señales más comunes de su efecto son las áreas sin plántulas, las plántulas marchitas

y con macolllos y el acame de las plantas más desarrolladas, aunque estos síntomas también se asocian con otros insectos que viven en el suelo. Las infestaciones intensas también reducen el sistema radicular. Su ataque se presenta en focos.

Descripción y ciclo biológico: Las larvas son delgadas, cilíndricas y segmentadas; cuando están completamente desarrolladas miden 40 mm, son brillantes, lisas, duras, pero flexibles, de movimientos lentos y color amarillo o café. Los adultos son escarabajos que vuelan. Tienen un caparazón duro, alargado y algo plano. Son de color café a negro y miden de 0.5 a 2 cm.

Para el manejo de esta plaga es necesario hacer evaluaciones durante la preparación del terreno y determinar la conveniencia de aplicar insecticidas al suelo, en forma general o localizada.



Diabrotica:

Larvas del género Diabrotica balteata, D. virgifera, D. longicornis, D. speciosa y diabrotica spp.

Daños: Las larvas taladran las raíces, lo cual hace que los tallos crezcan inclinados. Se puede presentar acame en las plantas. El acame puede comenzar en la etapa de verticilo medio y continuar hasta la madurez. Los adultos consumen los márgenes foliares, perforan las hojas tiernas y a veces cercenan la planta desde la base. El daño que producen al alimentarse de las hojas de las plantas adultas rara vez tiene repercusiones económicas. No obstante, durante la floración, se alimentan de los estigmas verdes y el polen, lo cual a veces causa una deficiente producción de granos o semillas. Las especies D. virgifera y D. longicomis son vectores del virus que provoca el moteado clorótico (MCMV) y el tizón bacteriano del maíz.



Phyllophaga spp., y Cyclocephala spp. (Chizas ó Gallinas ciegas de ciclo anual):

Daños: El daño que estos gusanos causan se manifiesta primero en plántulas marchitas y después en zonas, con baja población de plantas inclinadas, curvas o acamadas que crecen

en forma irregular. Las plantas lesionadas se arrancan con facilidad. El daño que los adultos (escarabajos) provocan al alimentarse de las hojas del maíz u otras plantas no tiene importancia económica.

Descripción y ciclo biológico: Al remover el suelo alrededor del sistema radicular dañado se descubren gusanos blancos en forma de C que miden de 2 ó 3 mm hasta casi 3 cm. Al llegar a la madurez, estos gusanos son algo gruesos y semi-transparentes; tienen cabeza color café, tres pares de patas y abdomen abultado con el extremo brillante.



Elasmopalpus lignosellus:

Daños: El daño inicial a las plántulas produce una serie de agujeros que se vuelven visibles conforme se despliegan las hojas. Los indicios posteriores del daño que este insecto ocasiona son marchitez, macollamiento y achaparramiento de las plántulas.

Descripción y ciclo biológico: Un examen minucioso de las plántulas revela una galería o túnel en la superficie del suelo o justo debajo de ésta. A la entrada del túnel se encuentra un saco sedoso cubierto de partículas de tierra, elaborado por la larva azulosa o verdosa que

tiene bandas de color café muy definidas y que al ser molestada se sacude y brinca. Las larvas completamente desarrolladas (25 mm de largo) entran en la etapa de pupa dentro del suelo. La forma adulta es una pequeña mariposa de color café claro que deposita sus huevos de color blanco verdoso en las plántulas.

Eutheola bidentata (Coleoptera Scarabaeidae. Cucarao):

Este cucarrón se ha constituido en un limitante para el desarrollo de cultivos como el maíz, sorgo y arroz en los Departamentos de Córdoba, Antioquía, Meta, Caquetá y Putumayo.

El Eutheola ocasiona importantes pérdidas por su acción de trozar las plántulas, disminuyendo la población y afectando el rendimiento. Las larvas del cucarrón prefieren alimentarse de raíces fibrosas. Se encuentran, en sus diferentes estados, en los primeros 10 cm de profundidad del suelo, dependiendo del contenido de humedad de este. Durante la fase migratoria, los adultos realizan daño de importancia económica en cultivos de maíz – sorgo – arroz y

pastos, cortando las plantas debajo la superficie del suelo.

Control químico: En lotes que históricamente hayan tenido infestaciones de *Eutheola* sp o que se detecten altas poblaciones, se deben hacer aplicaciones de insecticidas en su formulaciones en polvo para espolvoreo en las partes bajas o zonas afectadas e incorporarlos con la última rastrillada en dosis de 25 a 30 Kg por hectárea.

Cuando el daño se presenta en el momento de la emergencia del maíz, se debe hacer aplicaciones con insecticidas piretroides dirigidas a la base de la planta. Cuando se presentan fuertes ataques de esta plaga y no se hace control acaban con un lote en 24 horas.

Como medida de carácter cultural, se recomienda mantener el cultivo y los bordes limpios de malezas y hospederos y destruir las socas de maíz, arroz y sorgo alrededor de 15 a 20 días antes de la siembra.



Blissus spp. Chinche de la Raíz (Hemiptera: Lygaeidae):

En Colombia, la especie económicamente más importante es Blissus leucoptera.

Daño: La hembra deposita los huevos en el suelo cerca de la raíz; las ninfas se alimentan de las partes tiernas de esta, causando puntos necróticos que obstaculizan la absorción de nutrientes, por la planta, que inicialmente se torna amarilla y luego se seca como efectos de la inyección de toxinas durante el proceso de alimentación. Tanto ninfas como adultos se dispersan por el suelo causando los primeros ataques, que se observan en los bordes de los lotes. La mayor actividad la desarrollan en la tarde y en días opacos. En suelos arenosos y fracos, es plaga de importancia económica durante los primeros 20 días del cultivo.

El incremento de la población en períodos cortos se debe a que una hembra puede ovipositar en promedio 153 huevos y cada generación se forma en 20.9 semanas lo cual aumenta en tamaño 92.6 veces.

Muestreo y Niveles Críticos: Los muestreos hay que intensificarlos, cuando se detecta el insecto, haciendo los monitoreos cada 4 a 5 días durante los primeros 20 días de edad del cultivo, época crítica del establecimiento de la plaga.

Control: La mejor estrategia de control consiste en el uso de métodos culturales que incluyen la destrucción de socas y la eliminación de malezas hospederas y pastos en los bordes del cultivo. Se debe monitorear el predio para identificar los focos y una vez localizados hacer aplicaciones a la base de las plantas con insecticidas.

Control Químico: Una vez detectado los focos del insecto o área de avance, realizar el control químico localizado.

Entre los insecticidas recomendados para su control tenemos:

- Convoy dosis de 1 Lt/Ha.
- Basudin dosis de 500 cc/ha.
- Piretroides + Nudrin dosis 200 cc + 800 cc/Ha.



PLAGAS DE PLANTAS Y MAZORCA

Spodoptera frugiperda. Gusano Cogollero del maíz. (Lepidoptera noctuidae).

Esta plaga es la de mayor importancia económica en cultivos como maíz, arroz, sorgo y algodón en Colombia; en estos cultivos desarrollan grandes poblaciones. Las larvas jóvenes son verde claro y tienen la cabeza negra, las larvas mayores varían de verde oscuro a pardo grisáceo y con líneas dorsales que corren a lo largo del cuerpo. El adulto o polilla tiene alas variegadas de color gris. Los huevos son usualmente depositados en el envés de las hojas en grandes masas cubiertas con escamas. El insecto necesita cerca de un mes para completar su ciclo de vida.

Daño: El Spodoptera actúa como tiertero, trozador o gusano ejercito y como cogollero que es su hábito más característico en las etapas vegetativa y reproductiva y como masticador de grano en la fase de llenado.

Niveles de daño: Como insecto del suelo antes de la siembra, se debe controlar si se encuentra más de una larva por metro cuadrado, al efectuar 5 muestreos por hectárea, cada uno de un metro cuadrado.

Como trozador, se deben muestrear diez sitios de un metro cuadrado por hectárea. El nivel de daño para realizar su control es del 10% de plantas trozadas.

Como comedor de follaje, su ataque crítico se presenta inmediatamente después de la emergencia de las plántulas y durante los primeros 15 días del cultivo. Si el tiempo es muy seco esta primera generación es muy alta. El daño comienza desde recién emergida la larva y em-

pieza raspando las hojas tiernas y posteriormente aparecen manchas translúcidas. Cuando la larva alcanza cierto desarrollo, comienza su descenso hacia el cogollo a comer follaje, las hojas al abrir muestran las perforaciones o áreas comidas observándose en forma característica los excrementos de la larva en forma de aserrín.

La segunda generación de Spodoptera se puede presentar entre los 20 y 30 días de desarrollo del cultivo y la tercera generación generalmente ocurre en la etapa previa a la floración o durante la misma. Cuando la plaga es abundante y los controles no han sido efectivos se pueden presentar larvas dañando la mazorca.

Para el manejo del cogollero, si el tiempo es seco, se recomienda iniciar controles cuando se presenta un 50% de daño fresco, áreas translúcidas en hojas nuevas, que son ocasionadas por larvas de segundo instar. Los niveles de daño para la segunda generación, cuando las larvas se encuentran dentro del cogollo y hay presencia de excrementos húmedos, es del 60%

Se ha comprobado que un período continuo de lluvias, durante los primeros días de la emergencia o en cada una de las etapas de mayor infestación, puede bajar la plaga a niveles de poca importancia económica e interferir el hábito de oviposición de la polilla, especialmente si la lluvia ocurre en la noche.

Control: Se debe procurar, en los primeros estados de desarrollo del cultivo y de las larvas usar productos como Bacillus thruringiensis, en mezcla con melaza y liberar Telenomus a partir de los 20 días. Si es necesaria la aplicación de insecticidas usar un simulador hormonal o un inhibidor de quitina. Otros productos a usar son el Clorpirifos y Cipermetrinas.



Diatraea saccharalis (Barrenador, Cañero)

Daños: Los primeros indicios del ataque de este insecto son las hileras de pequeños agujeros que pueden observarse cuando las hojas se van desplegando durante la etapa del veticilo medio.

Algunas larvas taladran el veticilo tan profundamente que matan el punto de crecimiento y cortan las hojas centrales en la base. A la larga, estas hojas se marchitan, mueren y se tornan blancas, un síntoma comúnmente conocido como muerte del cogollo.

Descripción y ciclo biológico: Los huevos color rojizo son colocados en masas, en la nervadura central de las hojas, en el tercio medio de la planta y eclosionan de los 3 a 5 días. Las larvas son blancuzcas, con cabezas de color oscuro, con puntos negros muy marcados en todo el cuerpo; al crecer la larva se observan cuatro puntos negros en forma de trapecio en cada segmento. Las larvas duran de 18 a 25 días y empullan dentro del tallo.

Las larvas totalmente desarrolladas que se alimentan del tallo preparan la salida de la palomilla haciendo una "ventanilla" circular al final de la galería. Las palomillas son de color paja y ostentan dos líneas oscuras y oblicuas y un punto en el centro de las alas delanteras.



Control: El control químico de los perforadores es difícil y costoso, debido a la ubicación de las larvas dentro del tallo. Por eso, además de medidas de carácter cultural, como evitar residuos de cosecha o socas de maíz o sorgo y realizar un control eficiente de malezas especialmente las gramíneas, el principal método usado es el control biológico. Para tal efecto se recurre al uso

de parásitos de huevos como el Telenomus y el Trichogramma, de larvas como el Apanteles y predadores como Chelonus y Coleomegilla.

Helicoverpa zea y H amigera. (*Heliothis zea* y *H. armígera*)

Daños: Aunque estas larvas en ocasiones se alimentan del verticilo (cogollo) y de las espí-

gas tiernas, suelen restringirse a la mazorca. Comienzan a alimentarse poco después de su emergencia y se concentran en el canal de los estigmas. Además de provocar daños directos a los granos, las larvas dan entrada a los patógenos que pudren la mazorca.

Descripción y ciclo biológico: Al hacer un examen minucioso de los estigmas o de las brácteas tiernas, es posible observar los diminutos huevecillos blancos de apariencia brillante depositados por palomillas café claro y robustas. Las larvas en desarrollo y las maduras presentan una coloración que varía mucho, desde café.



Dalbulus maidis y Dalbulus spp.

Daños: Varias especies de chicharritas se alimentan de la planta del maíz en desarrollo (perforan y succionan), pero no causan daños económico significativos de esta manera

hasta verde o una combinación de todos éstos. Debido a que son caníbales, es raro que haya más de una larva en cada mazorca. Cuando están completamente desarrolladas, las larvas (de 4 a 5 cm de largo) caen al suelo y forman pupas en celdillas de tierra a pocos centímetros bajo la superficie del suelo.

Control: Por el tipo de daño que hace no es fácil su control; se recomienda hacer liberaciones de Trichogramma desde el comienzo de la floración hasta el llenado de la mazorca. Si se requiere control de las larvas, se puede hacer uso de inhibidores de quitina.



Más grave es el daño indirecto que provocan como vectores del espiroplasma del achaparramiento del maíz y el virus del rayado fino del maíz.



Las plantas de maíz resultan gravemente afectadas por el achaparramiento cuando las chicharritas las infectan en la etapa de plántulas.

Cuando las plantas son infectadas en la etapa de verticilo medio. Los síntomas iniciales son el amarillamiento de las hojas del verticilo y el acortamiento gradual de los entrenudos.

La mayoría de las plantas que son infectadas en la etapa de verticilo tardío maduraran sin

manifestar ninguno de los síntomas arriba descritos. Sin embargo, algunas pueden presentar achaparramiento y hojas superiores de color morado rojizo.

Descripción y ciclo biológico: La chicharrita adulta mide 3 mm, es de color amarillo pálido e introduce sus huevecillos en la nervadura central de las hojas de las plántulas de maíz. Después de la eclosión, las ninfas pasan por cinco estadios antes de convertirse en adultos.



ESPECIES PARASITOIDES, DEPREDADORES Y ENTOMOPATÓGENOS DE PLAGAS DEL MAÍZ.

Veamos ahora una lista de las especies benéficas que atacan a las plagas del maíz y contribuyen en el control de las especies que afectan el cultivo de maíz:

Parasitoides:

- De huevos: Chelonus insularis Cresson (Himenoptera: Branconidae). Telenomus pos. Remus Nixon (Himenoptera: Scelionidae).
- Parásitos de posturas: Trichogramma atopovirilia, Telenomus sp, Trichogramma exiguum.



Trichogramma atopovirilia



Huevos Spodoptera parasitados
Telenomus



Trichogramma exiguum

- De larvas: Meteorus laphygme Viereck (Himenoptera: Braconidae). Apanteles sp. (Himenoptera: Branconidae). Eiphosoma sp. pos Viticola Cresson (Himenoptera: Ichneumonidae). Exasticulus fuscicornis (Cameron) (Himenoptera: Branconidae). Euplectrus planthypenae Howard (Himenoptera: Eulophidae). Winthemia rufopicta (Bipot) (Diptera: Tachinidae). Winthemia sp., pos. Sinuata Renhard (Diptera: Tachinidae). Incamya sp. (Diptera: Tachinidae). Eucelatoria sp. (Diptera: Tachinidae). Gonia crassicornis (F.) (Diptera: Tachinidae). Acroglossa veta Rein (Diptera: Tachinidae). Lespesia archippivora (Riley) (Diptera: Rachinidae). Sarcophaga sp. (Diptera: Sarcophagidae).



Apanteles



Eiphosoma sp pos. viticola



Meteorus laphygmae



- De pupas: Archytas mamoratus Townsend (Diptera: Tachinidae). Archytas sp. (Diptera: Tachinidae).



Depredadores:

Hippodamia convergens Guerin-Maneville (Coleoptera: Coccinellidae) Cyclonedea sanguinea L. (Coleoptera: Coccinellidae) Coleomegilla maculata (De Geer) (Coleoptera: Coccinellidae) Zelus spp. (Hemiptera: Raduviidae) Polistes spp. (Himenoptera: Vespidae) Polybia spp. (Himenoptera: Vespidae).



Podisus sp.



Polistes erythrocephalus



Polybia sp.



Orius



Aranido



Coleomegilla maculata



Cyclonedea sanguinea



Carabidae

Bacillus thuringiensis Nomuraea rileyi (Farlow) Sampson (Moniliales: Moniliaceae) Virus Poliédrico Nuclear (VPN) Steinernema carpocapsae Weiser Hexameris sp.



Bacillus thuringiensis



Virus poliédrico nuclear



Neumorella rileyi



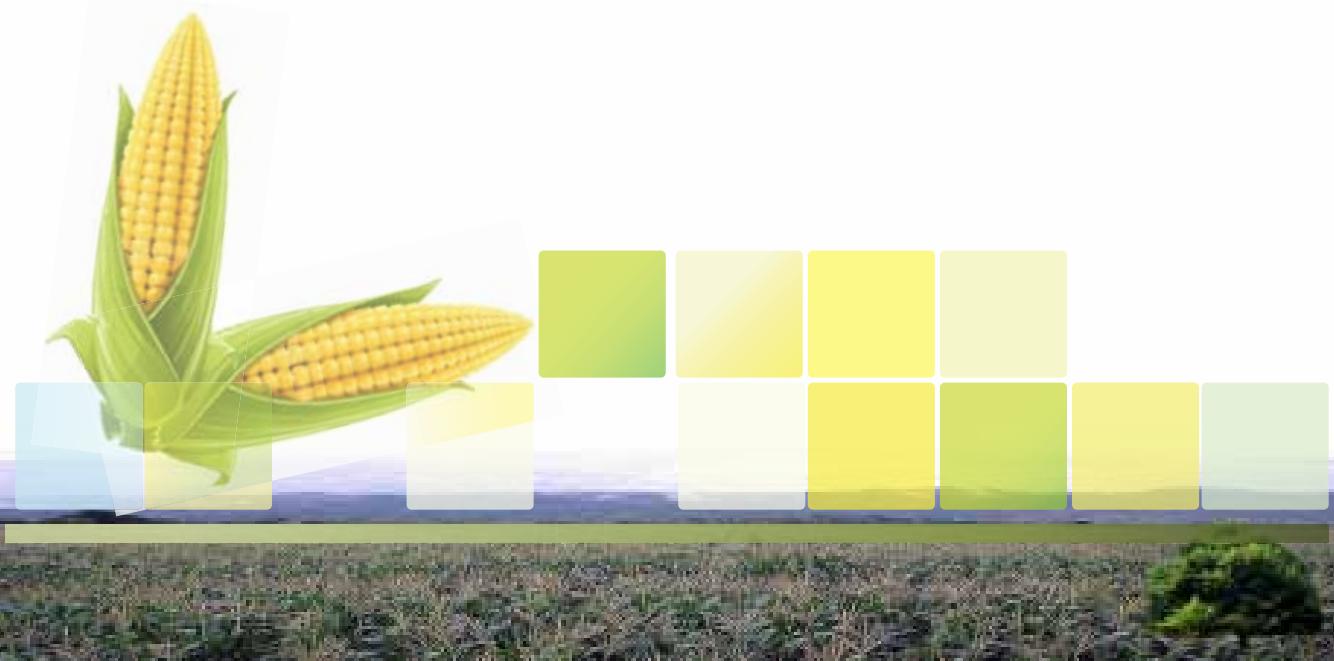
Metarhizium

Las fotos de las especies benéficas que atacan las plagas del maíz, son tomadas de Garcia y otros. 1999. Manejo integrado del gusano cogollero del maíz.



BIBLIOGRAFÍA

- Castillo, P. 2002. Plagas importantes en el cultivo del maíz. En IX curso sobre Producción de Maíz. Asoportuguesa. Araure.249-260pp.
- Corpoica, SENA. 1998. Manejo Tecnológico de los cultivos de Sorgo y Maíz. Corpoica. Produmedios. Bogotá. 48p.
- Garcia, F. y otros. 1999. Manejo Integrado del gusano cogollero del maíz. CORPOICA. Bogotá. 20p.
- Granados, G. 2001. Plagas del Maiz. En El Maíz en los Trópicos.
- FAO. [www.fao.org/DOCREP/Consulta 06.09](http://www.fao.org/DOCREP/Consulta/06.09).
- ICA, Fenalce y otros. 1993. Sorgo y Maíz. Memorias del seminario internacional sobre los cultivos de sorgo y maíz, sus principales plagas y enfermedades. Produmedios. Bogotá
- Molina, C y Delgado, H. 2006. Aspectos Tecnológicos para la Producción de sorgo granífero. Fenalce. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Produmedios. Bogotá. 128p.
- Ospina J.G. 1999. Tecnología en el Cultivo del Maíz. Fenalce, SENA, SAC. Produmedios. Bogotá. 336p.
- Sánchez, G.G.; 1992. Guía General para el manejo Integrado de Plagas en el Cultivo del Sorgo en Colombia. ICA, Boletín Técnico No. 217. Produmedios. Bogotá.20p.



ENFERMEDADES DEL MAÍZ Y SU MANEJO

Importancia de las enfermedades:

El maíz en los ambientes tropicales es atacado por un gran número de patógenos que pueden afectar todas las partes de la planta y causar importantes daños económicos a su producción. La monografía de Wellman (1972) Tropical American plant diseases informa sobre 130 enfermedades que afectan al maíz en los trópicos, comparadas con 85 que ocurren en los ambientes templados.

El clima húmedo y cálido, bajo el cual crece gran parte del maíz en los trópicos, la menor cantidad e intensidad de luz y las condiciones hídricas extremas, son sin duda los factores que más contribuyen al crecimiento y diseminación de los patógenos causantes de las enfermedades. Esta situación se ve favorecida, además, por la susceptibilidad de los materiales, las siembras escalonadas y continuas que se dan en el trópico, el uso de la siembra directa y en el caso de las enfermedades virales, por las condiciones que favorecen la migración, establecimiento y supervivencia de los insectos vectores.

Las estimaciones aproximadas de las pérdidas de maíz por causa de las enfermedades, en los Estados Unidos, varían de 2 al 15%. Quizás las mayores pérdidas causadas por las enfermedades son las que aparecen periódicamente con poca o ninguna variación y cuyos efectos en la cosecha no son reconocidos. En estudios recientes realizados por Fenalce se encontró que en el país las pérdidas causadas por las enfermedades pueden ir de 8,6% en las zonas planas y

cálidas de los valles interandinos hasta el 30% en la zona cafetera.

Las enfermedades se pueden controlar mediante prácticas culturales, el uso de productos químicos y el empleo de plantas con resistencia genética. En este campo se han venido haciendo progresos importantes contra muchas de las enfermedades, por parte del CIMMYT y las empresas productoras de semillas.

En Colombia son muchas las enfermedades que se presentan en el maíz, pero, afortunadamente solo algunas tienen alta incidencia como para considerarse como factores limitantes del cultivo.

Durante los últimos trabajos de vigilancia fitosanitaria realizados por el Laboratorio de Diagnóstico Vegetal del ICA en Palmira, se ha detectado una mayor incidencia y severidad de algunas enfermedades que aunque ya estaban registradas en el país desde hace muchos años, han adquirido un carácter resurgente debido posiblemente a las condiciones ya mencionadas.

Según Castaño (1978), estas enfermedades han sido reportadas en Colombia así: la mancha de asfalto en 1899, la mancha gris en 1930, el mildeo veloso en 1970 y Diplodia en 1965.

Posterior a estos registros iniciales en Colombia, otros fitopatólogos han identificados nuevos patógenos asociados a algunas de estas enfermedades, como es el caso del mildeo veloso en el Departamento del Cauca en 1983, con la enfermedad conocida como "Punta loca", causada por el hongo *Sclerotinia macrospora* (Sacc.) Thirum, Shaw y Naras. (Granada y Várón, 1983).

Recientemente, Vanegas y colaboradores (2002), reportaron en el Valle del Cauca la presencia de *Cercospora zeae maydis* Grupos I y II y *Cercospora sorghi* var. *maydis* como agentes causales del complejo de la mancha gris en ese departamento.

De igual manera, Huertas y otros (2003), reportaron también en el Valle la presencia de *Pero-nosclerospora sorghi* (Weston y Uppal) Shaw, agente causal del mildeo veloso del sorgo, en maíz.

Arrieta y otros (2005) encontraron que las enfermedades foliares de mayor importancia en el valle del Sinú, Córdoba, son la peca o mancha parda causada por *Physoderma maydis* y la mancha bandeada de la hoja y la vaina causada por *Rhizoctonia* sp. Otras enfermedades de importancia económica son las pudriciones en la mazorca, siendo más prevalentes las causadas por *Fusarium* sp.

Esta información ha sido corroborada por un estudio reciente (2010), realizado por Fenalce en varias regiones del país, donde se encontró que las enfermedades más comunes son: la mancha de asfalto, la mancha gris, *Diplodia* y el bandeado de la hoja.

Para las enfermedades que a continuación se describen, algunas medidas de manejo de tipo cultural han probado ser bastante eficientes en la reducción de fuentes de inóculo como son la rotación de cultivos, exposición al sol e intemperización de los residuos de la cosecha anterior y eliminación de hospederas del hongo causante del mildeo.

De acuerdo con los diferentes estudios realizados en Colombia, las enfermedades virales, es-

piroplásicas y fitoplásicas se presentan en las primeras etapas de desarrollo del cultivo, y su importancia está relacionada con el grado de severidad, la incidencia y la época de infección. Las enfermedades foliares causadas por hongos se presentan con mayor frecuencia en las etapas finales del cultivo, y solamente son importantes cuando su aparición ocurre antes de floración o muy cercana a ella, o cuando son de carácter epidémico, como es el caso de la mancha de asfalto.

A continuación se describen algunas de las enfermedades de mayor importancia, en el país. Esta información está basada en dos publicaciones recientes preparadas conjuntamente entre el ICA y Fenalce, que se relacionan:

- Sarria V, Greicy A., Vanegas A, H., y Narro, L. 2006, Enfermedades resurgentes del maíz. ICA-FEnALCE, Fondo Importado de Cereales. Produmedios. Bogotá

- Varón de Agudelo, F. y Sarria V, G. A. 2006 Enfermedades del maíz y su manejo. ICA-FENALCE. Produmedios. Bogotá, 56p.

Además, se incluye como fuente de referencia y ampliación de la información de enfermedades a nivel mundial la siguiente publicación:

- Programa de Maíz del CIMMYT. 2004. Enfermedades del maíz. Una guía para su identificación en el campo. Cuarta edición. México, D.F.; CIMMYT.

ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS:

Las principales enfermedades que afectan el cultivo del maíz en Colombia son de origen

fungoso, se encuentran diseminadas en todo el país, y su aparición está sujeta a las condiciones ambientales que favorezcan la infección y multiplicación del patógeno, así como la fuente de inóculo y la susceptibilidad de los genotipos.

ENFERMEDADES FOLIARES:

Aunque son muchas las enfermedades de origen fungoso que afectan el follaje del maíz, solamente se mencionan aquellas que por su incidencia y severidad se consideran de importancia económica.

- Complejo Mancha de Asfalto:

En el complejo mancha de asfalto o de alquitran están involucrados tres microorganismos fungosos *Phyllachora maydis* Maublanc, *Monographella maydis* Muller & Samuels y *Coniothyrium phyllachorae* Maublanc, el cual es un hiperparásito de los dos anteriores. Es una enfermedad que ocurre con mayor frecuencia en zonas frescas y húmedas, especialmente en lotes cercanos a las riberas de los ríos, o en suelos con nivel freático alto, pesados o con tendencia al encharcamiento. Es favorecida por temperaturas entre los 17 y 22 grados centígrados, con una humedad relativa superior al 75 por ciento. La humedad sobre las hojas durante la noche y en la mañana facilita la infección y el establecimiento en los residuos de cosecha por algún tiempo.

Los síntomas iniciales son pequeños puntos negros ligeramente elevados, que se distribuyen por toda la lámina foliar. Durante la época lluviosa, en un genotipo susceptible, si los puntos negros se observan en las hojas cercanas a la mazorca y el grano aún no ha llenado, es necesario aplicar un fungicida sistémico. Dos a tres días después de la infección por *P. maydis* el tejido adyacente es invadido por *Monographella*

maydis, causando necrosis de color pajizo alrededor del punto de alquitran. Finalmente, las lesiones coalescen para formar grandes áreas necróticas.

La infección progresó rápidamente diseminándose hacia las hojas superiores y plantas vecinas. Si la enfermedad aparece en etapas muy tempranas antes del llenado, las mazorcas pierden peso y los granos se observan chupados, flácidos y flojos. Casi siempre la enfermedad se presenta después de floración, sin embargo, bajo condiciones de siembras continuas se presenta en prefloración.

Aunque se considera una enfermedad endémica en Colombia, su severidad y facilidad de diseminación la ubican como una enfermedad muy agresiva y si los factores climatológicos la favorecen puede ocasionar muerte prematura de la hoja y quemar el cultivo en corto tiempo. En condiciones de los Llanos Orientales y la zona cafetera es posible observar infección simultánea de mancha de asfalto, con *Cercospora*, *Phaeosphaeria*, *Gloeocercospora* y *Diplodia*.





- Complejo Mancha Gris:

La mancha gris es causada por el complejo *Cercospora zeae maydis* Tehon & E.Y. Daniels y *Cercospora sorghivar maydis* Ellis & Everh. Estos hongos inducen manchas pequeñas inicialmente translúcidas, restringidas a las nervaduras secundarias, y a medida que avanzan se tornan de apariencia rectangular y de color que varía desde amarillo anaranjado hasta grisáceo cuando el hongo está completamente esporulado. En presencia de muchas manchas las hojas se tornan cloróticas y amarillas, como consecuencia de una toxina que induce el hongo en los materiales muy susceptibles.

A medida que la infección avanza las lesiones coalescen y forman grandes áreas necróticas, ocasionan secamiento acelerado de la planta, e inducen grandes pérdidas en los rendimientos, especialmente cuando se presenta en las primeras etapas de desarrollo. Sobre la lesión se desarrolla un moho de color gris o verde oliva, que le da el nombre a la enfermedad. Puede tam-

bién atacar la yagua de las hojas. La enfermedad es favorecida por la no rotación de cultivos que incrementa la fuente de inóculo, ya que el patógeno sobrevive en los residuos de cosecha. Es más severa en ambientes con alta humedad relativa y temperaturas bajas en la noche. Algunas veces se presenta una infección conjunta con *Helminthosporium*, complejo mancha de asfalto y *Phaeosphaeria*.

Cuando se presentan ataques severos en el período de floración, se recomienda hacer aplicación de fungicidas.



- Manchas Foliares por *Helminthosporium*

Existen varias especies de *Helminthosporium* que causan infección en maíz, tales como *Setosphaeria turcica* (Luttr). K.J. Leonard & Suggs (*Anamorfo Exserohilum turicum* (Pass) K.J. Leonard & Suggs, *Syn H. Turicum* Pass) añublo o tizón foliar del norte, *Cochliobolus carbonum* R.R. Nelson (*Anamorfo Bipolaris zeicola*, *Syn H. carbonum*, *Ullstrup*), o mancha foliar por *Cochliobolus heterostrophus* (Dreschler) Dreschler (*Anamorfo Bipolaris maydis* (Nisikado) Shoemaker, *Syn H. maydis* Nisik & Miy, o tizón foliar del sur. En Colombia la enfermedad más común es la causada por *S. turcica*, la cual se manifiesta por pequeñas lesiones ovales alargadas en las hojas bajas.

Las lesiones progresan avanzando paralelas a la nervadura central y toman una coloración parda y forma de huso. Posteriormente, las lesiones se aumentan y cubren buena parte de la lámina foliar produciendo quemazón prematura de las plantas. El tizón es favorecido por condiciones de alta humedad ambiental y temperaturas que fluctúan entre 18 a 27 ° C. La enfermedad no es frecuente en la temporada seca. Puede reducir rendimiento cuando se presenta durante la época de floración o antes, ocasionando pérdidas aproximadas de 50%. Las conidiadas que se desarrollan en las lesiones son muy abundantes y le dan a la mancha un color gris oscuro y pueden ser diseminadas por el viento.



- Mancha Parda:

La mancha parda es causada por el hongo *Physoderma maydis* Miyabe (Syn. *P. zeae* - *maydis* F.J. Shaw). Se presenta inicialmente por manchas redondeadas, muy pequeñas, de color amarillo y distribuidas por toda la lámina foliar. Los bordes de las hojas que presentan abundantes manchas amarillas se tornan ondulados. Más tarde se forman manchas de color pardo, púrpura o negro, tanto en la nervadura central como en la vaina de la hoja y en las envolturas de las mazorcas.

Al coalescer las manchas forman unos parches oscuros de mayor tamaño. Las células del tejido afectado se desintegran y en su interior se forman las estructuras reproductivas del hongo (esporangios), de color café, que al ser liberados inician una nueva infección. El conjunto de esporangios semeja un carbón.

El tejido se rompe fácilmente después de que ocurre la desintegración del mismo y en estados muy severos el tallo puede doblarse por el sitio de la lesión. El hongo sobrevive en los residuos de cosecha y los esporangios germinan en presencia de alta humedad en el suelo y temperaturas entre 23 y 30 ° C. Los esporangios liberan zoosporas, las cuales se mueven en el agua sobre la superficie de las hojas y atacan los tejidos más jóvenes, especialmente los de las hojas del cogollo. La incidencia de la enfermedad es mayor en lotes cercanos a las riberas de los ríos, o en lotes con nivel freático alto y con tendencia al encharcamiento. Se ha encontrado un efecto directo en los rendimientos, cuando se presentan infecciones altas antes o durante la floración.



- Mancha por Diplodia

En Colombia el maíz es afectado por dos especies, *Stenocarpella maydis* (Berk) Sutton (Syn. *Diplodia maydis* (Berk.) Sacc. y *Stenocarpella macrospora* (Earle) Sutton (Syn. *Diplodia macrospora* Earle). *Stenocarpella macrospora* (Syn D. *macrospora*) puede afectar hoja y mazorca. En la hoja en estados iniciales se observan pequeñas manchas pardas con halo clorótico y de crecimiento irregular, en la parte central de la lesión se puede ver un punto circular de un pardo más intenso que el resto de la lesión, dando la apariencia de un ojo de pollo. A medida que la infección progresá las manchas avanzan abarcando gran parte de la lámina foliar, y conservan su halo clorótico.

En algunas ocasiones presenta crecimiento irregular y alargado y en otras puede crecer paralela a la nervadura principal, y alcanzar una longitud hasta de 45 centímetros de largo .Sobre la lesión se desarrollan las estructuras reproductivas negros de manera concéntrica, los cuales liberan gran cantidad de esporas (conidias), que son fácilmente diseminadas por el viento. Infecciones severas son frecuentes en zonas de alta humedad relativa, lluvias continuas y temperaturas frescas en la noche, como es el caso de la zona cafetera y los Llanos Orientales. Este patógeno en condiciones favorables para su desarrollo puede infectar la mazorca y occasionar pudrición del grano.S. *maydis* puede afectar la mazorca y causar pudrición interna y externa.



- Royas

El maíz es afectado por varias especies de royas, siendo la más frecuente la roya común causada por *Puccinia sorghi* Schwein. Se manifiesta principalmente en las hojas, aunque puede afectar el tallo y la envoltura de la mazorca. Se presenta en forma de pústulas circulares o elongadas de color pardo o amarillentas, esparcidas sobre las hojas y cuando esporulan se tornan de color café, rojizas o casi negras. Las pústulas son erupentes en su fase final y emiten un polvillo de color ladrillo o café. La infección generalmente se inicia en las hojas bajas. La especie *P. sorghi* Schwein es favorecida por temperaturas entre los 16 a 23° C y alta humedad relativa.



La especie *P. polysora* Underw, es favorecida por temperaturas cálidas (27° C) y alta humedad relativa. En condiciones del Valle del Cauca, es frecuente su aparición después del llenado de grano, sin embargo, en períodos secos alternos con lluvias frecuentes puede afectar cultivos en época temprana, con alta incidencia y severidad, induciendo secamiento de hojas bajas.



- Bandeado de la hoja

Esta enfermedad es causada por *Thanatephorus cucumeris*(A.B. Frank) Donk (Amorfo Rhizoctonia solani Kuhn), se caracteriza por manchas pardas que se desarrollan desde el borde de la hoja hacia la nervadura central en forma de bandas concéntricas, las cuales pueden abarcar gran parte de la lámina foliar. Este patógeno causa también pudrición en la vaina de la hoja y a medida que la enfermedad avanza puede afectar la mazorca.





ENFERMEDADES CAUSADAS POR CROMISTAS:

Recientemente los taxónomos de hongos han incluido a los Oomycetos dentro de un grupo nuevo cuyo nombre ha sido clasificado como Cromista. En este grupo se incluyen los patógenos *Pythium*, *Sclerophthora* y *Peronosclerospora*.

- Mildeo Velloso

En Colombia se han encontrado dos agentes asociados con el mildeo: *Peronosclerospora sorghi* Weston y Uppal y *Sclerophthora macrospora* (Sacc) Thirum, C.G. Shaw y Naras. El *P. sorghi* causa el mildeo velloso propiamente dicho, inicia su infección a través de *Oosporas* (inóculo primario), que son estructuras de resistencia que se encuentran en el suelo y al

germinar penetran a las raíces causando una infección sistémica. Sobre la superficie de las hojas afectadas se desarrolla el mildeo, el cual corresponde a los conidióforos y conidias del hongo, las cuales al ser diseminadas por el viento pueden causar infección local en otras plantas y eventualmente infección sistémica. Esas conidias necesitan oscuridad, alta humedad relativa y temperaturas entre 14 a 17° C para germinar.

S. macrospora es conocido por causar la enfermedad denominada punta loca. Su infección se inicia por las *Oosporas*, las cuales liberan zoosporas que necesitan bastante agua para infectar la planta a través de la raíz y causar infección sistémica. En el mildeo que se forma en las hojas se desarrollan unas estructuras reproductivas (esporangióforos), que originan los esporangios, los cuales a su vez liberan nuevamente zoosporas que al caer al suelo inician la enfermedad. La enfermedad inicialmente se caracteriza por presentar el síntoma denominado de media hoja, o presencia de una zona clara que contrasta con el verde normal de la hoja y que cubre la mitad de la lámina foliar, iniciándose en la base de ésta.

Más adelante se observan bandas cloróticas que avanzan paralelas a la nervadura central y pueden llegar a cubrir una buena parte de la lámina foliar. En las bandas blanquecinas se desarrolla un polvillo blanco que se conoce como mildeo velloso. Algunas de estas bandas llegan a necrosarse y secarse prematuramente para luego desgarrarse en forma de látigo. Cuando el tejido se desgarra libera estructuras llamadas oosporas, las cuales al caer al suelo permanecen viables por algún tiempo. Las inflorescencias no se forman normalmente y en el caso de la masculina, presenta gran cantidad de hojas pe-

queñitas, síntoma conocido como filodia.

Las inflorescencias femeninas se adelgazan y alargan, dando la apariencia de brotes. Es característica de *S. macrospora* la presencia de una proliferación de hojas erectas y delgadas en forma de penacho, en la parte superior de algunas plantas. A la fecha (2007), el mildeo veloso se ha detectado en maíz, sorgo, pasto Johnson y sorgo forrajero.



ENFERMEDADES CAUSADAS POR BACTERIAS:

- Pudrición Acuosa del Tallo

Es causada por la bacteria *Dickeya zeae* Samson et al., (*Syn Erwinia chrysanthemi* pv *zeae*). En plantas jóvenes el síntoma característico que permite identificar esta enfermedad es la presencia de plantas con cogollos amarillos, los cuales pueden ser fácilmente desprendidos del tallo. El tejido de la base del cogollo es blando, de color crema y con mal olor.

En plantas adultas la hoja adyacente a la mazorca se presenta seca y erecta, el tallo muestra síntomas de pudrición suave. Las mazorcas de plantas infectadas con *D. zeae* presentan pudrición acuosa del capacho y los granos toman color blanco perla, son acuosos y de mal olor. La infección es favorecida por días muy calurosos, generalmente después de una lluvia o un riego. La permanencia de plantas enfermas en el campo contribuye a la diseminación rápida de la enfermedad, por insectos y el salpique de la lluvia.





ENFERMEDADES DE LA MAZORCA:

- Pudrición Rosada por Fusarium

Es causada por *Gibberella moniliformis* Wine-land (Anamorfo *Fusarium moniliforme* Sheldon) y *Gibberella zeae* (Schwein) Petch. (Anamorfo *Fusarium graminearum* Schwabe). En infecciones por *F. moniliforme* en estados iniciales las mazorcas presentan granos con una coloración blanca a rosada sobre la superficie, posteriormente el hongo se desarrolla y forma un micelio de color blanco o rosado, que puede ser fácilmente observado sobre o entre los granos. En estados avanzados se presenta germinación de granos. *F. moniliforme* puede ser transmitido por semilla. Su infección es favorecida por alta humedad relativa, insectos barrenadores, deficiencias nutricionales, por problemas de punta descubierta y por daño de pájaros. Otros factores que pueden incidir en la presencia de la enfermedad son la cosecha tardía y el volcamiento.



- Pudrición por Diplodia

Como agentes causales de pudrición de mazorca se han registrado en Colombia dos especies *Stenocarpella maydis* (Berk) Sutton (Syn. *Diplodia maydis* (Berk.) Sacc., y *Stenocarpella macrospora* (Earle) Sutton (Syn. *Diplodia macrospora* Earle). El capacho de las mazorcas afectadas presenta coloración pajiza, con desa-



rrollo de abundante micelio blanco y en condiciones de alta humedad, puntos negros (picnidios) sobre la lesión. Dentro de la mazorca se presenta un micelio blanco, que crece debajo de los granos y entre las hileras. En estados avanzados las mazorcas toman un color café oscuro. La infección es favorecida por ambientes cálidos, seguidos por períodos de alta humedad.



ENFERMEDADES CAUSADAS POR VIRUS:

En Colombia se han registrado cuatro enfermedades de origen viral. La importancia de estas enfermedades depende de las condiciones ambientales que favorecen el establecimiento, incremento y migración de los insectos vectores, de la época de inoculación de la enfermedad, del grado de severidad y de la susceptibilidad de los genotipos. Las enfermedades virales más frecuentes son el Mosaico del Enanismo del Maíz y el Rayado Fino. Aunque el Bandeado y Mosaico son enfermedades más severas por las pérdidas que inducen por planta, se presentan esporádicamente y su incidencia siempre es menor. Las pérdidas que ocasionan estas enfermedades en materiales susceptibles varían según el grado de severidad, el cual a su vez está relacionado con la época de infección. Al comparar la producción de una planta sana con una enferma cosechada de manera apareaada, se ha encontrado que las plantas que se infectan en las primeras etapas de desarrollo del cultivo presentan pérdidas al 50 por ciento.

- Virus del Mosaico del Enanismo del Maiz (MDMV) y Potyvirus Relacionados

Esta enfermedad es una de las más importantes que afectan al maíz, se encuentra ampliamente distribuida en Colombia, especialmente en el Valle del Cauca y en todas las zonas productoras de maíz en el mundo. Asociados con el cultivo del maíz se han registrado cuatro potyvirus que inducen los mismos síntomas o muy parecidos; son ellos: Maíz Dwarf Mosaic Virus (MDMV), Sugarcane Mosaic Virus (SCMV), Johnson Grass Mosaic Virus (JGMV) y Sorghum Mosaic Virus (SrMV).

Los síntomas se inician entre los tres y cinco días después de que ocurre la infección, y se caracterizan por la presencia de un moteado leve

en la base de las hojas jóvenes. A medida que la planta se desarrolla, toda la lámina foliar se cubre con el mosaico y se forma un rayado irregular y manchas aceitosas de apariencia anular. Dependiendo de la época en que ocurre la infección, la planta puede presentar enanismo y coloración rojiza en las hojas superiores. Si la infección ocurre muy temprano, las mazorcas son pequeñas y con pocos granos. Las hospedantes de estos potyvirus están restringidas a la familia Gramínea, en las cuales se encuentran 243 especies susceptibles a MDMV.

Estos virus son transmitidos mecánicamente y de manera no persistente por varias especies de áfidos. *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) y *Myzus persicae* (Sulzer) son vectores eficientes para un aislado de MDMV, evaluado en condiciones del Valle del Cauca. Se conoce para el MDMV una transmisión por semilla entre 0.2 y 0.5 por ciento, y para SCMV entre 0 y 0.008%. Estos potyvirus tienen partículas flexuosas de 700 nanómetros de largo por 13 de ancho. En condiciones de campo se han observado síntomas similares en caña de azúcar, sorgo de grano (*Sorghum bicolor*), caminadora (*Rottboelia exaltata*), pasto Johnson (*Sorghum halepense*), liendrepuerco (*Echinochloa colona*), guardarroció (*Digitaria sanguinalis*), entre otros.



- Virus del Rayado Fino del Maíz (MRFV)

Se encuentra ampliamente distribuido en Colombia, aunque en los últimos años su incidencia ha disminuido en el Valle del Cauca, posiblemente por las aplicaciones que se hacen para reducir las poblaciones de su insecto vector.

El virus del rayado fino se caracteriza inicialmente por puntos cloróticos ubicados ordenadamente paralelos a la nervadura central y en la base de las hojas jóvenes, inician su aparición 3 ó 4 días después de que ocurre la infección. Con el avance de la infección los puntos coalescen y originan un rayado muy fino que puede llegar a cubrir toda la lámina foliar. En cultivos muy susceptibles hay necrosis de células con ruptura de la lámina foliar, acompañada a veces de marchitamiento. Si la infección ocurre después de floración, los síntomas no son muy evidentes y algunas veces no se manifiestan.

Se han registrado como hospedadoras, además del maíz, algunas subespecies de teosinte tales

como: *Z. luxurians*, *Z. diploperennis*, *Trisacum australe*, y *Rottboelia exaltata*. Bajo condiciones controladas se logró infección en sorgo de grano *Sorghum bicolor*, realizando inoculaciones con insectos transmisores. El virus del rayado fino (Marafivirus) no se transmite mecánicamente, ni por semilla, ni por polen, es transmitido de manera persistente únicamente por el insecto Cicadellidae *Dalbulus maidis* (Delong). El porcentaje de transmisión se encuentra entre 10 y 34 por ciento. El Marafivirus es una partícula isométrica que se multiplica en el insecto vector y es retenido durante las mudas pero no es transmitido a su progenie a través del huevo.



ENFERMEDADES CAUSADAS POR ESPIROPLASMAS Y FITOPLASMAS:

- Achaparramiento

El cultivo del maíz es afectado por dos enfermedades conocidas como achaparramiento, una causada por un fitoplasma Mayze bushy stunt disease MBSD y la otra causada por un

Espiroplasma Corn Stunt Spiroplasma CSS. Los dos pertenecen al grupo de los Mollicutes, pero difieren en su forma. Estos patógenos tienen períodos de incubación en la planta que varían entre 40 a 60 días, por lo cual los síntomas se manifiestan generalmente después.

Los síntomas iniciales se caracterizan por la presencia de bandas blancas o cloróticas en la base de las hojas jóvenes. La infección avanza de manera sistémica y las bandas pueden llegar a cubrir toda la lámina foliar, la cual se torna amarilla o púrpura, dependiendo del genotipo. Se presenta enanismo, acortamiento de entrenudos, proliferación de brotes o mazorcas en los nudos, esterilidad masculina, ramificación excesiva o reducción de raíces. Las hojas pueden presentar ruptura de los bordes y en ocasiones permanecen entrelazadas en el cogollo o en la parte superior de las plantas. En infecciones tempranas las plantas no producen y su altura se reduce significativamente. Las mazorcas no se desarrollan normalmente y en ocasiones muestran estructuras reproductivas masculinas en el ápice de la mazorca.

El achaparramiento del maíz es transmitido por el saltahojas *Dalbulus maidis*. Todos los estados del insecto (ninfas y adultos) son capaces de adquirir y transmitir la enfermedad, siendo más eficientes las ninfas. Otras chicharritas o saltahojas vectores de la enfermedad son *D. elimatus* y *Graminiella nigrifrons*, las cuales aún no han sido registradas en Colombia. Las poblaciones de *Dalbulus* se incrementan en temporadas secas y temperaturas altas. El insecto tiene como hospederas, además del maíz, a *Rottboelia exaltata* (caminadora), *Avena fatua* (avena), *Sorghum halepense* (pasto Johnson) y *Hordeum vulgare* (cebada). Las pérdidas inducidas por el achaparramiento están directamen-

te relacionadas con el porcentaje de incidencia de la enfermedad, el porcentaje de plantas improductivas y el grado de severidad. Entre más jóvenes se enferman los cultivos, mayores son las pérdidas por planta.



MEDIDAS DE MANEJO DE ENFERMEDADES FOLIARES

Las enfermedades foliares de origen fungoso en maíz en su gran mayoría son causadas por microorganismos capaces de sobrevivir en residuos de cosecha por algún tiempo. Las siguientes medidas culturales son un mecanismo eficiente en la reducción de fuentes de inóculo:

- La rotación de cultivos con especies diferentes a gramíneas.
- Eliminación o incorporación de los residuos de cosecha en lotes donde la incidencia de la enfermedad ha sido muy alta. En algunas zonas del departamento del Valle del Cauca donde hay cultivos manejados con labranza de conservación, se pueden realizar algunas prácticas como la aplicación de agentes biológicos para la descomposición rápida de los residuos de la cosecha anterior.
- Uniformidad de siembras en fincas y en zonas maiceras, lotes muy adelantados o muy atrasados son generalmente más afectados y contribuyen a la diseminación de estos patógenos.
- No sembrar en lotes con antecedentes de prevalencia de enfermedades y cercanos a las ribерas de los ríos y con tendencia a encharcamiento.
- Realizar monitoreo frecuente en el cultivo desde su emergencia, con mayor énfasis a partir de los 40 días después de la germinación, con el fin de detectar los síntomas iniciales oportunamente.
- En presencia de infecciones tempranas y en lotes con antecedentes de alta incidencia de

enfermedades, es conveniente la utilización de fungicidas.

- La enfermedad se puede prevenir con fungicidas protectantes, o controlar eficientemente con productos sistémicos. Para evitar crear resistencia de los hongos a los fungicidas es conveniente mezclar un protectante con un sistémico, cuando la severidad de la enfermedad obliga a realizar más de una aplicación por ciclo.

MANEJO DE ENFERMEDADES CAUSADAS POR CROMISTAS:

Hasta el momento las especies de cromistas que afectan el maíz en Colombia son consideradas las menos agresivas, por consiguiente, medidas preventivas como el tratamiento de la semilla con Metalaxil, protegen la planta durante los primeros 30 días de desarrollo. Por otro lado, la erradicación oportuna de plantas enfermas antes de la necrosis de los tejidos, contribuye a la disminución de la infección en los lotes. La eliminación de hospederas como pasto Johnson y la rotación de cultivos con especies diferentes a gramíneas disminuyen la fuente de inóculo en el campo. Los residuos de cosecha de las plantas erradicadas deben ser incinerados fuera del lote, dado el mecanismo de supervivencia del patógeno.

MANEJO DE ENFERMEDADES BACTERIALES:

Para disminuir incidencia de la pudrición suave en maíz, es conveniente la detección oportuna de la enfermedad, erradicación temprana de plantas afectadas y su correspondiente eliminación fuera de los lotes, evitar regar en horas de intenso calor, y evitar altas densidades de

siembra.

MANEJO DE ENFERMEDADES VIRALES, ESPIROPLÁSMICAS Y FITOPLÁSMICAS:

Las plantas que se afectan con enfermedades de origen viral nunca se recuperan, por el contrario, el carácter sistémico de la enfermedad le confiere la capacidad de mantenerse durante todo el desarrollo vegetativo y reproductivo de las plantas, y a medida que crecen, los síntomas son más evidentes y severos.

El manejo de las enfermedades está encaminado a la integración de medidas que permitan reducir las fuentes de inóculo, la incidencia de la enfermedad en el campo y los insectos vectores, entre éstas las de tipo cultural y el uso de germoplasma con resistencia a las enfermedades, desempeñan un papel importante. Las fuentes de inóculo se pueden reducir mediante la rotación de cultivos diferentes a gramíneas, la estandarización de las épocas de siembra en un área dada, y la eliminación de especies hospederas de los patógenos y los insectos vectores. Se recomienda evitar la presencia de plantas gramíneas principalmente, así como la nacedera, o plantas espontáneas dentro del cultivo, o en los canales de riego y alrededores de los lotes donde se planea sembrar maíz.

El uso de productos químicos para disminuir las poblaciones de insectos vectores no ha sido muy eficiente en la mayoría de los casos, debido a que los insectos migratorios son los que transmiten las enfermedades en las primeras etapas de desarrollo del cultivo. Actualmente se aplican productos químicos a la semilla para proteger las plantas durante los primeros días después de su germinación.

Aunque la mayoría de los genotipos que se siembran en el Valle del Cauca son susceptibles a las diferentes enfermedades virales y al acha-

parramiento, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), cuenta con líneas avanzadas que muestran resistencia al virus del mosaico del enanismo del maíz y al achaparramiento.

EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE ENFERMEDADES EN VARIAS REGIONES DEL PAÍS.

En un estudio que está realizando Fenalce en las regiones de Valles interandinos (Zona del valle del cauca, Tolima, y valle del magdalena medio); Zona cafetera (Antioquia, Quindío, Risaralda y Huila) y la Región Caribe (Córdoba, Sucre y Cesar), hasta el momento se ha obtenido la siguiente información:

- En las regiones evaluadas no se observaron enfermedades foliares de maíz antes de floración, estas presentan mayor incidencia y severidad en la fase de pos floración.
- Las enfermedades comunes a las tres regiones son el complejo Mancha de asfalto (*Phylachora maydis*, *Monographella maydis* y *Coniothyrium phylachorae*), el complejo Mancha gris (*Cercospora zeae maydis* II, *Czm I* y *C. sorghi* var. *maydis*) y mancha por *Diplodia* (*Stenocarpella macrospora* y *S. maydis*).
- Para la región Caribe se encontró el Bandeado de la hoja por *Rhyzoctonia* (*Tanatephorus cumeris*) como la más limitante de la producción de maíz en esa zona.
- En la zona cafetera, la aplicación más efectiva para el control resultó ser Mancozeb+Comet, mientras que en Valles interandinos el tratamiento Mancozeb+Propiconazole logra un buen control de manchas foliares.

- Las enfermedades foliares del maíz son mas limitantes en la zona cafetera (nivel de pérdidas en rendimiento del 30,2%), intermedias en el Caribe húmedo (11,4% del rendimiento) y menor en Valles interandinos con un nivel de pérdidas del 8,6%.

- Las pérdidas a nivel nacional en maíz tropical promedian 16,8% del rendimiento de grano, por efecto de enfermedades, si no se ejerce control.

Estos resultados justifican plenamente invertir en un programa de mejoramiento para obtener materiales genéticamente tolerantes a enfermedades foliares en maíz tropical.



BIBLIOGRAFÍA

- Arrieta, K.; Salazar, C.; Campo, R.; Villarreal, N. 2007. Enfermedades patogénicas en los híbridos de maíz en el medio bajo Sinú del Departamento de Córdoba.
- Buriticá, P. 1999. Patógenos y enfermedades de las Plantas de Importancia Económica en Colombia. Universidad Nacional. Sede Medellín. ICA. 329p.
- Castaño, J.J. 1978. Trayectoria de la Fitopatología en Colombia. Editorial Letras. Medellín. 70 p.
- Cimmyt. 2004. Enfermedades del Maíz. Una Guía para su Identificación en el Campo. Programa de Maíz. Cuarta Edición. México D.F.
- Córdoba, C.E.; Varón de Agudelo, F., Huertas, C.; Marmolejo, F. 1999. Situación fitosanitaria del cultivo del maíz, en el valle del Cauca. Fitopatología colombiana 23(1):35-42 (Artículo Técnico)
- De León, C. 1984. Enfermedades del maíz. Una guía para su identificación en el campo. Cimmyt. México.
- De León, C. 2003. Enfermedades Importantes del Maíz en Colombia. En Memorias del Seminario taller. Actualización en el Manejo de enfermedades del cultivo del Maíz en el Valle del Cauca. Ascolfi-Ica-Fenalce, Tulua. Oct 31.2003.
- De León, C. 2006. Enfermedades latentes en maíz en Suramérica. Cimmyt. Programa de maíz para Suramérica. Cali.
- Granada, G.; Varón de Agudelo, F.; 1983. La Punta Loca del Maíz en Colombia. ASCOLFI Informa 9(1):4. (Nota Fitopalógica).
- Huertas, C. A.; Sarria, G.A.; Pineda, B. Evidencias del Mildeo Velloso (*Perenosclerospora sorghi* (W. Weston y Uppal) C.G. Shaw) en cultivos de maíz y sorgo en Colombia. Fitopatología Colombiana 26(2):55-60.
- Osorio, J.A. 2005. Principales enfermedades del cultivo de maíz en Colombia. En principales plagas, enfermedades y malezas del maíz. Corpoica. Villavicencio.
- Paliwal, R.L. Enfermedades del maíz. En el Maíz en los Trópicos. FAO. <http://www.fao.org/DO-CREP/003/X7650S/x7650s10.htm>
- Sarria, G.A.; Varón de Agudelo F.; C. Huertas. 2003. Mildeo Velloso del Maíz. ICA, Fenalce. Ple-gante Divulgativo 30.12.19.03

- Sarria, G.A.; Vanegas, H. y L. Narro. 2006. Enfermedades Resurgentes del maíz. ICA- Fenalce, Fondo Importado de cereales. Produmedios. Bogotá.
- Vanegas, H. y otros, 2002. El complejo de la mancha gris Foliar (*Cercospora spp*) en Maíz Tropical Colombiano. Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Valle ASIAVA. 59(4):4-7 (ICSSN 01224441).
- Vanegas, H., Lemos, G.A., Molina, C.E. 2010. Evaluación de la estrategia de manejo de enfermedades foliares basada en fungicidas, sobre la producción de maíz en Zona cafetera, valles interandinos y Caribe húmedo. El Cerealista. Fenalce. 95. 33-37p.
- Varón de Agudelo, F. y Sarria G.A. 2006. Enfermedades del Maíz y su Manejo. ICA-Fenalce. Produmedios. Bogotá. 56p.
- Wellman, F.L. 1972. Tropical American planta diseases. (neotropical phytopathology problems). NJ, USA, The Scarecrow Press.



MANEJO DE MALEZAS EN MAÍZ

DEFINICION E IMPORTANCIA DE LAS MALEZAS

Se consideran como malezas todas aquellas plantas que interfieren con la actividad humana en áreas cultivables y no cultivadas. Las malezas son aquellas plantas que crecen durante un periodo de tiempo en un lugar determinado y en una población tal que llegan a ser perjudiciales o indeseables para los cultivos. También se considera como maleza una planta poco familiar, indeseable o fuera de sitio. Por ejemplo, una planta de sorgo en un cultivo de maíz es considerada como maleza.

Las malezas se constituyen como uno de los factores bióticos de gran importancia en el cultivo de maíz y se constituyen en las mayores responsables en la disminución de los rendimientos y en el aumento de los costos de producción. Ellas compiten por los factores de producción tales como el agua, la luz solar, los nutrientes, espacio y el bióxido de carbono.

Además, existe un tipo de competencia bioquímica conocida como alelopatía, que es el efecto que muchas malezas ejercen sobre el maíz al liberar en el suelo sustancias inhibidoras del crecimiento y desarrollo, pudiendo llegar a causar la pérdida total del cultivo. Estas sustancias entran en el ambiente como secreciones o lixividos de raíces y hojas de malezas vivas o como lixiviados de vegetación en descomposición. Sus efectos pueden dar lugar a la inhibición de la germinación de la semilla, a la prevención o reducción de la elongación y a la desorganización celular de las raíces.

Algunas malezas con efectos alelopáticos son, el coquito, la caminadora, el bledo, guardaro-

cio, pasto Johnson, verdolaga, altamisa, entre otras.

Muchas malezas son hospederos de insectos plagas y patógenos que posteriormente afectan notoriamente al maíz. Diversas especies de lepidópteros como el *Spodoptera spa.*, *Mocis sp.*, *Diatraea sp.*, transmisores de virus, como *Rhophalosiphun*, *Myzus*, *Peregrinus mydis*, y *Dalbulus maydis*. En enfermedades, la caminadora, liendrepuerco, guardarocio y coquito son hospederos del mildeo veloso.

Las malezas, además de competir con las plantas de maíz, pueden causar serios problemas en el desarrollo del cultivo, limitan ostensiblemente los rendimientos y calidad y recolección de la cosecha. Algunas especies de malezas de hábito trepador, como la batatilla (*Ipomoea sp.*), amarran los tallos de diferentes plantas y dificultan notablemente la recolección y calidad del grano.

Basadas en sus ciclos fotosintéticos, las plantas pueden dividirse en tres grupos principales. Estos incluyen C3 (Ciclo de Calvin-Benson), C4 (Ciclo Hatch-Slack) y CAM. Es bien importante tener en cuenta que la mayoría de las malezas gramíneas nocivas en maíz están clasificadas como C-4, es decir son fisiológicamente muy competitivas, presentan una alta eficiencia fotosintética, lo que se traduce en una habilidad de rápido crecimiento, trabajan muy bien en ambientes de stress y altas temperaturas y por poseer un alto índice de eficiencia en el uso del agua son más productivas.

Estas especies vegetales nocivas, además suelen disponer de una gran habilidad que consiste en mantenerse latentes en el suelo durante largos periodos, en diferentes niveles, limitando su

presencia cuando se hace un apropiado manejo, pero cuando se falla en esta labor y se dan las condiciones propicias, vuelven a reaparecer, reinfestando el lugar, al germinar las semillas que se encuentran enterradas en la tierra.

Las especies de malezas persisten en las zonas agrícolas porque se adaptan a las prácticas agronómicas usadas, incluyendo los métodos de control y por su capacidad innata de reproducirse. Como en el control se da énfasis a la eliminación de plantas y no de estructuras reproductivas, las especies con efectivos mecanismos de reproducción tienden a predominar. Si se limita la reproducción de las malezas se disminuyen las poblaciones a niveles fáciles de manejar.

La diversidad de las especies de malezas con diferencias en las características morfológicas, fisiológicas y hábito de crecimiento hace necesario que el control sea integral y sistemático. Como todas las especies no se pueden controlar con el mismo método, se requiere la integración de varios métodos en sistemas programados a largo plazo, en los que se incluyan medidas de prevención, erradicación y de restricción del crecimiento de las malezas durante las etapas del cultivo sensibles a la competencia.

EPOCAS CRÍTICAS DE INTERFERENCIA DE MALEZAS CON EL MAÍZ

Las malezas son un problema mundial en el cultivo del maíz. La baja tasa de crecimiento de las plantas de maíz y la amplia distancia entre surcos crea un ambiente ideal para el crecimiento de las malezas. El crecimiento descontrolado de las malezas puede provocar pérdidas de rendimiento de grano de maíz hasta en un 85 por ciento. El grado de reducción del rendimiento depende de la duración de la competencia, la etapa del ciclo de vida del cul-

tivo, la población y condiciones de crecimiento de las malezas. Y cuando estas presentan características similares al cultivo de maíz, como el pasto Johnson, la caminadora y el coquito.

Para lograr una buena producción en el maíz es imprescindible mantener el cultivo libre de malezas; en estas condiciones con el buen desarrollo del maíz se crea un ambiente adverso para la emergencia y desarrollo de las malezas. De esta manera con un cultivo bien establecido se facilita el control de una nueva infestación de malezas y el efecto del herbicida se potencializa, con la posibilidad de una reducción de las dosis usadas y una economía en costos.

Los estudios realizados a nivel mundial y Colombia y Venezuela indican que la época crítica de competencia de las malezas en el maíz ocurre en los primeros 30 días de germinado el cultivo, en las zonas de clima cálido, en el clima medio la competencia se presenta hasta los 40 y 50 días. En términos generales, para que no se presente una reducción en el rendimiento el maíz debe estar libre de malezas durante el primer tercio del ciclo del cultivo.

Las pérdidas generadas por las malezas se presentan bajo dos aspectos:

- Directos: ocasionadas por la interferencia de aquellos individuos no controlados o que escapan a la práctica de control.

- Indirectas: Al disminuir la eficiencia operativa de las cosechadoras.

En los siguientes cuadros se presentan los resultados de un estudio realizado por E. Rodríguez, en Venezuela, sobre el efecto de las malezas en la disminución del rendimiento, con relación al número de días en que el maíz se vio afectado por la presencia de estas.

Libre de maleza desde Semana	Rendimiento K/Ha	Enmalezado desde Semana	Rendimiento K/Ha
0	5.507	0	1.073
1	5.613	1	1.787
2	5.281	2	3.076
3	4.718	3	3.457
4	4.073	4	3.885
5	3.660	5	4.461
6	2.743	6	5.072
16	1.265	16	5.830

Fuente: Elio Rodríguez T 1981

Días de Competencia	Reducción Rendimiento %
10	10
20	23
30	28
40	30
50	40

PROPAGACIÓN DE LAS MALEZAS

El principal medio de propagación de las malezas ocurre por la diseminación de semilla sexual tanto de especies anuales como perennes, donde cobra gran importancia el uso de semilla de maíz certificada de muy buena calidad, y por la distribución de partes asexuales (bulbos, raíces, rizomas, estolones, tubérculos, etc.), que son llevadas de un lado a otro por ignorancia o descuido de agricultores y trabajadores del campo. Igualmente esto suele ocurrir por el movimiento de animales y maquinaria. Añadiéndose a esto, algunos factores ambientales como el agua de riego por contaminación de los canales de conducción, la fauna silvestre y el viento quienes contribuyen en alguna proporción a su diseminación.

CLASIFICACIÓN DE LAS MALEZAS

Las malezas se clasifican: botánicamente, de acuerdo con el ciclo de vida, por su hábito de crecimiento, grado de nocividad, requerimiento de condiciones de alguna variable de suelo, clima o cualquier otro factor.

Botánicamente:

Según el tipo de hojas y raíces se clasifican en:

- Malezas gramíneas
- Malezas de Hojas anchas

Clasificación por ciclo de vida

- Anuales: Cuando las malezas cumplen su ciclo de vida en menos de un año, son de rápido crecimiento y se propagan, principalmente, por semilla sexual. Ejemplo: El Bledo (*Amaranthus dubius* Mart.).

- Perennes: Plantas que viven más de un año, se pueden propagar tanto por semilla de origen sexual como por propágulos vegetativos

(asexual), siendo esta última, la forma principal de dispersión; por ejemplo, la paja Johnson (*Sorghum halepence* (L.) Pers.).

- Semiperennes: algunas especies que pueden vivir un año o más, su reproducción es por semilla sexual, son de porte bajo. Las familias Malvaceae (escobas) y Leguminosae (chilinchil)

Según el Hábito de crecimiento

- Erectas: Son plantas con tallos de crecimiento erecto. Ej.: El Bledo (*Amaranthus dubius* Mart.).

- Rastreras: Plantas cuyos tallos crecen tendidos sobre el suelo. Ej.: La Siempreviva (*Commelina diffusa*).

- Trepadoras o Volubles: Plantas con tallos capaces de crecer sobre las plantas de cultivo. Ej.: La batatilla (*Ipomoea* spp).

Según el tipo de daño:

- Levemente dañinas: Se presentan en bajas densidades.

- Medianamente nocivas: Se presentan en densidades variables y en algunas localidades Ej.: la liendre puerco (*Echinochloa colonum*).

- Nocivas: Plantas de crecimiento agresivo, se presentan en altas densidades y en todas o casi todas las regiones productoras de maíz. Ej.: Caminadora (*Rottboellia exaltata*).

Por requerimientos hídricos:

- Hidrófitas: Presentan altos requerimientos de agua; no existen en el cultivo del maíz.

- Mesófitas: Requerimientos intermedios de

agua, grupo al que pertenecen la mayoría de las malezas presentes en las siembras de maíz.

- Xerófitas: Plantas tolerantes o resistentes a sequía.

- Higrófitas: Plantas que requieren alta humedad relativa.

Por requerimientos térmicos:

- Macrotérmicas: Propias de clima cálido, 20°C.

- Macromesotérmicas: Habitadas a climas medios, de 10 a 20°C de temperatura.

- Mesomicrotérmicas: De climas fríos, entre 5 y 10°C de temperatura.

PRINCIPALES MALEZAS EN EL CULTIVO DEL MAÍZ

En el siguiente cuadro se registran las malezas de mayor incidencia en el cultivo del maíz, en las zonas por debajo de los 1600 m.s.n.m.

MALEZA	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	PROPAGACION	CLASIFICACION
Coquito	<i>Cyperus rotundus</i>	Cyperáceas	Asexual	Nociva
Caminadora	<i>Rottboellia exaltata</i>	Gramíneas	Sexual	Nociva
Batatilla	<i>Ipomoea spp</i>	Convolvulàcea	Sexual	Nociva
Pasto Johnson	<i>Sorghum halepense</i>	Gramíneas	Asexual y sexual	Nociva
Guardarocio	<i>Digitaria sanguinalis</i>	Gramíneas	Sexual y asexual	Nociva
Barba de indio	<i>Cynodon dactylon</i>	Gramíneas	Sexual y asexual	Nociva
Lechosa	<i>Euphorbia spp</i>	Euphorbiaceae	Sexual	Median. Nociva

A continuación se hace una descripción de algunas de las malezas de mayor importancia en las zonas de clima cálido.

Coquito (*Cyperus rotundus* L.)

Cyperus es el antiguo nombre griego de esta planta; *rotundus* tiene que ver con la redondez de sus rizomas y sus tubérculos. Es una maleza perteneciente a la familia Cyperaceae, que tuvo su origen en el trópico asiático pero hoy se le encuentra en todas las áreas tropicales y sub-

tropicales del mundo. Es una maleza perenne, se le considera la peor maleza del mundo, presenta prolífica y rápida producción de rizomas, tubérculos; estos generalmente permanecen latentes en el suelo. Su propagación es principalmente asexual y es favorecida por el uso de medios mecánicos utilizados para su combate, por lo que es más eficaz el control químico. Se ha comprobado que también se reproduce por semilla sexual, una inflorescencia de Coquito produce hasta 200 semillas.

Este tipo de malezas generan una reducción importante en la producción del Maíz por competencia y por la producción de sustancias químicas alelopáticas que favorecen su habilidad competitiva. Se afirma que este último efecto puede generar reducciones en los rendimientos de hasta el 45%.

Para el manejo de esta maleza se recomienda utilizar: Metolaclor o Alaclor en presiembras e incorporados con suelo seco. Bentazón en post-emergencia.

A veces es necesario realizar aspersiones sucesivas de glifosato, sobre el Coquito que haya emergido, antes de sembrar el Maíz.

Caminadora (*Rottboellia exaltata* L.= *R cochinchinensis* (Lour.) Clayton)

Nombre de este género es un homenaje al botánico danés C.F. rottboel, y el de la especie, exaltata se refiere a la altura que pueda alcanzar las plantas. Es una maleza altamente perjudicial o nociva, de ciclo anual y propagación sexual, de rápido crecimiento y sumamente agresiva; es capaz de germinar a mayor profundidad que la semilla de maíz, por lo cual la mayoría de los herbicidas preemergentes no la afectan. La agresividad de la Caminadora ha permitido su rápida expansión. Los daños ocasionados por esta especie se traducen en fuertes reducciones los rendimientos, en dificultad para realizar la cosecha y en problemas para la comercialización de la misma. Se tienen reportes de regiones donde los agricultores se han visto obligados a abandonar áreas de producción o a cambiar el cultivo por infestación de esta nociva maleza.

Para su control se requieren tratamientos con herbicidas específicos: Preemergente y post-emergente: Pendimetalina.

En lotes infestados, se recomienda el glifosato antes de la emergencia del Maíz.

Batatilla

Con este nombre común se conocen los géneros de la familia Convolvulácea: Ipomoea, siendo la especie más frecuente I. tiliácea. Ipomoea es una combinación de las voces griegas ips: gusano, y homoios: enroscarse, enrollarse hace alusión al hábito trepador de esta maleza. Se encuentra diseminada en todo el país y es altamente perjudicial.

Es una maleza anual que se puede presentar desde antes de la germinación del cultivo, en pleno establecimiento del mismo o en forma tardía más de 30 días de edad. Su desarrollo es muy agresivo por tener tallos volubles que envuelven completamente el cultivo, causan volcamiento total o parcial haciendo difícil las labores de cosecha, tanto manual como mecanizada.

El control de esta maleza requiere la aplicación de herbicidas en preemergencia y/o post-emergencia temprana como:

Atrazina

2,4-D: Anikilamina En post-emergencia cuando el maíz tenga entre 2 y 4 hojas y dirigido cuando tenga de 15 a 25 centímetros. Aplicaciones posteriores causan daño al cultivo.

Dicamba: es otra alternativa en post-emergencia también se utiliza con mezclas con atrazina cuando el maíz tenga 3 hojas y hasta los 25 o 30 centímetros de altura.

Estos herbicidas no se deben dirigir al cogollo del maíz.

Pasto Johnson (*Sorghum halepense* (L.) Pers.)

El nombre del género proviene del italiano "sorgho" y la especie hace referencia al posible sitio de origen en Aleppo, Siria: es de la familia gramineae.

Es una maleza perenne altamente perjudicial, cuyos numerosos rizomas le permiten su propagación asexual; la principal forma de de diseminación es a través de los medios mecánicos de preparación de suelos y del traslado de maquinarias. Otras formas son las semillas de maíz contaminadas y los excrementos de aves y ganado vacuno.

Para su combate se requiere del control químico con herbicidas post-emergentes sistémicos, capaces de ser movilizados junto con los materiales fotosintetizados de la planta hasta los puntos subterráneos de crecimientos (rizomas).

En general se requieren costosas medidas de combate, lo cual incluye aplicaciones sucesivas de Glifosato sobre la paja Jonnson en activo crecimiento.

Glifosato: aplicar sobre paja Johson

EPTC: Erradicane. Incorporado

Antes de sembrar el maíz es una maleza sumamente agresiva, por ser perenne emerge primero que el maíz y compite por luz, nutrientes y agua. Es una limitante de la siembra directa o de mínima labranza.

Numerosos trabajos han reportado reducciones en la germinación y en el crecimiento de diversos cultivos debido a la acción de exudados de la raíz. O de extractos frescos o en descomposición, de hojas, rizomas y raíces de esta maleza.

Guardaroció (*Digitaria sanguinalis*)

Es de la familia de las gramíneas, considerada como especie nociva dada su facilidad de diseminación ya que tiene propagación sexual por semilla y asexual por estolones. Es una maleza anual o perenne facultativa, si las condiciones de humedad las favorece y es una gran competidora por agua y nutrientes.

Es sumamente agresiva y de rápido crecimiento, con tallos rastros estoloníferos que invaden rápidamente extensas áreas y presenta gran facilidad de adaptación a una amplia gama de condiciones agroecológicas.

Dada la persistencia de esta especie en la mayoría de las zonas cultivadas por este cereal en Colombia se estima que su prevalencia está asociada al uso continuo de herbicidas. El control mecánico y el uso de cultivadoras han facilitado su diseminación.

Los productos usados son:

- Atrazina
- Metolaclor
- Alaclor

Barba de indio Pasto argentina o Pasto de la Virgen (*Cynodon dactylon* (L.) Pers)

Es una maleza perenne de la familia de las gramineae, de hábito rastrero y estolonífera. Se propaga tanto por semilla, como por medio de estolones y rizomas, situación que unida a su precocidad y la latencia de sus rizomas en el suelo, en condiciones de extrema sequía, la convierten en una maleza sumamente agresiva y de difícil control.

La preparación de suelos cuando no se hace con debida anticipación, favorece su propagación y desiminación.

El método más eficaz para controlar esta maleza, cuando se conoce el antecedente de su presencia en el lote a sembrar es facilitar una germinación durante la preparación y antes de la siembra aplicar un herbicida como el Glifosato

MÉTODOS DE MANEJO DE MALEZAS EN MAÍZ

Al establecer un método de manejo de malezas en el maíz se debe tener como objetivos fundamentales, prevenir la introducción y el establecimiento de malezas nocivas, integrar los métodos de control para reducir las especies resistentes presentes en el lote y evitar al máximo la competencia de las malezas con el cultivo.

La implementación de un programa de control de malezas requiere del conocimiento previo de aspectos particulares de estas especies y de las interacciones con el cultivo y su manejo. El cultivo de maíz se debe mantener libre de malezas los primeros treinta días de lo contrario las pérdidas causadas por ellas adquieren suma importancia. Por lo tanto, es de suma importancia realizar las prácticas de control de malezas antes, y en el momento de la siembra del cultivo, de lo contrario los daños que se producen son irreversibles.

Los métodos de manejo de malezas utilizados en la producción de maíz, son los siguientes: Preventivo; Cultural; Manual, con uso de herramientas menores; Mecánico, con empleo de implementos agrícolas y Químico, mediante la aplicación de herbicidas.

Es muy importante tener en cuenta que para

ejercer un apropiado manejo de malezas en el cultivo del maíz es necesario integrar esta serie de medidas de control y además tener una información previa obtenida bien sea del agricultor, de su ayudante o colaborador inmediato y/o de visitas previas la lote que se va a sembrar para saber a ciencia cierta el tipo de malezas presentes.

El desmedido uso de los plaguicidas agrícolas obligó a quienes de una u otra manera tienen que ver con ofrecer soluciones en investigación a garantizar una mayor protección al medio ambiente y para ello se consolidó el concepto de manejo integrado de malezas acudiendo a la utilización de todos métodos de control y así garantizar la sostenibilidad del agro eco sistema y minimizar el impacto ambiental.

Control Preventivo: Es la realización de una serie de medidas que van a evitar el establecimiento e introducción de malezas nocivas para el cultivo, que podemos resumir así: Utilización de semilla certificada, limpieza de la maquinaria e implementos para eliminar residuos vegetales que vengan de fincas infestadas con malezas y destrucción temprana de las malezas antes de que produzcan semillas.

Control cultural: Son todas aquellas prácticas para dar al cultivo las mejores condiciones de manejo agronómico adecuadas para favorecer su desarrollo inicial en forma rápida y así brindarle desde el comienzo una mayor habilidad competitiva.

Para este propósito se debe realizar una adecuada y oportuna preparación de los suelos, utilizar para la siembra genotipos (híbrido o variedad) adaptados para la localidad respectiva, utilizar óptimas densidades de siembra,

realizar la rotación de cultivos y fertilizar el lote oportunamente, antes o al momento de la siembra, al lado y debajo de la semilla

Desyerba manual: Consiste en remover las malezas alrededor de las plantas de maíz, utilizando las manos, o cortarlas con machete y/o azadón. Este método se utiliza principalmente por pequeños agricultores y en pequeñas extensiones de cultivo; es muy común entre productores medianos que siembran en ladera y en asocio. La limitante de este método es el elevado costo de mano de obra y la duración de la tarea lo cual puede permitir una competencia nada deseable para el cultivo.

Control mecánico: Como su nombre lo indica, este método comprende la utilización de medios mecánicos para la eliminación de malezas presentes en el lote. Básicamente consiste en cortar, arrancar y cubrir las malas hierbas. Se inicia con la preparación y acondicionamiento previo del suelo para la siembra mediante el uso de arados, rastras u otros implementos, así como el posterior pase de cultivadoras mecánicas, acopladas al tractor.

Cuando se usa el control mecánico una vez establecido el cultivo, se tiene como limitante que las malezas se controlan eficientemente en las calles, pero persisten dentro de las hileras junto al maíz y dependiendo de la época de realización de esta labor, lo que se consigue es ocasionar daños mecánicos en las raíces y la rotura de algunos tallos. De acuerdo con la experiencia de muchos autores, el hecho de cultivar y aporcar el maíz para el control de malas hierbas y nitrificar el suelo, no ha arrojado resultados positivos frente a los rendimientos finales y a la rentabilidad del cultivo. Igualmente si se ha realizado

la aplicación de un herbicida preemergente se rompe la película de este y se va a presentar un rebrote permanente de malezas.



Control Biológico: Es la utilización de organismos vivos como insectos, hongos y virus, que se han desarrollado para controlar malezas. Este método viene avanzando lentamente y con mucha prudencia, pues se tiene que manejar el hecho de que estos organismos no afecten o ejerzan su función de control sobre las especies cultivadas.

Control químico: Se basa en el manejo de malezas utilizando una serie de productos de síntesis química denominados herbicidas, sin necesidad de remover el suelo ni afectar sus propiedades físicas. Estos permiten evitar los sobre costos de mano de obra que se presentaban en la agricultura tradicional, por lo que se considera como el más eficiente y eficaz en muchos casos.

Se cuenta en la actualidad con una muy buena gama de ingredientes activos desarrollados a partir de la investigación básica y aplicada, soportada en el estudio de los mecanismos fisiológicos de absorción, transporte y acción tóxica,

que contribuyen eficientemente en el logro de los altos niveles de producción de maíz en los últimos tiempos. La elección del tipo de producto y dosis a emplear está condicionada por el cultivo, las malezas presentes y su desarrollo, las características edafoclimáticas y el manejo del sistema de producción.

Dentro de estos ocupan un lugar preponderante los llamados preemergentes que garantizan rapidez y efectividad en el control especialmente en regiones y/o en épocas, donde las abundantes precipitaciones impiden o prolongan por mucho tiempo el control manual y hacen imposible el control mecánico.

Para efectuar correctamente el empleo de esta estrategia es importante tener en cuenta una serie de criterios que resumimos así:

- Adecuada selección del tipo y formulación del herbicida a utilizar, teniendo en cuenta la variedad y tamaño de la población de malezas existentes.
- Definir con precisión las dosis a utilizar y el orden de la mezcla, para evitar la sobre o subdosificación de los productos evitando generar resistencia.
- Calibrar debidamente los equipos de aplicación, seleccionar correctamente la boquilla a utilizar, la presión y el tamaño de la gota.
- Garantizar que se asperje por hectárea, el volumen de agua en la cual se haya disuelto la dosis recomendada del herbicida.
- Definir con precisión el momento de la aplicación.

Evitar la contaminación de fuentes de agua tanto en la mezcla como en la aplicación.

- Considerar los efectos residuales para el cultivo de rotación.
- Aplicar en las primeras o últimas horas del día para evitar la degradación del producto por acción de los rayos solares.
- Realizar las aspersiones cuando no hayan presencia de vientos para evitar el arrastre de partículas a otros cultivos o fuentes de agua.
- Utilizar la ropa de protección, casco, guantes, protector de ojos y mascara.

A pesar de las ventajas que nos ofrece este método de control como son su rapidez, facilidad para zonas extensas, evitar o minimizar los daños a las plantas, reducir la erosión y el aspecto económico; vale la pena reiterar que este no se debe considerar como la única solución posible de manejo, sino que por el contrario se debe integrar con todos los métodos reseñados anteriormente.

Clasificación de Herbicidas en Maíz

Según la época de aplicación:

- Pre-siembra: Se aplican antes de la siembra Glifosato, Paraquat.
- P.S. I. Se aplican antes de la siembra incorporados: Alaclor, Metolaclor.
- Pre-emergente: Se aplican después de la siembra y antes de que emerjan las malezas: Atrazina, Alaclor, Pendimetalina.
- Postemergente: Se aplican después de emergido el cultivo: 2,4-D, Bentazone, Nicosulfurón.



Existen dos grandes etapas en el uso de herbicidas. El primero se refiere al manejo de malezas que anteceden a la siembra, conocido como desecación. La otra involucra el uso de productos en pre y postemergencia. La operación de desecación, generalmente se realiza en sistemas de siembra directa y su éxito depende de la disponibilidad de herbicidas eficaces para que haya una eliminación de malezas y el cultivo tenga un desarrollo rápido y vigoroso. Esta práctica debe realizarse unos 15 a 20 días antes de la siembra para evitar los efectos nocivos de los productos en el maíz, como son la clorosis y el desarrollo inicial lento del cultivo.

De acuerdo a la selectividad:

- No selectivo: Le hace daño al cultivo. Paraquat.
- Selectivo: Controlan las malezas sin hacer daño al cultivo. Atrazina.
- Esterilizante Impiden el desarrollo de vegetales. Haloxifop

Por su modo de acción:

- De contacto: Son de acción aguda, actúan localmente, no se movilizan dentro de la planta y requieren cubrir el 100% del área foliar de la maleza. Paraquat.
- Sistémico: Son productos de acción crónica, se movilizan desde el punto de absorción al sitio de acción vía floema y xilema, por lo que requieren concentración de la mezcla de aspersión más que cubrimiento. 2,4-D, Nicosulfurón.

Según su mecanismo de acción:

- Inhibidores de la fotosíntesis: Atrazina.
- Inhibidores de la síntesis de las proteínas: Gli-

fosato, Nicosulfurón.

- Inhibidores de la división celular: Pendimetalina.
- Inhibidores de la síntesis de los pigmentos fotosintéticos: Fluorocloridona
- Inhibidores de la síntesis de los ácidos grasos: Alaclor, Metolaclor.

Tipos de Herbicidas

- Herbicidas de acción foliar y translocables: Actúan a través de la parte aérea de la planta y se translocan por los haces vasculares. Hormonales: 2,4-D; No hormonales: Glifosato
- Herbicidas de Contacto: De acción foliar pero, no se translocan. Pueden ser no selectivos (atacan a cualquier especie vegetal) y selectivos. No selectivos: Paraquat; Selectivos: Bentazón
- Herbicidas con actividad en el suelo: Su actividad se da exclusivamente a través del suelo. Pendimetalina, EPTC
- Herbicidas con actividad foliar y a través del suelo: Estos pueden absorberse tanto por la parte aérea de la planta (hojas y tallos) como en los órganos subterráneos. Atrazina

PRINCIPALES HERBICIDAS RECOMENDADOS PARA EL MANEJO DE MALEZAS EN MAÍZ

Atrazina: Herbicida selectivo que puede ser aplicado en preemergencia o en emergencia temprana de las malezas, controlando las de hoja ancha y algunas gramíneas anuales. Es absorbida por las raíces pero también por las hojas inhibiendo la fotosíntesis.

2.4-D: (Anikilamina) Herbicida hormonal, selectivo sistémico indicado para el control de malezas de hoja ancha y ciperáceas, se puede aplicar en forma total cuando el cultivo tenga de 3 a 4 hojas o dirigido cuando tenga de 15 a 25 centímetros. El compuesto se trasloca a los tejido jóvenes ya sean embrionarios o meristemáticos produciendo malformación.

Metolaclor: (Dual Gold 960 EC) Herbicida selectivo en cultivos de maíz, para ser usado tanto en la presiembra como pre-emergente en el control de malezas gramíneas anuales y algunas de hojas anchas. Es absorbido principalmente por los puntos de crecimiento de las malezas (hipocotilo/coleoptilo) inhibiendo el metabolismo de los lípidos impidiendo su utilización durante la germinación, destruyendo la membrana, e inhibiendo la elongación y división celular, por lo que estas son controladas antes, durante o poco después de la emergencia. Por lo tanto es conveniente facilitar una adecuada humedad del suelo para lograr que el producto entre en contacto con las semillas de las malezas desde el momento que éstas comienzan este proceso.

Sobre las ciperáceas actúa inhibiendo la brotación y el desarrollo de los tubérculos. La humedad del suelo favorece la actividad del herbicida.

Alaclor: (lazo, Alanex) Herbicida para aplicar en presiembra y preemergencia, selectivo en cultivos de maíz para el control de malezas gramíneas anuales y ciperáceas. Es absorbido por los puntos de crecimiento de las malezas en las que actúa inhibiendo la síntesis de las proteínas, lípidos, ácidos grasos, pigmentos y algunas sustancias promotoras del crecimiento.

Pendimetalina: (Prowl, STOMP) Herbicida selectivo al cultivo de maíz y de amplio espectro de acción, en especial contra malezas gramíneas nocivas como Rottboellia exaltata, Sorghum halepense y granadilla. Las semillas de las plantas susceptibles presentes en suelos tratados con este herbicida lo absorben y trascocan hasta las células meristemáticas donde interrumpen el proceso de la mitosis impidiendo la formación de la pared celular. Las plántulas de esas malezas no emergen o, si recién habían emergido al momento de la aplicación no logran desarrollarse: su sistema radical es deficiente deforme y no funcional.

Glufosinato de Amonio: (Finale) Herbicida post-emergente de contacto NO selectivo, de origen biológico (bacteria *Streptomyces hygroscopicus*). Actúa por contacto y no es residual. Es eficaz para el control de malezas gramíneas y de hoja ancha, siendo muy eficiente en malezas nocivas, como *Ipomoea spp*, *Rottboellia exaltata*. El Glufosinato de Amonio contenido en Finale es absorbido por la maleza, inhibiendo la acción de la enzima Glutamina Sintetasa, provocando un exceso de amoniaco, lo que ocasiona una acumulación de metabolitos fitotóxicos.

Bentazón: (Basagrán) Herbicida selectivo post-emergente de contacto por las partes verdes de la planta. Controla malezas de hoja ancha y ciperáceas.

Acetoclor: (Harness) Herbicida selectivo al maíz para aplicar en presiembra, preemergencia y post-emergencia temprana para el control de malezas gramíneas anuales y de hoja ancha.

Nicosulfuron: (Accent) Herbicida post-emer-

gente selectivo a ciertos genotipos de maíz (leer etiqueta) controla malezas gramíneas perennes y anuales en crecimiento activo Actúa siendo absorbido por vía foliar y radicular mediante la

inhibición de la enzima vegetal acetolactate sintasa, o ALS, bloqueando la producción de los aminoácidos, isoleucina y valina, piezas clave en la construcción de las proteínas y otros componentes vegetales.

HERBICIDAS Y MEZCLAS DE USO CORRIENTE EN MAÍZ

EPOCA DE APLICACIÓN	PRODUCTO	Dosis/ Ha (P.C.)	ESPECTRO DE ACCIÓN
Presiembra	Glifosato	2.0 – 4.0 Lts	Total
	Paraquat	2.0 – 4.0 "	Total
Presiembra	Metolaclor	2.0 – 3.0 "	Ciperáceas y Gramíneas nocivas
Incorporado	Alaclor	8.0 "	Ciperáceas y Gramíneas nocivas
Preemergencia	Atrazina	2.0 – 2.5 Kls	H. Anchas Y Algunas Gramineas
	Pendimetalina	3.0 – 3.5 Lts	Rottboellia Exaltata
	Isoxaflutole	60 – 80 Gms	Caminadora Y Gramíneas nocivas
	Atrazina + Alaclor	2.0 K + 3.0 L	H. Anchas y Gramíneas nocivas
	Atrazina + Metolaclor	2.0 K + 1.0 L	H. Anchas y Gramíneas nocivas
	Atrazina + Pendimetalina	2.0 K + 3.0 L	H. Anchas y Caminadora
	Atrazina + Diuron	2.0 K + 1.0 K	H. Anchas y Caminadora
	Atrazina + Acetolaclor	2.0 K + 3.0 L	H. Anchas y Caminadora
Post emergencia	Atrazina	2.0 – 2.5 Kls	H. Anchas y Gramíneas (1y 2 Hojas)
	2,4 – D	1.0 L	H. Anchas – Ciperáceas
	Glufosinato	1.0 – 1.5 L	H. Anchas Caminadora
	Bentazon	2.0 – 3.0 L	Cyperáceas
	Nicosulfuron	50 – 70 gr	Gramíneas nocivas

**SUSCEPTIBILIDAD DE MALEZAS DICOTILEDÓNEAS EN TOLIMA Y HUILA
A ALGUNOS HERBICIDAS**

Nombre Científico	Nombre Vulgar	Herricidas						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Amaranthus</i>	Bledo	S	S	S	S	S	S	S
<i>Amaranthus espinoso</i>	Bledo espinoso	S	S	S	S	S	S	S
<i>Desmodium tortuosum</i>	Pega pega	S	S	S	R	R	M	R
<i>Caperonia palustris</i>	Caperonia	R	S	S	R	R	R	R
<i>Euphorbia spp</i>	Lechosa	S	S	S	R	R	R	R
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	S	S	S	S	S	S	S
<i>Cassia tora</i>	Chilinchil	S	S	S	R	R	R	R
<i>Ipomoea spp</i>	Batatilla	S	S	S	R	R	R	R
<i>Murdannia nudiflora</i>	Piñita	-	R	R	-	R	R	R
<i>Commelina diffusa</i>	Siempreviva	R	M	M	M	R	S	R
<i>Sida spp</i>	Escobas	M	S	S	R	R	R	R
<i>Mimosa spp</i>	Dormidera	R	S	S	R	R	R	R
<i>Cucumis melo</i>	Meloncillo	S	S	S	R	-	M	-
<i>Momordica charantia</i>	Archucha	R	S	S	R	R	R	R
<i>Bidens pilosa</i>	Papunga	-	R	S	-	-	R	-
<i>Phyllanthus miruri</i>	Viernes santo	S	S	S	R	R	-	R
<i>Boerhaavia erecta</i>	Rodilla de pollo	-	S	S	-	-	R	-

S - Susceptible

M - Medianamente Resistente

R - Resistente

Herricidas:

1- Atrazina

2- 2,4-D

3- Dicamba

4- Metolaclor

5- Pendimetalina

6- Alaclor

7- EPTC

Susceptibilidad de Malezas Monocotiledóneas comunes en el Tolima y Huila a Algunos Herbicidas

Nombre Científico	Nombre Vulgar	Herricidas						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Rottboellia exaltata</i>	Caminadora	R	M	R	R	S	R	R
<i>Sorghum halepense</i>	Pasto Johnson	R	R	R	M	S	R	S
<i>Panicum maximun</i>	Pasto Guinea	R	R	R	M	M	S	M
<i>Ischaemum rugosum</i>	Falsa Caminadora	S	R	R	S	S	R	R
<i>Cynodon dactylon</i>	Pasto Argentina	R	R	R	R	R	R	S
<i>Leptochloa filiformis</i>	Pajamona	M	R	R	S	S	S	-
<i>Eleusine indica</i>	Pategallina	M	R	R	S	S	S	S
<i>Cenchrus brownii</i>	Cadillo blanco	S	R	R	S	S	S	-
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Guardarocio	S	R	R	S	S	S	S
<i>Echinochola colonum</i>	Liendrepuerco	S	R	R	S	S	S	S
<i>Setaria geniculata</i>	Limpia frascos	R	R	R	S	S	S	R
<i>Echinochloa crusgalli</i>	Barba de indio	R	R	R	S	S	M	R
<i>Chloris polydactyla</i>	Paja blanca	M	R	R	M	S	-	-
<i>Phynchelytrum repens</i>	Paja rosada	-	R	R	-	-	R	-
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	Cartagena	R	R	R	R	-	-	-
<i>Cyperus rotundus</i>	Coquito	R	M	R	M	R	M	S
<i>Cyperus ferax</i>	Cortadera	R	S	R	R	R	R	S
<i>Cyperus diffusus</i>	Paja cortadera	R	S	R	S	R	S	S

S - Susceptible

M - Medianamente Resistente

R - Resistente

Herricidas:

8- Atrazina

9- 2,4-D

10- Dicamba

11- Metolaclor

12- Pendimetalina

13- Alaclor

14- EPTC

GLOSARIO

- Latencia: Es un estado de crecimiento suspendido de la semilla en espera de que surjan las condiciones más favorables para su desarrollo
- Alelopatía: Proceso mediante el cual las plantas liberan compuestos químicos que interfieren con el crecimiento de otras plantas.
- Inhibidor: Que suspende una función orgánica.
- Susceptible: Capaz de recibir el efecto o acción
- Mitosis: Tipo de división celular en el que a partir de una célula madre se originan dos células hijas con el mismo número de cromosomas y la misma información genética.
- Emergencia: Brotación de una planta
- Translocar: Mover una sustancia a través de un órgano.



BIBLIOGRAFIA

- CAYON, G. y RIVEROS G. 1993. Control de malezas en el cultivo del maíz. En: IICA-PROCEAN-DINO. Experiencias en el cultivo de maíz en la zona Andina. Vol: 2, Quito. Ecuador.
- De La Cruz Ramiro, Principios de control de malezas en Colombia, Instituto Colombiano agropecuario ICA. Manual de Asistencia técnica 1981 p. 2-16.
- DIAZ, C. Y NAVAS, A. 1990. Época crítica de competencia por malezas en maíz en Colombia. En: Memorias XIII Reunión de maiceros de la zona Andina. Lima. Perú. 135-148 p.
- DuPont de Colombia S.A., proyecto rotulado ACCENT 75 WG Herbicida uso agrícola. Bogotá 1999.
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Regional No.7, Curso de actualización en Maíz, Bucaramanga, juli 16 – 20 de 1975 p. 56-75.
- Llanos P. Jaime. Seminario sobre el cultivo de maíz FENALCE ICA SIAHUILA, Neiva, septiembre de 1989 p. 54-67.
- Molina G. Carlos y Delgado R. Hugo. Aspectos Tecnológicos para la producción de Sorgo granífero. FENALCE, Bogotá 2006 p. 74-82.
- MONSANTO Herbicida Harness, Bogotá, 2007. Información técnica.
- OSPINA J.G. 1999. Tecnología del cultivo de maíz. FENALCE-SENA-SAC. Produmedios. Bogotá.
- Proficol, Catálogo de productos. Bogotá, 2005.
- SYNGENTA Herbicida DUAL GOLD 960 E.C. Bogotá. Información técnica.
- www.plagas.-agricolas.info.ve I.A. Msc. Elio Rodríguez Tineo Universidad Central de Venezuela. Maíz en Venezuela capítulo protección y sanidad vegetal sección 2 Combate y Control de Malezas.
- www.pv.fagro.edu.uy. Ing. Agr. MSc. Julio Rodríguez Lagreca. Unidad de Malezas, Departamento de Protección Vegetal, Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay. Avda.E. Garzón 780, 3584560. Las malezas y el agroecosistema.
- www.agrocefer.com/news. D.E. Faccini, E.C.M. Puricelli, E.S. Leguizamón. Departamento de producción vegetal. Facultad de Ciencias agrarias. Zavalla. Santa Fe. Comportamiento de Herbicidas aplicados al follaje.

- [www.inia.org.uy.](http://www.inia.org.uy/)- De Prado Rafael, Cruz Hipólito Hugo. Mecanismos de resistencia de las plantas a los herbicidas.
- www.agroweb.blogcindario.com. E.S. Leguizamón Facultad de Ciencias agrarias. Zavalla. Santa Fe. Malezas y el agroecosistema.
- www.ual.es/personal/edana/bot/
- www.fao.org/docrep/T1147S/t1147. Manejo de malezas para países en desarrollo
- www.fao.org/docrep/003/x7650s. Maíz en los trópicos.



CAPÍTULO

MAÍZ EN ASOCIO CON OTROS CULTIVOS

Cuando se habla de “cultivos en asocio” o “cultivos múltiples,” se hace referencia a las prácticas de cultivo donde en un mismo terreno se obtiene producción a través de dos o más cultivos sembrados simultáneamente, en relevo (uno después de otro) o haciendo una combinación de los dos métodos.

Asociar cultivos ofrece muchos beneficios para los agricultores, sobre todo para los pequeños productores, que son la gran mayoría de la población rural de los países en vías de desarrollo y se encuentran expuestos a la incertidumbre de la producción y del mercado; esta alternativa ha permitido además incrementar sus ingresos y reducir los riesgos generados por el clima, las plagas, la erosión y ayudar a mantener y mejorar la fertilidad del suelo.

El “asocio de cultivos” es uno de los temas importantes para la “agricultura ecológica”, que busca generar alternativas de producción y tener cultivos alimenticios de alto rendimiento. Específicamente en el desarrollo rural, la “agricultura ecológica” y la “agricultura integrada” contribuyen a esa revitalización de las economías rurales a través de un desarrollo sostenible y nuevas oportunidades de empleo.

El asocio del maíz con cultivos como el café y la palma, es un ejemplo de la utilización de estas prácticas de asocio, que generan ingresos alternativos importantes y que por lo tanto mejoran la calidad de vida para los pequeños y medianos productores.

MAÍZ Y CAFÉ



En el 2002 inició el programa de maíz en la zona cafetera, que nació como producto de una alianza estratégica entre el Ministerio de Agricultura, FENALCE y la Federación Nacional de Cafeteros, y que ha representado un ejemplo claro de las bondades del trabajo conjunto y articulado en pro de objetivos comunes: diversificación del cultivo y mejoramiento de las condiciones de los caficultores.

En la actualidad se considera un programa exitoso en la producción de materia prima para la industria avícola, basado en la producción de maíz en una extensa región cafetera constituida por 16 departamentos (Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cesar-Guajira, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima, Valle del Cauca).

Detrás de estos logros conjuntos se encuentra la estrategia de renovación de cafetales,

que durante los últimos años la Federación Nacional de Cafeteros viene promoviendo, y la cual consiste en renovar por zoca o por siembra nueva, una quinta parte del cultivo cada año, completándose el ciclo de renovación en cada predio al cabo de seis años.

Se estima que con esta estrategia se lograrán excelentes niveles de productividad, de manera que los productores puedan ser competitivos y sostenibles, sobre la base de cafetales jóvenes altamente productivos.

Una vez zoqueado el cafetal o en siembras nuevas recién establecidas, queda al descubierto un amplio espacio de terreno que puede ser aprovechado con cultivos transitorios, assimilándolo a una especie de sombrío temporal o cultivo de cobertura en ladera cafetera, de tal forma que pueda crecer de manera óptima el maíz como una opción productiva.

Entonces, gracias al Programa de Renovación de Cafetales, el asocio de estos dos cultivos se convierte en una oportunidad de negocio para los caficultores, dado que la zona cafetera posee una excelente oferta ambiental para el cultivo del maíz.

Esta posibilidad de asociación de cultivos y el convenio que la formalizó, fueron socializados a través de una agresiva campaña de siembra de maíz intercalado en zocas de café, denominada "CAFÉ Y MAÍZ: UN MATRIMONIO FELÍZ"; la cual ha tenido tanta acogida que más de 60.000 hectáreas, de maíz son sembradas cada año bajo este sistema.

El cultivo de maíz intercalado con café es una opción económica para que el caficultor pueda aliviar su flujo de caja, diversificar

y obtener ingresos adicionales, antes de la primera cosecha de café; éste, entonces, es un cultivo inmediato que ayuda a apalancar la inversión en la producción de café.

Actualmente se cuenta con dos híbridos comerciales: FNC 3056 Y FNC 318, que tienen promedios de producciones superiores a 7 T/ha y son tolerantes a las enfermedades más comunes en la zona cafetera. Estos materiales son producto del convenio entre FNC, CIMMYT y Fenalce.

En conclusión, al hablar de maíz en café, la lista de beneficios y ventajas van desde el consumo en la finca hasta la comercialización y entre ellos se pueden destacar los siguientes:

- Existe el espacio para su siembra, en las calles de las zocas o de las siembras nuevas de café.
- Hay una alta demanda por este cereal y un gran mercado nacional insatisfecho.
- Toda la infraestructura de la finca cafetera sirve para el maíz, como herramientas, fumigadoras, guadañas, canastos, cocos recolectores, casillas, etc. y no se requiere de inversiones adicionales.
- La oferta ambiental de la zona cafetera es óptima para el maíz y se dispone de semillas certificadas (variedades e híbridos) con alto potencial productivo.
- La oferta tecnológica generada en este proceso ha sido validada con éxito por agricultores en la región.
- Existen incentivos económicos e instrumen-

tos de política agropecuaria del gobierno central (DRE y Plan Maíz) para este cultivo (financiación blanda, coberturas, seguros y apoyos directos al productor).

- Además, sembrando maíz producimos un alimento básico para el consumo de los colombianos.

- También es importante resaltar el componente social, porque al cosechar maíz se crean empleos directos adicionales:

Una hectárea de maíz ocupa de 50 a 60 jornales, lo cual representa un beneficio social para la región, además se generan ingresos adicionales para las épocas donde no hay cosecha de café o incluso en casos de crisis cuando se deprimen los precios.



De otra parte es importante tener en cuenta las variables que favorecen el cultivo de maíz, asociado a café, así:

Clima:

Como se mencionó anteriormente, la zona cafetera reúne condiciones de clima favo-

rables para el cultivo del maíz, con altitudes entre intermedias y altas, oscilación de temperatura (23°C a 17°C) y precipitaciones bien distribuidas (1800 - 2400 mm). Además, el foto-período y temperatura prolongan el ciclo vegetativo del cultivo, tornándolo intermedio y con un mayor potencial productivo.

Suelos:

El maíz requiere suelos fértiles, pero se adapta a una gran variedad de ellos, aunque prefiere suelos de texturas medias, bien drenados interna y externamente, con contenidos de materia orgánica superiores al 3% y un pH de 5,5 a 7,2. En la zona cafetera, todas las unidades de suelo, preferiblemente con pH medios y altos son óptimas para el cultivo.

Material de siembra (variedades- híbridos):
Se han obtenido diferentes semillas de maíz aprobadas por el ICA, tanto variedades como híbridos, todos adaptados a la zona cafetera. Las variedades de maíz ICA V305 e ICA V354 fueron pioneras.

También se han generado híbridos de grano blanco como el FNC 3056 y amarillo como el FNC 318 y de otras empresas como Dupont-Pioneer, Monsanto-Dekalb, Syngenta.

Preparación del lote:

Los suelos de la zona cafetera son profundos, tienen buenos contenidos de materia orgánica y excelentes propiedades físicas que aseguran una buena aireación y condiciones adecuadas para el desarrollo de las raíces del maíz, razón por la cual no requieren ningún tipo de preparación o remoción, por esto, se propone un sistema de siembra inteligente conocido como "labranza de conservación".

Una vez realizado el zoqueo del café, se retira la madera y se dejan los residuos de la plantación en el lote a manera de cobertura muerta o mulch, para proteger al suelo de la erosión por el impacto de la lluvia y mantenerlo más fresco ante la incidencia del sol, controlando malezas por posición y sombreadamiento, y realizando una mayor actividad microbial para un mayor ciclaje de nutrientes, con la consiguiente economía en fertilización externa.

En lotes nuevos, recién sembrados o en lotes para sembrar maíz de manera independiente (de uno a cuatro días antes o máximo un día después de efectuar la siembra), se debe aplicar herbicida glifosato, usando, por ejemplo, el selector de malezas. Así se elimina la competencia de nutrientes de otras especies, que se secan y mueren, convirtiéndose en coberturas muertas que protegen el suelo.

De esta manera va creciendo el maíz interceptando la luz y lluvias necesarias para su desarrollo, y amarrando el suelo con su sistema radicular.

Esta práctica además, nos asegura que durante el primer mes del cultivo, el maíz no va a tener competencia con otras hierbas, lo cual es definitivo para el buen establecimiento y rendimiento, tanto del maíz como del café.

Distancia y densidad de siembra:

Para asegurar altos rendimientos en maíz, es necesario contar con una adecuada población de plantas de maíz por unidad de área en café. Las distancias de siembra del café son muy variables, 1 x 1 metro, 1,2 x 1,2 m., 1,3 x 1,3 m. Lo recomendable es sembrar el maíz a chuzo formando un surco por todo el cen-

tro de las calles del café, depositando cada 40 cms 2 semillas de maíz por sitio, formando una hilera en curvas a nivel, a través de la pendiente.

Si la distancia entre surcos es de un metro, se tendrían 100 surcos y 2,5 sitios por metro de surco, para un total de 25.000 sitios de maíz por hectárea.

Es decir que cuando se cultiva maíz asociado con café, se establecen esos 25.000 sitios con dos plantas por sitio, para asegurar 50.000 plantas de maíz por hectárea; en siembras independientes se manejan entre 50.000 a 60.000 plantas por hectárea (25.000 a 30.000 sitios).

En este sistema se requieren 15 a 18 kilogramos de semilla por hectárea, y el número de jornales requeridos para la siembra es de aproximadamente 4 a 6 (normalmente un operario puede llegar a sembrar unos 4 kg de semilla de maíz al día).

Época de siembra:



La siembra debe hacerse al iniciar la época de lluvias, de tal manera que se disponga de 3 a 4 meses de agua y humedad para el crecimiento y desarrollo del cultivo, y que la cosecha coincida con la época de verano. De siembra a cosecha pasan aproximadamente 175 días.

En condiciones de la zona cafetera, el maíz requiere buena humedad por lo menos durante los primeros 115 a 120 días de desarrollo del cultivo.

Se recomienda sembrar desde fines de Febrero y durante todo el mes de Marzo en el primer semestre agrícola, y para siembras en el segundo semestre, desde finales de Agosto hasta finales de Septiembre, para aprovechar los tres meses subsiguientes en los cuales tradicionalmente hay buenas lluvias.

Método de siembra:

La siembra en suelos de la zona cafetera se

hace manual, con un método de siembra directa que ha probado ser eficaz: "a chuzo". Como ya se dijo anteriormente, se forma un surco en el centro de las calles del café y cada 40 cms se depositan 2 semillas de maíz. Cada hueco debe tener una profundidad de entre 3 y 5 cms, ahí se depositan las semillas, que una vez puestas en el sitio, deben apretarse con el pie para que queden en contacto directo con el suelo húmedo. Cinco a siete días después de sembrada la semilla, ya debe haber germinado.

Es importante que las semillas queden bien tapadas, y que no queden residuos superficiales de la zoca, pues pueden ser comidas por los pájaros, ratas o gallinas, ocasionando problemas en el establecimiento del cultivo, desaprovechando espacio y quedando con una población de plantas insuficiente para garantizar un buen rendimiento.

Fertilización:



El Análisis de suelos, una eficiente herramienta. La falta de un nutriente en la cantidad apropiada, hace que el suelo produzca sólo hasta donde llegan los resultados del elemento en deficiencia. Es lo que se conoce como la ley del mínimo. Y para saber qué elemento está en deficiencia y cuál es el nivel de los demás nutrientes, la herramienta más indicada es el análisis de suelos.

Este análisis termina dándole al técnico las herramientas necesarias para una idónea recomendación a los productores.

El técnico y el productor, deberán definir cuál es la fuente más económica para su aplicación y si es rentable mezclar los fertilizantes simples o aplicar los compuestos. Los resultados los entregan oportunamente y tiene un bajo costo, aún así, no puede mirarse como un gasto, sino como una eficiente inversión”

Es importante hacer un manejo agronómico independiente del maíz y el café, conforme a

las labores propias de cada cultivo, incluida la fertilización según el análisis de suelo y suministrar a cada cultivo los nutrientes necesarios para evitar competencia en la extracción de los mismos.

La fertilización es una práctica muy importante para aumentar los rendimientos y la calidad de maíz cosechado. La cantidad de nutrientes que extrae un cultivo depende de su productividad potencial que está en función de factores como:

- Variedad.
- Nivel de disponibilidad de nutrientes.
- Densidad.
- Tasa de crecimiento.
- Manejo del lote y del cultivo.
- Condiciones climáticas.

Como veremos en la siguiente tabla, el nivel de productividad guarda estrecha relación con las cantidades de nutrientes extraídos:

Tabla 1. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL MAÍZ.

EXTRACCION DE MACRONUTRIENTES

RENDIMIENTO Ton / Ha.	KILOGRAMOS POR HECTÁREA					
	N	P205	K20	CaO	MgO	S
4	100	40	120	25	18	14
6	120	50	160	30	40	25
8	200	80	224	35	52	32



El maíz en la zona cafetera debe ser fertilizado en forma fraccionada, es decir, desde las etapas iniciales de desarrollo, por ser momentos en los que los nutrientes se necesitan en mayores cantidades, para poder asegurar una buena expansión foliar y un alto aprovechamiento de la luz solar, así:

1. Siembra-abonamiento en VO, es decir, al momento de la siembra.
2. Primer reabono o refuerzo en V6, cuando la planta tiene seis hojas expandidas.
3. Segundo reabono en V10, cuando la planta tiene diez hojas desarrolladas.

Veamos un ejemplo:

La primera abonada se hace a la siembra o tan pronto hay germinación (antes de los 8 a 10 días de sembrado) colocando 8 gramos de abono por sitio al pie de la planta (en 25.000 sitios equivale 200 kg/ha) y dependiendo de la fertilidad del suelo. La mezcla puede ser de 2 bultos de 10-30-10 + 2 bultos de Sulphomag, o usando abono compuesto tipo 12 - 24 - 12.

La segunda abonada al suelo, se hace cuando el maíz está en V6, colocando 4 gramos por sitio de urea (100 kg/ha) o 7-8 gramos del fertilizante 28-4-0-6, dependiendo de la fertilidad del suelo y del estado del cultivo.

En zona cafetera, se debe hacer una tercera abonada en V10 con urea, a razón de 4 gramos por sitio (100 kg/ha) para asegurar el Nitrógeno avanzada la maduración.

También es importante tener en cuenta el requerimiento de elementos menores, que son

aquellos que la planta utiliza en menor cantidad pero que son esenciales para la misma. Las cantidades de micronutrientes requeridas para el maíz son:

MICRONUTRIENTES REQUERIDOS

ELEMENTO	GRAMOS / Ha.
Magnesio	300 – 350
Zinc	250 – 400
Boro	120 - 170
Cobre	100 – 120
Molibdeno	9
Otros	1200 - 2000

Finalmente, es muy importante revisar el cultivo varias veces en términos de nutrición durante su ciclo, porque el conocimiento de su comportamiento con relación a la producción será definitivo para ajustar el plan de fertilización en la próxima siembra y optimizar el próximo cultivo.

Manejo de malezas:

Inicialmente al hacer la zoca no hay problemas con las arvenses, además, las ramas y hojarascas de café ayudan a retrasar su crecimiento.

Cuando se trata de lotes con siembras nuevas de café o lotes para cultivar maíz independiente, el control de arvenses suele hacerse antes o paralelamente con la siembra, usando machetes, guadañas y/o productos químicos como glifosato; posteriormente a los 20 - 30 - 40 días de la siembra, dependiendo del estado del lote y del tipo de maleza, puede ser necesario realizar otro control (manual o químicamente en forma dirigida con el selector, en las áreas requeridas o donde el maíz no ha cerrado bien las calles).

El aporque es una labor que algunos agricultores hacen por tradición y consiste en amontonar tierra alrededor del tallo. No es recomendable esta práctica, porque remover el suelo causa erosión y es una inversión innecesaria; además, como los maíces mejorados, tienen un buen sistema radicular, mazorcas ubicadas en el tercio medio y resistencia al acame.

Control de plagas y enfermedades

Insectos- plagas asociados al cultivo del maíz

Los insectos más comunes en las diferentes etapas del cultivo del maíz asociado al café son: Los tierreros, trozadores, las hormigas, el cogollero, el barrenador del tallo y el gusano de la mazorca.

Enfermedades foliares del maíz

Las enfermedades foliares más comunes que atacan el maíz en la zona cafetera son las causadas por hongos, como la quemazón o tizón, la mancha gris, la mancha de asfalto y las royas.

Estas enfermedades son favorecidas por las frecuentes lluvias y una alta humedad relativa, a las cuales los diferentes materiales de maíz híbridos o variedades, son más o menos susceptibles a ese complejo de hongos.

Para su manejo es clave hacer una inspección periódica del cultivo, de tal forma que si las manchas ocasionadas por dichos hongos aparecen en el tercio inferior (más o menos a los 45 – 55 días de germinado, es decir, en prefloración), es necesario hacer aplicaciones de fungicidas protectantes (tipo mancozeb)

dirigidas al follaje. Si aparecen en la etapa de floración, se hace con fungicidas curativos (tipo triazoles o mezcla de propiconazol + azoxystrobin) y se realiza una nueva inspección 15 ó 20 días después de la floración, con miras a preservar fisiológicamente el follaje activo de la planta hasta su madurez fisiológica (120 días después de la siembra).

Cosecha del maíz

El maíz se puede cosechar para ser consumido en estado de choclo a los 90 días de sembrado, en la zona cafetera o para grano seco entre los 155 a 175 días.

En las fincas en las que se dispone de infraestructura de secado de café, se puede recolectar el maíz con humedad del 20 - 21% (alrededor de los 155 días de sembrado); de lo contrario, es mejor esperar a que el grano tenga menos de 17% de humedad. En este caso ya han transcurrido entre 170 a 175 días de sembrado, recomendándose, además, iniciar la recolección cuando el 80% de las mazorcas se encuentren en este estado y requiriendo adicionalmente, secado al sol, porque el grano para su venta debe tener 15% de humedad para cumplir las condiciones de recibo y evitar la proliferación de hongos y la producción de aflatoxinas.

La recolección en las zonas de ladera es manual y se puede obtener un rendimiento de 8 a 10 costales de entre 40 y 45 kgs, por día/hombre. La relación de bulto en mazorca a grano puede ser de 1.5:1 o 1.7:1 dependiendo del maíz sembrado.

Veamos las técnicas para la producción de maíz asociado con palma africana.

SIEMBRA DE MAÍZ, EN ASOCIO CON PALMA AFRICANA

Como antecedente es necesario señalar que Colombia cuenta con 3.5 millones de hectáreas optimas para el desarrollo del cultivo de la Palma de Aceite; la proyección de siembras según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural al 2020 es de 1 millón de hectáreas, de las cuales en los últimos 5 años se han establecido 130.000 nuevas hectáreas, para llegar en el 2010 a 400.000, en las cuatro zonas productoras, definidas como: Norte, Centro, Oriente y Tumaco, consolidando al país como el cuarto productor mundial y primero en el continente Americano.

Colombia debido al crecimiento del sector avícola importa anualmente 3.5 millones de toneladas de maíz amarillo para abastecer las necesidades del país, lo que significa que para ser autosuficiente tendríamos que sembrar un millón de hectáreas nuevas de maíz tecnificado, con un costo de setecientos millones de dólares anuales.

De otra parte en la estructura de costos del cultivo de la palma, se observa que en los primeros tres años de su establecimiento, no genera ingresos al productor.}

Por las anteriores razones se está promoviendo la siembra de maíz, durante los dos primeros años en la etapa de desarrollo de la palma. FENALCE, Fedepalma, Cenipalma y Cimmyt firmaron desde el año 2.009 un convenio de cooperación por cuatro años, para desarrollar e implementar el sistema productivo de Asocio MAÍZ-PALMA DE ACEITE y ofrecer una alternativa económica en los tres primeros años de siembra y mantenimiento del cultivo de palma.

Las ventajas del asocio maíz – palma, son las siguientes:

- El cultivo del Maíz genera ingresos al palmi-cultor durante la fase improductiva de la palma.
- Con el maíz se mejoran las condiciones físi-co-químicas del suelo, al realizar las labores agrícolas de fertilización, limpieza y controles sanitarios.
- Una cualidad del asocio, es el aporte en bio-masa del maíz al terminar su ciclo cada 4 meses, de 8 toneladas de materia orgánica por hectá-reas, aumentando la vida microbiana del suelo.
- Esta asociación permite una creación de em-piego adicional, representando un importante beneficio social y económico para las regiones.
- Hay una racionalización de costos, al com-partir gastos en el establecimiento y desarrollo de los cultivos
- Existe una oferta ambiental (clima, suelo, topo-grafía), apropiada para los dos cultivos.
- El Proyecto FENALCE - Fedepalma - Cenipalma - Cimmyt ofrece programas de capacita-ción y asesoría para técnicos y productores que desarrollean este sistema productivo.

Manejo del asocio de los cultivos

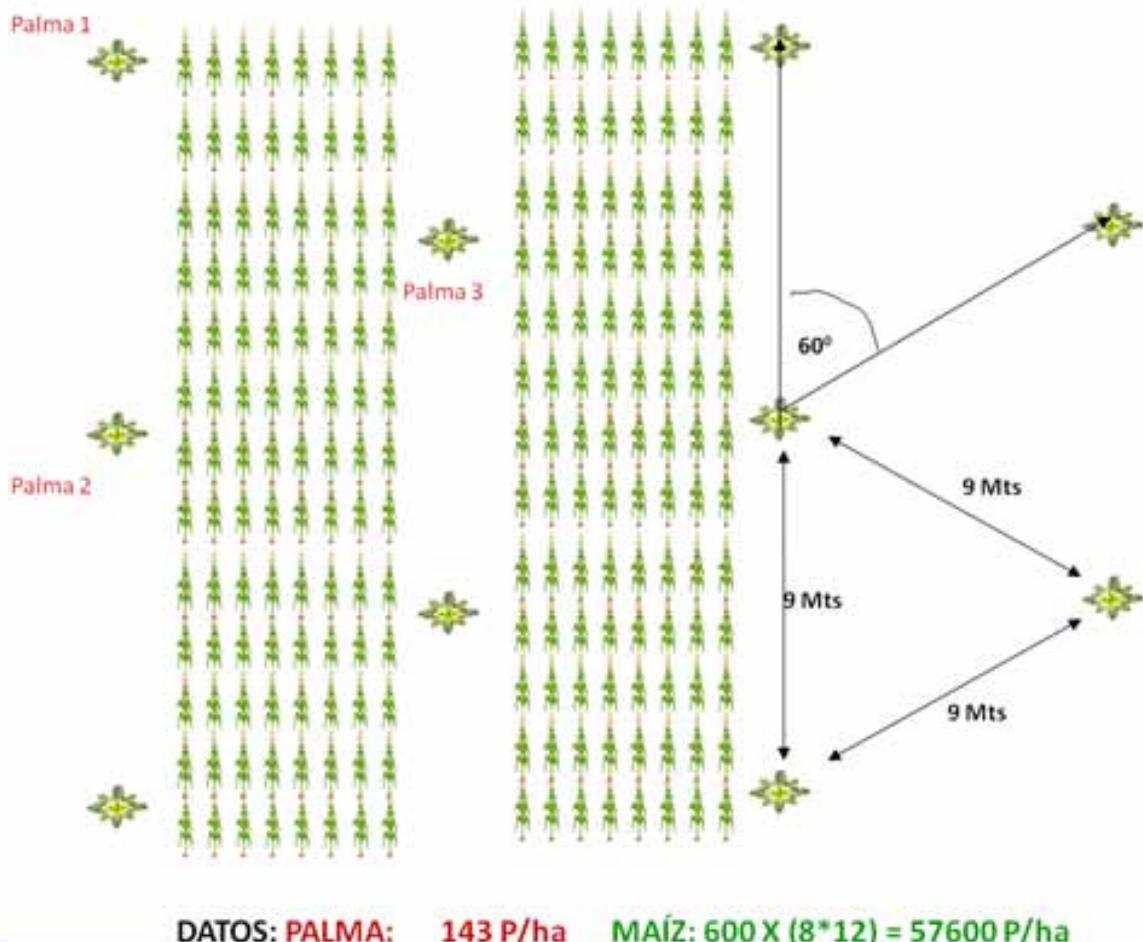
1. Distancias y densidad de siembras

Normalmente, la palma se siembra en triángulo equilátero a 9 metros, para una densidad de 143 plantas por hectárea, las cuales, en su etapa inicial de crecimiento no ocupan mucha área

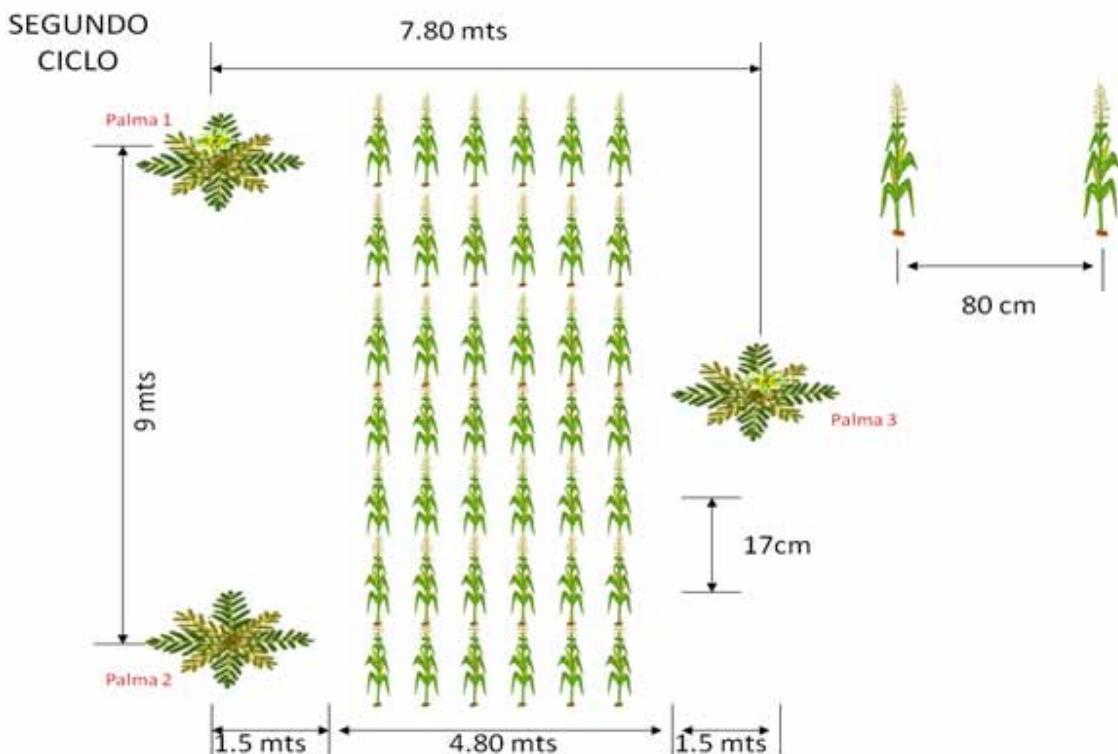
y permiten, sin causarle perjuicios, establecer cultivos de ciclo corto de alta productividad como el maíz.

Primer ciclo: En el momento de la siembra de la palma se pueden establecer 57.600 plantas por hectárea de maíz, haciendo 8 surcos de maíz entre las calles de la palma, así:

DISTANCIAS Y DENSIDAD DE SIEMBRA



Segundo ciclo: A medida que el cultivo va creciendo se debe disminuir el número de surcos de maíz para no obstaculizar las labores en el cultivo de la palma. Se pueden establecer 43.000 plantas por hectárea de maíz, sembrando solo 6 surcos de maíz en la calle de la palma, así:



Tercer ciclo: Se pueden establecer 43.000 plantas por hectárea de maíz utilizando para ello 6 surcos de maíz en la calle de la palma.

Cuarto ciclo: Dependiendo del desarrollo de la palma se sembrarían de 4-6 surcos de maíz.

2. Material de siembra:

En Colombia, se dispone de semilla certificada

de maíz (amarillo y blanco), tanto variedades como híbridos, que se adaptan a las diferentes regiones. Entre estos materiales figuran los híbridos FNC 3056, blanco y FNC 318, amarillo, que han sido probados con éxito dentro de este sistema de cultivo asociado. Adicionalmente, existe una buena cantidad de híbridos y variedades de las principales empresas productoras de semillas.

3. Fertilización:

Al sembrar el maíz intercalado con palma hay que tener en cuenta que cada cultivo tiene requerimientos específicos, por lo que es preciso suministrarles los nutrientes que cada uno exige, con el fin de evitar competencia inter-específica por extracción de nutrientes.

Como en la misma área se están manejando dos cultivos diferentes, se debe dar una adecuada nutrición y un manejo agronómico independiente.

La nutrición se hace por separado, según los requerimientos de cada cultivo. Los requerimientos de maíz por tonelada de grano producida son: entre 20 y 24 kilogramos de nitrógeno, entre 6 y 8 de fósforo, entre 12 y 16 de potasio, 4 de magnesio y 2 kg de azufre.

Es indispensable conocer la fertilidad del suelo y su capacidad de suplir nutrientes. De acuerdo con los estudios de suplemento nativo de nutrientes realizados por FENALCE en la zona del Magdalena Medio, la dosis de nutrientes para el primer ciclo de siembra de maíz son: 150 kilogramos de N por hectárea, 90 de P₂O₅, 70 de K₂O y 50 de Mg.

La dosis total de fósforo, potasio y magnesio se aplica al momento de la siembra; en cuanto al nitrógeno, los estudios de fraccionamiento de este elemento indican que el manejo debe ser: 20% de la dosis total al momento de la siembra, 40% de la dosis total en el estado fisiológico V₆, es decir, cuando la planta tiene seis hojas con la lígula visible, y el restante 40% en el estado fisiológico V₁₀₋₁₂ o cuando la planta posee 10 o 12 hojas con la lígula visible. La fertilización de V₆ se realiza en forma de banda incorporada, y la de V₁₀₋₁₂ en forma de banda.

4. Manejo fitosanitario:

Control de malezas: Se puede hacer en la siguiente forma

Químico: Usando herbicidas pre siembra, preemergentes y pos emergentes.

Manual: Haciendo limpias con guadaña o machete por en medio de los surcos.

Control plagas: Se debe hacer un manejo integrado que incluya:

Tratamiento de semillas: con insecticida protectante

Control de cogollero: Se recomienda hacerlo cuando exista más de 50% de daño fresco, con aplicaciones de Bacillus turingiensis y realizar liberaciones de insectos benéficos como *Trichogramma spp.*

Nunca se deben aplicar insecticidas de categorías toxicológicas I y II

5. Cosecha

Se debe cosechar en grano seco cuando 80% de las mazorcas se encuentran agobiadas (entre 18 y 20% de humedad). Se puede recolectar en forma manual, desgranar y secar al sol, o cosechar con combinada. El grano se debe vender con una humedad de 15% para evitar daños por hongos (toxinas) o deterioro por insectos. Los objetivos generales del proyecto del sistema productivo de maíz-palma de aceite son el “Evaluar y transferir tecnología para la siembra de cultivos asociados de maíz con la plantación de palma de aceite, en cada zona palmera del país, mediante el ajuste de las recomendaciones agronómicas para el maíz”.

Proyecto Maíz Palma

El propósito del proyecto es aumentar la rentabilidad de la plantación de palma de aceite, mediante la generación de ingresos, con la producción de maíz durante la etapa de desarrollo de la palma y la disminución de los costos de inversión en el sistema productivo.

De otra parte el proyecto pretende “Desarrollar germoplasma mejorado de maíz (poblaciones, líneas, híbridos, variedades) con alto potencial de rendimiento y adaptado al sistema de producción con palma de aceite en zonas Palmeras de Colombia”

Entre las actividades realizadas se encuentra el establecimiento de parcelas de una hectárea

en los dos semestres del año, donde se evalúa el comportamiento de híbridos comerciales y se realizan eventos de capacitación para profesionales y agricultores, así como días de campo en las diferentes zonas productoras del país, para hacer transferencia de los resultados.

A continuación se presentan los datos agronómicos y de rendimiento que se obtuvieron en los ensayos realizados en las zonas del Magdalena Medio y Tumaco.

Como se aprecia en los siguientes cuadros, el maíz muestra un alto potencial de rendimiento, en la siembra asociada con palma que puede llegar hasta 10 toneladas por hectárea en la zona del Magdalena Medio.

EVALUACION DE COSECHA SABANA DE TORRES

(4 surcos X 0,80 X 10 m)
SEMESTRE A 2010

EVALUACION DE COSECHA RIONEGRO (4 surcos X 0,80 X 10 m)
SEMESTRE A 2010

Genotipo	No planta	No Mazorcas	Altura Planta	Altura Mazorca	Peso campo kg	% humedad	C.D	Rendimiento kg/ha
Maximun	148	156	2.20	1.0	18.8	21	0.8	4.367
Maximun	120	144	2.15	1.0	18.50	21	0.8	4.298
Maximun	150	155	2.20	1.1	22.0	21	0.8	5.111
PROMEDIO								4.592
DK7088	220	212	2.15	1.0	29.12	19.0	0.8	8.663
DK7088	215	218	2.22	0.95	30.56	19.0	0.8	9.091
DK7088	148	200	2.20	0.95	30.50	19.0	0.8	9.073
PROMEDIO								8.943
FNC318	144	152	2.30	1.1	19.68	15.5	0.8	4.890
FNC318	180	180	2.28	1.0	18.86	15.5	0.8	4.686
FNC318	180	182	2.30	1.1	24.00	15.5	0.8	5.965
PROMEDIO								5.180

EVALUACION DE COSECHA BUCARELIA (4 surcos X 0,8 X 10 m)
Semestre A 2010

Genotipo	No planta	No Mazorcas	Altura Planta	Altura Mazorca	Peso campo kg	% humedad	C.D	Rendimiento kg/ha
Maximus	160	176	2.28	1.0	20.41	21.5	0.8	4.712
Maximus	154	175	2.26	1.0	19.77	21.5	0.8	4.562
Maximus	152	148	2.26	1.0	20.56	21.5	0.8	4.746
PROMEDIO								4.673
DK7088	188	200	2.15	0.95	20.45	20.3	0.82	4.913
DK7088	272	289	2.18	1.0	33.60	20.3	0.82	8.070
DK7088	165	170	2.20	0.96	20.20	20.3	0.82	4.853
PROMEDIO								5.945
FNC 318	216	220	2.35	1.1	20.81	21.0	0.8	4.835
FNC 318	200	205	2.42	1.1	25.60	21.0	0.8	5.948
FNC 318	186	188	2.30	1.15	24.5	21.0	0.8	5.692
PROMEDIO								5.491



BIBLIOGRAFIA

- Corrales, G. A., Acevedo, O., Vanegas, H., Polanía, F. 2004, Maíz en la zona cafetera. Instructivo Técnico – Ministerio de Agricultura – Fedecafé – FENALCE. Produmedios – Bogotá, 36p.
- Moreno, A.M. 2002. Estudio Agroeconómico del sistema de Producción de maíz intercalado con café. Memorias día de campo. Comité cafeteros - Risaralda-Pereira.
- Ospina. J.G., 1999. Tecnología del cultivo del maíz. Fenalce – SENA-SAC. Produmedios, Bogotá. 336p.
- Peluha, C. 2010. Siembra de maíz en asocio con palma africana. El Cerealista No.95, Fenalce. 28-32p.
- Vanegas, A. H., Polanía, F., 2002, Maíz en zona cafetera. Fenalce. Boletín Informativo. Tecnifenalce 3. 1-8p



FOTOS ADICIONALES









CAPÍTULO COMERCIALIZACIÓN

Como se sabe, el maíz es el cereal más utilizado a nivel mundial en la alimentación animal por su alto valor nutricional y su bajo precio con respecto a otras materias primas. Se utiliza también en la alimentación humana, en la elaboración de productos industriales como la cerveza, almidones, jarabes y féculas y para la producción de etanol, especialmente en los Estados Unidos.

La industria de alimentos balanceados utiliza principalmente maíz amarillo, la mayoría de él importado, pero eventualmente usa maíz blanco nacional, cuando el nivel de precios es favorable, como ocurrió en la cosecha del año 2007. Para el consumo humano se usa principalmente el maíz blanco, aun cuando en algunas regiones del país también se emplea maíz amarillo.

La comercialización y la determinación del precio de los maíces amarillos y blancos cuyo destino es la industria y el comercio formal están regulados por el Mecanismo Público de Administración de Contingentes, MAC, que se explica más adelante.

La comercialización de maíz que va para el consumo humano y pasa por el proceso de trilla, se hace a través de canales informales, debido a la gran dispersión que existe en su producción y a la proliferación de intermediarios y trilladoras que tienen su actividad comercial en las épocas de cosecha.

Hasta el año 2004 las trilladoras prácticamente no utilizaban maíz importado, pero para el año 2005, cuando los comercializadores empezaron a participar en las subastas del MAC (Mecanismo Público de Administración de Contingentes), se incrementó la oferta de maíz importado

en el mercado nacional y los trilladores empezaron a utilizar este tipo de maíz en sus procesos.

En general, los precios del maíz nacional son determinados por la relación de precios con el maíz importado, pero cuando éste es utilizado como materia prima para la producción de alimento humano, suele tener mayores precios determinados por la oferta nacional de grano.

La preferencia de la industria por el maíz nacional para consumo humano, se debe a diferentes factores, entre ellos, la dureza del grano que genera mayores rendimientos en el proceso de trilla o en la producción de grits por el tamaño y uniformidad del grano, como es el caso de los maíces del Valle del Cauca, Tolima y Huila.

MECANISMOS Y DISTRIBUCIÓN

Mecanismos que determinan el precio interno del maíz

Antes de los noventas, el IDEMA controlaba las importaciones y el abastecimiento interno de los productos agrícolas en Colombia, monopolio que se perdió a comienzos de esta misma década debido a un drástico viraje en la política comercial del país, y que dio paso a la libre participación del sector privado en las compras externas de materias primas agrícolas. Como consecuencia, se redujeron las barreras arancelarias al ingreso de productos agropecuarios como el maíz importado, pero conservando además una protección especial para la industria avícola.

Esta situación finalmente permitió la expansión de la industria nacional sin tener que soportar

la competencia extranjera, lo cual condujo al crecimiento de la avicultura a un ritmo del 6% a partir de 1990.

Entre los años 1994 y 2003 la comercialización de la producción nacional estuvo regulada por la política de absorción de vistos buenos para las importaciones; política que fue desmontada en diciembre de 2003 para cumplir con los compromisos adquiridos con la Organización Mundial del Comercio, a través de la ley 170 de 1994. Ya para abril de 2004 con el decreto 430 de 2004, entra en vigencia el Mecanismo Público de Administración de Contingentes (MAC), veamos:

El MAC es un instrumento de política, en virtud del cual, se asigna un contingente de importación con arancel preferencial que se distribuye en condiciones de competencia. Este mecanismo está orientado a estimular la competitividad entre la producción nacional y el producto importado en un entorno de libre formación de precios, lo cual moderniza la comercialización agropecuaria, garantiza el abastecimiento adecuado del mercado interno y minimiza la intervención gubernamental en el mercado.

Esto quiere decir que un volumen de mercancía establecido o contingente arancelario, estará sujeto a un tratamiento preferencial con respecto a las condiciones normales para importar, y para el caso del maíz amarillo, las importaciones son libres y están sujetas al pago de un arancel.

Para el maíz amarillo, como para otros productos agropecuarios, el arancel está sujeto al Sistema Andino de Franjas de Precios, que permite rebajas arancelarias cuando los precios internacionales son altos y crea derechos adiciona-

les cuando los precios internacionales son muy bajos. Vamos a ampliar la información.

Mediante la decisión 371 de 1994, la Comunidad Andina, estableció el Sistema Andino de Franjas de Precios Agropecuarios (SAFP), con el fin de estabilizar el costo de importación de un grupo especial de productos agropecuarios, caracterizados por una marcada inestabilidad en sus precios internacionales o por graves distorsiones de los mismos.

De esta manera, el Sistema permite una mayor vinculación de los precios internos de los productos importables con la tendencia de los precios internacionales, y permite a los productores nacionales contar con señales claras para toma de decisiones de siembra, producción y comercialización de sus productos.

El SAFP presenta anualmente unos precios piso y techo para cada una de las franjas: veamos por ejemplo, la franja de precios de enero de 2006 a abril de 2011.



**PRECIOS DE REFERENCIA MENSUALES CIF DE LOS PRODUCTOS MARCADORES
DEL SISTEMA ANDINO DE FRANJAS DE PRECIOS**
(dólares corrientes por toneladas)

Mes de Observación	Carne de Cerdos	Trozos de Pollo	Leche Entera	Trigo	Cebada	Maíz Amarillo	Maíz Blanco	Arroz Blanco	Soya en Grano	Aceite Crudo de Soya		Azúcar Crudo	Azúcar Blanco
										de Palma			
Enero-06	1.473	727	2.343	196	134	125	134	331	254	465	468	381	401
Febrero-06	1.589	576	2.336	208	142	129	138	343	258	500	486	421	468
Marzo-06	1.448	520	2.333	206	147	125	140	344	249	496	481	404	478
Abril-06	1.598	537	2.296	212	147	130	147	343	246	499	482	407	499
Mayo-06	1.910	735	2.309	227	145	131	151	348	251	527	480	400	510
Junio-06	1.993	932	2.324	226	149	132	145	354	253	508	481	365	489
Julio-06	1.836	1.029	2.292	231	151	136	149	355	259	536	512	378	501
Agosto-06	1.873	1.030	2.307	224	153	139	147	355	245	549	552	314	501
Septiembre-06	1.785	875	2.355	226	156	140	151	353	245	557	541	278	501
Octubre-06	1.746	771	2.346	242	156	164	174	343	262	584	553	279	501
Noviembre-06	1.709	751	2.295	242	156	182	192	345	280	652	584	285	442
Diciembre-06	1.767	844	2.277	234	156	183	207	350	285	700	630	284	377
Enero-07	1.717	878	2.282	230	156	183	213	353	284	687	638	280	367
Febrero-07	1.872	1.012	2.334	232	156	201	245	357	313	645	648	264	361
Marzo-07	1.772	1.017	2.373	231	156	191	249	364	303	654	679	255	369
Abril-07	1.735	1.085	2.488	230	156	174	241	361	298	692	752	239	351
Mayo-07	1.797	1.143	2.568	224	156	180	238	361	308	743	823	227	357
Junio-07	1.839	1.207	2.634	254	156	187	243	372	326	788	840	222	344
Julio-07	1.697	1.202	2.806	275	191	169	221	377	338	833	856	244	342
Agosto-07	1.596	1.192	3.008	296	226	177	205	372	342	842	871	239	311
setiembre-07	1.405	1.157	3.184	370	226	186	221	370	384	884	879	236	301
Octubre-07	1.359	1.148	3.489	378	226	194	212	378	399	948	932	246	304
Noviembre-07	1.241	1.148	3.753	358	226	213	221	394	454	1.070	1.000	244	310
Diciembre-07	1.463	1.127	3.796	405	226	219	233	416	466	1.075	993	257	331
Enero-08	1.353	1.103	4.183	405	226	240	251	420	499	1.207	1.110	283	361
Febrero-08	1.254	1.103	4.470	485	226	249	259	525	551	1.412	1.225	318	388
Marzo-08	1.208	1.134	4.732	493	226	257	284	651	530	1.393	1.288	311	376
Abril-08	1.605	1.206	4.857	413	226	248	290	628	524	1.365	1.298	287	379
Mayo-08	2.141	1.252	4.866	382	226	266	307	1.068	524	1.352	1.253	267	356
Junio-08	2.213	1.299	4.859	373	226	313	313	922	597	1.430	1.251	263	387
Julio-08	2.098	1.365	4.813	334	226	292	285	788	606	1.357	1.162	320	407
Agosto-08	2.266	1.449	4.725	338	226	260	244	744	518	1.145	927	329	422
Septiembre-08	1.808	1.480	4.618	302	226	255	247	761	485	1.012	800	297	410
Octubre-08	1.560	1.459	4.608	278	226	208	232	671	387	802	586	285	360
Noviembre-08	1.433	896	4.322	267	226	188	219	595	379	720	526	287	354
Diciembre-08	1.509	805	4.001	257	226	182	200	571	373	660	557	276	342
Enero-09	1.363	870	3.422	278	226	198	219	612	417	717	597	297	372
Febrero-09	1.425	891	2.929	263	226	185	216	618	390	699	615	314	418
Marzo-09	1.423	923	2.623	264	226	187	215	612	381	699	639	312	420

Abril-09	1.533	1.029	2.439	266	226	209	204	398	419	800	785	316	432
Mayo-09	1.480	1.206	2.266	290	226	205	229	571	473	876	840	369	470
Junio-09	1.507	1.236	2.271	287	226	206	227	607	499	865	775	370	468
Julio-09	1.389	1.128	2.351	256	226	183	189	616	463	794	682	419	487
Agosto-09	1.318	1.037	2.330	238	226	183	184	590	493	844	767	506	577
Septiembre-09	1.224	986	2.299	222	226	181	180	572	415	808	718	519	593
Octubre-09	1.304	904	2.270	237	226	199	203	557	418	857	723	526	613
Noviembre-09	1.359	904	2.316	253	226	202	213	596	425	899	775	517	625
Diciembre-09	1.458	909	2.372	242	226	201	205	643	431	896	833	568	685
Enero-10	1.414	927	2.544	239	226	201	207	617	407	879	837	655	764
Febrero-10	1.532	927	2.967	236	226	189	205	602	391	874	848	613	744
Marzo-10	1.663	927	3.164	231	226	185	207	556	392	857	876	453	570
Abri-10	2.120	937	3.238	227	226	208	183	502	398	854	867	383	523
Mayo-10	2.137	949	3.313	220	226	189	181	496	395	837	857	349	499
Junio-10	2.030	949	3.331	212	226	179	170	494	399	815	835	376	537
Julio-10	1.882	956	3.430	243	226	198	171	490	432	881	863	415	600
Agosto-10	1.966	993	3.650	306	226	220	195	495	449	937	944	450	585
Septiembre-10	1.853	993	3.729	328	226	253	238	523	454	991	960	549	642
Octubre-10	1.917	993	3.723	320	226	274	270	533	485	1.098	1.045	623	718
Noviembre-10	1.960	985	3.624	320	226	266	273	576	514	1.206	1.172	664	759
Diciembre-10	1.952	916	3.476	350	226	276	280	588	538	1.278	1.286	714	796
Enero-11	2.074	904	3.491	371	226	291	297	569	560	1.323	1.325	736	812
Febrero-11	2.560	978	3.622	389	226	321	320	566	561	1.316	1.319	728	783
Marzo-11	2.358	1.085	3.703	362	226	317	326	543	549	1.270	1.214	650	746
Abri-11	2.397	1.140	3.701	387	226	285	352	531	551	1.245	1.223	587	696

FRANJA ABRIL 2005 - MARZO 2006

Pr.Piso CIF	1.323	1.400	2.010	160	141	126	131	241	233	424	402	198	268
Pr.Techo CIF	1.633	1.580	2.262	180	151	138	152	265	285	531	482	235	297

FRANJA ABRIL 2006 - MARZO 2007

Pr.Piso CIF	1.421	1.510	2.158	173	147	130	140	254	248	466	430	209	288
Pr.Techo CIF	1.757	1.700	2.452	191	157	142	159	290	301	568	509	243	317

FRANJA ABRIL 2007 - MARZO 2008

Pr.Piso CIF	1.441	1.512	2.162	183	148	133	144	275	256	512	479	233	322
Pr.Techo CIF	1.755	1.714	2.441	203	159	145	162	315	307	588	529	304	402

FRANJA ABRIL 2008 - MARZO 2009

Pr.Piso CIF	1.554	1.637	2.407	197	153	146	155	304	280	570	523	253	344
Pr.Techo CIF	1.852	1.837	2.794	236	172	169	189	346	331	674	638	323	427

FRANJA ABRIL 2009 - MARZO 2010

Pr.Piso CIF	1.679	1.750	3.009	220	162	169	168	337	309	627	583	277	374
Pr.Techo CIF	1.957	1.937	3.891	299	194	217	220	502	407	898	823	345	452

FRANJA ABRIL 2010 - MARZO 2011

Pr.Piso CIF	1.602	1.736	3.053	233	172	176	177	394	317	648	602	313	408
Pr.Techo CIF	1.887	1.891	3.921	308	208	223	227	560	417	915	838	388	490

FRANJA ABRIL 2011 - MARZO 2012

Pr.Piso CIF	1.572	1.764	3.223	249	191	194	193	441	351	735	691	364	470
Pr.Techo CIF	1.849	1.937	4.090	319	224	236	237	600	445	983	911	471	585

Fuente: SGCAN

1) Trigo Hard Red Winter Nº 2. Mercado de referencia: Golfo, con base en cotizaciones diarias de cierre. Primera posición en la Bolsa de Kansas.

2) Arroz blanco 100% B, FOB Bangkok.

3) Maíz amarillo Nº 2. Mercado de referencia: Bolsa de Chicago.

4) Maíz blanco USA Nº 2. Mercado de referencia: FOB, Bolsa de Kansas.

5) Soya en grano amarilla USA Nº 2. Mercado de referencia: FOB, Bolsa de Chicago.

6) Aceite crudo de soya. Mercado de referencia: FOB, Argentina.

7) Aceite crudo de palma. Mercado de referencia: CIF Rotterdam, North West Europe.

8) Azúcar blanca refinada. Mercado de referencia: Contrato Nº 5 de la Bolsa de Londres, FOB Londres.

9) Azúcar cruda. Mercado de referencia: Contrato Nº 11, Bolsa de Nueva York.

10) Cebada cervecera USA Nª 2. Mercado de referencia: FOB, Portland USDA.

11) Leche entera en polvo sin azúcar. Mercado de referencia: FOB, Nueva Zelandia (cifras oficiales de sus exportaciones mensuales en volumen y valor).

12) Carne de pollo. Precios Trucklot para pollos Grado A, 2 a 3,5 libras. Noreste de USA.

13) Carne de cerdo. Mercado de referencia: Bos-

ton Butt 4-9 #, fresh, ¼" trim, Central US Omaha

Aspectos operativos del sistema

- La Secretaría General, órgano técnico de la Comunidad Andina, anuncia cada año, antes del 15 de diciembre, los precios Piso y Techo de cada franja.

- Los Precios Piso y Techo tienen una vigencia anual, contada a partir del primero de abril de cada año. Anualmente se actualizan los últimos 12 meses de la serie de 60 meses.

- Los Precios de Referencia quincenales son calculados y comunicados por la Secretaría General a los Países Miembros, no menos de una semana antes del inicio de la quincena durante la cual se aplican. Los elementos del Sistema (productores marcadores y productos vinculados, mercados de referencia, reglas para el cálculo de los parámetros de la franja, etc.) sólo pueden ser modificados por la Comisión.

Entonces, mediante el MAC, se subastan contingentes de importación con descuentos arancelarios para quienes se comprometan a comprar una cantidad de producción nacional de forma proporcional a las importaciones con derecho a un descuento en los aranceles. A la proporción entre el volumen a importar con descuento y la producción nacional a absorber, se le denomina IBSA (Índice Base de la Subasta Agropecuaria).

Los beneficiarios de los IBSAs de maíz amarillo deben demostrar compras nacionales de maíz amarillo, sorgo y yuca, mientras que los beneficiarios de los IBSAs de maíz blanco sólo deben demostrar compras de maíz blanco nacional. La demostración de las compras se realiza en

plazos determinados y debe pagarse un precio mínimo al agricultor que se denomina precio de paridad, el cual fluctúa diariamente de acuerdo con los cambios de las variables que determinan el costo de importar maíz a Colombia.

Los volúmenes de producción nacional, volúmenes de importación y plazos de las subastas, se determinan periódicamente por los consejos de las cadenas productivas, en los cuales participan los gremios representantes de agricultores, la industria, la Bolsa Mercantil de Colombia y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

La Ley 811 de 2003, define las cadenas productivas como el conjunto de actividades que se articulan técnica y económicamente desde el inicio de la producción y elaboración de un producto agropecuario, hasta su comercialización final.

La Cadena puede ser conformada de común acuerdo, a nivel nacional, a nivel de una zona o región productora, por los productores, empresarios, gremios y organizaciones más representativos tanto de la producción agrícola, pecuaria, forestal, acuícola, pesquera, como de la transformación, la comercialización, la distribución, y de los proveedores de servicios e insumos".

Los consejos de cadena recomiendan al Ministerio las condiciones en las que se deben realizar las subastas de acuerdo con el estudio de las necesidades de consumo y las proyecciones de oferta, de la misma manera es el Ministerio quien da la indicaciones a la Bolsa Mercantil de Colombia para que ésta realice las subastas de contingentes.

Veamos los resultados de las subastas de maíz y el cumplimiento de los compromisos de absorción.

Maíz Amarillo. Subastas de Contingentes Agropecuarios- MAC (toneladas)				
Año	Contingente subastado	Contingente asignado	Producción disponible	Producción demandada
2.004	1.902.508	1.737.954	447.600	408.882
2.005	1.921.846	1.714.842	505.800	445.162
2.006	1.802.704	1.802.704	396.127	396.127
2.007	1.717.000	1.717.000	310.000	310.000
2.008	3.086.925	2.612.131	438.500	386.610
2.009	2.408.750	1.959.275	416.500	347.350
2.010	1.956.126	1.719.448	294.950	263.393
2.011	1.536.000	1.044.040	234.000	163.720

Fuente: BMC Exchange

Maíz Blanco. Subastas de Contingentes Agropecuarios- MAC (toneladas)				
Año	Contingente subastado	Contingente asignado	Producción disponible	Producción demandada
2.004	50.000	38.605	52.083	40.215
2.005	40.000	37.246	158.750	147.822
2.006	60.000	41.029	180.180	123.210
2.007	50.000	50.000	100.000	100.000
2.008	80.000	76.683	210.000	200.050
2.009	20.000	20.000	60.000	60.000
2.010	65.500	65.500	113.000	113.000
2.011	80.000	51.831	117.000	70.220

Fuente: BMC Exchange

PRECIOS DE PARIDAD

La fórmula del precio de paridad es la que determina cual es el valor mínimo al cual se debe comprar el maíz nacional para poder participar en la adjudicación de los contingentes de maíz en las condiciones propias para cada momento específico de la negociación.

Entonces, para hallar el precio de paridad, en el caso del maíz, es necesario aplicar la formula de paridad que será utilizada en las subastas. Los factores técnicos que se tienen en cuenta para la aplicación de la formula son los siguientes:

$$\text{PP: } \{((\text{FOB} + \text{FM}) + \text{SM}) \times (1 + @) + \text{GP} + \text{EPA} \} \times \text{TRM} \} + (\text{FCC} - \text{FCAC})$$

PP Fórmula de Paridad de Precios

FOB Precio futuro (PF) + Base (B)

FM Flete Marítimo

SM Seguro marítimo

@ Arancel CAN
GP Gastos portuarios

TRM Tasa Representativa del Mercado
FCC Flete de puerto a centro de consumo
FCAC Flete centro de producción a centro de consumo
EPA Efecto de preferencia arancelaria

Precio futuro (PF)

- Maíz amarillo: Valor del contrato futuro vigente de la Bolsa de Chicago del mes más cercano a la salida de la cosecha. Precio de cierre para el producto de referencia para la Comunidad Andina, en dólares por tonelada.

- Maíz blanco: Mercado de referencia: St.Joseph, Kansas - Precios FOB Golfo.

Base (B)

- Maíz amarillo: Es el costo de poner al producto en el puerto de exportación. Para su cál-

culo se toma el promedio de los meses de los tres últimos años de las bases correspondientes al mes de entrega del producto publicado por la Bolsa de Chicago, con la correspondiente equivalencia en dólares por tonelada. Por ejemplo, si el mes de entrega es el mes de marzo de 2011, se tomará el promedio de dicho mes (marzo) correspondiente a los años de 2008, 2009 y 2010.

- **Maíz blanco:** Se utilizan las cotizaciones diarias de contado más la base del Trigo Hard Red Winter No.2. Fletes marítimos (FM): Cotizaciones para embarques del mes siguiente, avaladas por el Consejo de la Cadena.

Seguro marítimo (SM): Se fija un valor del 0.5% del valor FOB más flete marítimo.

Arancel (@): Arancel aplicado según Sistema Andino de Franja de precios SAFP sobre el valor CIF calculado para el día de la negociación.

Gastos Portuarios (GP): Se acuerda en US\$ 8.5 por tonelada para maíz amarillo, con tres alternativas de liquidación:

1. Para los contratos forward que se negocian en pesos, se toma el valor de cierre del contrato de futuro y la TRM del día anterior a la firma del forward.
2. Para los contratos forward que se negocian en dólares, se toma el valor de cierre del contrato de futuro del día anterior a la firma del forward y la TRM será la del cierre del día anterior a la fecha de la expedición de la factura.
3. Para operaciones convenidas y compras directas, el precio se liquidará tomando el valor de cierre del contrato futuro del día anterior a

la celebración del acuerdo de compraventa, y la TRM del día anterior a la fecha de expedición de la factura.

Fletes domésticos: Los valores de los fletes domésticos se tomarán de acuerdo con la tabla del Ministerio de Transporte, más \$3.000 pesos de descargue. En la información del precio se tienen en cuenta dos fletes:

FCC: Flete de puerto a centro de consumo.

FCAC: Flete de zona de producción a centro de consumo.

El Efecto de Preferencia Arancelaria (EPA): El EPA es un porcentaje de la preferencia arancelaria que se transfiere a la formación del precio interno, estimada en un 44%. El valor resultante será igual a:

$$\text{EPA: } \{(FOB + FM + SM) \times \text{Preferencia arancelaria} \times \text{IBSA} \times \% \text{Transferencia}\}$$

El porcentaje de transferencia varía de acuerdo con el valor que estime la cadena, para el caso de maíz blanco es de 50% y para maíz amarillo es del 44%, 33%. Para el año 2008 el valor de la transferencia fue del 32%. Despues de este año la transferencia volvió a subir a 44%, hasta el 2011, año en el cual el avance del período de desgravación con Mercosur arrojaba aranceles tan bajos para este bloque comercial que la transferencia debió reducirse al 15% en el primer semestre y al 5% en el segundo semestre.

Veamos un ejemplo del cálculo del precio de paridad del maíz para el 27 de octubre de 2011.

Puerto	MAÍZ AMARILLO Y SORGO				MAÍZ BLANCO			
	P C Atl			P C Pac	P C Atl			P C Pac
	Bmanga	Medellín	Bogotá	Cali	Bmanga	Medellín	Bogotá	Cali
Precio Futuro (USD/Ton)	250,85	250,85	250,85	250,85	281,29	281,29	281,29	281,29
Base* (USD/Ton)	27,1	27,1	27,090	27,09	33,5	33,5	33,5	33,5
Flete marítimo* (USD/Ton)	25,0	25,0	25,0	31,50	25,0	25,0	25,0	31,5
Seguro (USD/Ton)	1,51	1,51	1,51	1,55	1,70	1,70	1,70	1,73
Precio CIF estimado (USD/Ton)	304,46	304,46	304,46	310,99	341,44	341,44	341,44	348,0
Arancel tabla aduanera (%)	0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Subtotal (CIF + Arancel) (USD/Ton)	304,5	304,5	304,5	311,0	341,4	341,4	341,4	348,0
Gastos portuarios (USD/Ton)	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Efecto preferencia (USD/Ton)	5,328	5,33	5,33	5,44	5,12	5,12	5,12	5,220
Total (USD/Ton)	318,3	318,3	318,3	324,9	355,1	355,1	355,1	361,7
TRM (COP/USD)	1.878,10	1.878,10	1.878,10	1.878,10	1.878,10	1.878,10	1.878,10	1.878,10
Precio paridad en puerto (COP/Ton)	597.775	597.775	597.775	610.259	666.850	666.850	666.850	679.303
FCC (COP/Ton)	85.000	96.786	120.871	39.000	85.000	96.786	120.871	39.000
Descargue (COP/Ton)	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
PP centro de consumo (COP/Ton)	685.775	697.561	721.846	652.259	754.850	766.636	790.721	721.303
Centro de consumo	Bmanga	Medellín	Bogotá	Cali	Bmanga	Medellín	Bogotá	Cali
PP Sorgo (COP/Ton)	637.771	648.732	671.131	606.601				

Debilitamiento del MAC en el 2011

Las subastas del Mecanismo de Administración de Contingentes Agropecuarios durante el 2011 se realizaron en medio de un escenario que debilitó el mecanismo. El avance del acuerdo de Complementación Económica suscrito entre Colombia y el Mercosur otorga para 2011 preferencias arancelarias entre 54% y 60% al maíz y provenientes de ese mercado, en este escenario, al finalizar el mes de junio los aranceles para estos granos provenientes de Argentina y Brasil se encontraban entre 2% y 2.3%.

Por esta razón el efecto de preferencia arancelaria se disminuyó a 15% durante el primer semestre y a 5% en la última subasta del año, de

otra forma no existiría incentivo para que los importadores participaran en la subasta. Con el maíz blanco no se rebajó la transferencia dado que de Mercosur no se exporta maíz blanco. Para el 2012 el avance del período de desgravación con ese bloque comercial continuará y posiblemente tenga que buscarse otro mecanismo para incentivar la absorción de las cosechas. Acuerdos de Libre comercio suscritos por Colombia:

Colombia ha suscrito un número importante de acuerdos comerciales que inciden actualmente e incidirán notablemente en el comercio del grano.

Comunidad Andina de Naciones

Colombia es miembro de la Comunidad Andina, la cual se encuentra actualmente constituida por Bolivia, el Ecuador y el Perú. En el año 2006 Venezuela denunció el Acuerdo.

Conforme a lo establecido en la Decisión 324 de 1992 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena, Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela acordaron la eliminación de aranceles para el comercio intrasubregional, por lo cual el arancel aplicable para las importaciones de maíz provenientes de estos países no pagan arancel. El mismo tratamiento se da a las importaciones provenientes de Perú, de acuerdo con lo establecido por la decisión 414 de 1997 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena. Las disposiciones mencionadas se encuentran vigentes actualmente.

MERCOSUR

En febrero de 2005 entró en vigor el Acuerdo de Complementación Económica suscrito entre los Gobiernos de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, Estados partes del Mercosur y los Gobiernos Colombia, Ecuador y Venezuela, países miembros, entonces, de la Comunidad Andina.

Este acuerdo estableció para el maíz el desgravación arancelaria gradual del arancel externo común, a través de preferencias, sin embargo, los derechos variables del SAFP se seguirán aplicando durante la vigencia del acuerdo y las rebajas durante el período de transición, que culmina el año 2018.

Las preferencias otorgadas por Colombia a los países del Mercosur se presentan en la siguiente tabla.

Año	Preferencias otorgadas por Colombia a:			
	Argentina	Brasil	Paraguay	Uruguay
2008	43%	43%	34%	34%
2009	49%	49%	40%	40%
2010	54%	54%	47%	47%
2011	60%	60%	54%	54%
2012	66%	66%	60%	60%
2013	71%	71%	67%	67%
2014	77%	77%	73%	73%
2015	83%	83%	80%	80%
2016	89%	89%	87%	87%
2017	94%	94%	93%	93%
2018	100%	100%	100%	100%

TLC con Estados Unidos

El Gobierno colombiano suscribió en el año 2006 un acuerdo de libre comercio con Estados Unidos, el principal exportador mundial de maíz. Este acuerdo fue aprobado por el Congreso colombiano en el mismo año, pero solo hasta octubre de 2011 fue ratificado por el Congreso de Estados Unidos, y firmado por el presidente Obama.

Una vez entre en vigencia el acuerdo Estados Unidos accederá a un contingente maíz amarillo que partirá de 2,200,000 de toneladas libres de arancel, y un contingente de maíz blanco que partirá de 136,500 de toneladas libres de aranceles, ambos contingentes con crecimiento del 5% anual. Los contingente serán administrado bajo la modalidad primero llegado primero servido. Los aranceles por fuera del contingente se desgravarán linealmente en doce años, el arancel resultante del programa de desgravación en ningún caso será superior al arancel Nación Más Favorecida.

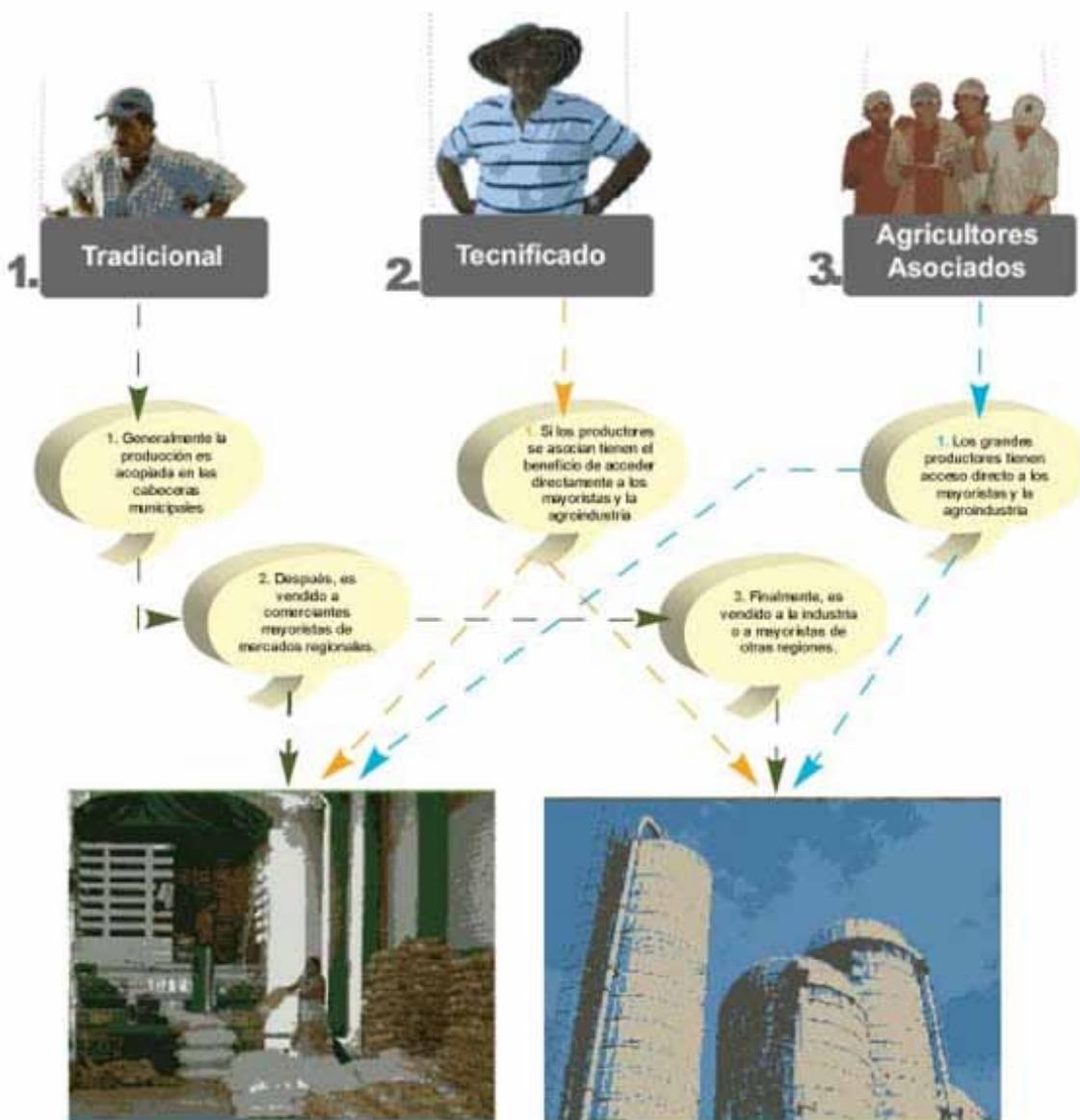
DISTRIBUCION DEL MAIZ

Cadena de distribución del maíz

Cuando se habla de los procesos de distribución del maíz, es importante tener claro que éstos presentan un alto grado de intermediación, presentando grandes diferencias en los canales comerciales entre la producción campesina o tradicional y la de grandes productores o tecnificada.

La intermediación que se presenta en la cadena de distribución del maíz está favorecida por las prácticas usuales de la agroindustria y de los mercados formales, puesto que éstos "codifican" o registran proveedores permanentes garantizando así sus compras. También cabe rescatar, la participación de los mayoristas de las centrales de abastos, en donde los intermediarios tienen más facilidad de acceso y capacidad de negociación, a comparación con los mercados con pocos mayoristas.





BIBLIOGRAFÍA

- Decreto 2439 de 1994.
- Mecanismo Público de Administración de Contingentes Agropecuarios – MAC. www.minagricultura.gov.co
- Sistema Andino de Franjas de Precios. www.minagricultura.gov.co
- www.comunidadandina.org/estadisticas/estadistica1.htm
- ¿Qué es una cadena productiva y en qué beneficia a los trabajadores rurales?
- www.minproteccionsocial.gov.co
- Departamento Económico FENALCE www.fenalce.org



CAPITULO COSECHA Y POSTCOSECHA

El contenido de éste capítulo está basado en cuatro documentos de FENALCE: Tecnología del cultivo del maíz, Manual de funcionamiento y calibración de máquinas cosechadoras de granos, Manejo Postcosecha de cereales y leguminosas de grano y Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la Poscosecha de Maíz Amarillo y Sorgo.

La cosecha y postcosecha son unas labores tan importantes, como las otras que se realizan durante el período de desarrollo del cultivo, que

requieren de una especial atención para que todas las prácticas agronómicas que se han realizado hasta la recolección, para obtener una gran producción y buena calidad del grano, no se vean afectadas por acciones inadecuadas en esa etapa. Estas labores deben hacerse en una forma oportuna y apropiada para cumplir con el objetivo de conservar la calidad del grano, acorde con las exigencias del mercado. El comprador de maíz exige granos sanos, secos, enteros, limpios y uniformes en tamaño y color.

COSECHA



bibliotecadigital.ilce.edu.mx/

El maíz puede ser cosechado después de que alcanza la madurez fisiológica, la cual se reconoce por la presencia de una capa negra en el punto de inserción del grano con la mazorca. En este momento el grano alcanza el mayor tamaño, y peso seco, así como la máxima calidad, la cual de ahí en adelante tiende a disminuir a una tasa que depende de las condiciones que se presenten en el campo, en el momento de la cosecha y en su posterior manejo. Sin embargo, el cultivo casi nunca se cosecha en el momento de la madurez fisiológica porque en este punto los granos tienen un contenido muy alto de humedad, 35%, y el grano se puede deteriorar fácilmente, por sobrecalentamiento e infección de microorganismos, si no se seca inmediatamente. Realizar esta operación para un volumen grande de producción es muy riesgoso y antieconómico.

En zonas con alta humedad ambiental o donde la cosecha coincide con época de lluvias, el maíz se debe cosechar con una humedad entre 18 y 24% y secarlo inmediatamente. En época o regiones secas el maíz se puede dejar secar en la planta hasta que el grano tenga una humedad entre el 15 y 18%. Cuanto más tiempo dure en el campo más humedad perderá el grano y en esta situación se puede ahorrar el costo del secamiento. Sin embargo, la cosecha no debe retrasarse demasiado pues entre más tiempo permanezca el maíz en el campo, son mayores las posibilidades de que sea afectado por condiciones climáticas adversas como lluvias y vientos fuertes y sea atacado por hongos, insectos, aves y roedores; lo cual lleva a generar pérdidas en rendimiento y calidad del grano. Por ello, la cosecha debe realizarse en la forma más oportuna de acuerdo con las condiciones climáticas de la zona y las facilidades de secamiento.

Cuando la cosecha se realiza en forma manual estos límites no son tan estrictos y dependen mucho de las condiciones del tiempo, la mano de obra disponible, la facilidad de secamiento y los hábitos tradicionales.

En términos generales se puede decir que una cosecha temprana es más beneficiosa y más conveniente que una cosecha tardía, ya que al cosechar más temprano, los riesgos técnicos y económicos giran alrededor de las operaciones que siguen a la cosecha (secado y almacenamiento); mientras que en una cosecha tardía los mayores riesgos se presentan en el campo y son difíciles de controlar.

Así, se puede concluir que el momento apropiado para la cosecha es relativo y depende en gran parte de las condiciones climáticas de la zona y las facilidades de secamiento. Pero, para hacer más fácil, segura y rentable la producción de maíz es necesario contar con una infraestructura adecuada que permita realizar las labores de cosecha y postcosecha.

Cosecha manual:

La recolección manual se realiza desprendiendo la mazorca completa o abriendo el capachito (amerio), con la ayuda de herramientas manuales como ganchos adheridos a un guante colocado en la palma de la mano, con chuzos de madera o metálicos para desprender la mazorca. Las mazorcas se apilan o se depositan en recipientes pequeños y luego se ensacan para transportarlas al sitio de acopio. En la recolección manual, un obrero puede recolectar de 6 a 8 costales con mazorca en un día normal de trabajo, según la producción, la topografía del terreno y limpieza del cultivo.

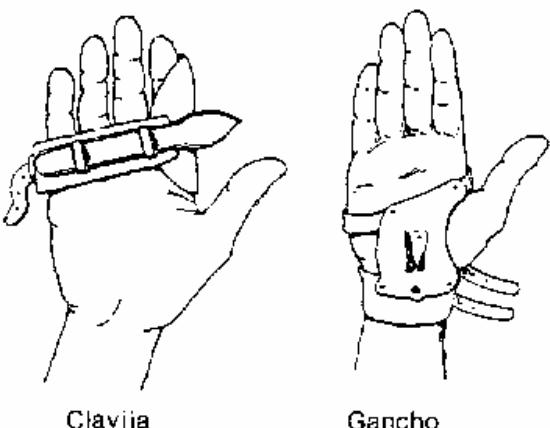
Durante el desgrane se deben seleccionar las mazorcas dañadas, y desechar los granos dañados, mohosos y podridos; se deben separar a mano pedazos de hojas, tustas y terrones que puedan ir con el grano.

Cuando los volúmenes cosechados son pequeños el maíz se desgrana manualmente, frotando unas mazorcas contra otras, con los dedos, o usando pequeños aparatos que han sido diseñados para este propósito. También se puede desgranar con máquinas, desgranadoras accionadas manualmente, por el toma fuerza del tractor o con motores eléctricos o a gasolina. Existen equipos que permiten descapachar y desgranar las mazorcas lo cual disminuye los costos de recolección entre un 40% y 50%. Una máquina estacionaria desgranadora descapachadora de mediana capacidad, desgrana entre 1 y 1.5 t/hora.

Cuando se cosecha en mazorca que esté húmeda y no se desgrana inmediatamente se debe hacer secamiento, lo mismo que si se desgrana el maíz y no está con una humedad mínima del 15%. Es importante limpiar el grano de las impurezas. Para sacar las impurezas pequeñas, se debe cernir el maíz con una zaranda de huecos más pequeños que el tamaño del grano. La limpieza debe hacerse antes del secado para evitar que las impurezas aumenten el tiempo de secado.

Aunque la cosecha manual tiene algunas desventajas por el tiempo que tarda en la recolección, el número de jornales utilizados y el mayor costo en cosecha y desgrane, es la única forma de realizarla en muchas circunstancias, cuando el tamaño y la topografía del lote, la oferta de combinadas, el alto costo o la distancia impiden hacerlo en forma mecanizada.

También tiene sus ventajas ya que los agricultores pueden cosechar los granos con mayor humedad (22 a 26 %), la pérdida y el deterioro de los granos es menor, las mazorcas pueden seleccionarse para separar las dañadas o podridas, aumentando así la calidad del producto.



Clavija

Gancho



Cosecha mecánica:

La recolección mecánica se realiza con cosechadoras autopropulsadas. Para realizar una cosecha mecánica eficiente es necesario que el cultivo este lo más uniforme posible en cuanto a altura de mazorcas, maduración del grano y que no se presente volcamiento. Se requiere que el lote a cosechar se encuentre limpio. La ventaja de la cosecha mecánica sobre la manual se ve reflejada en un considerable ahorro en mano de obra y reducción en los costos de recolección. Además se consigue una mayor rapidez en la ejecución de la labor y se disminuyen los riesgos de todo tipo, lluvias, viento, fuego, robo etc. a que esta expuesta la cosecha y se logra un producto uniforme y limpio.

La recolección mecánica se puede hacer con altas humedades, 20 - 25% pero se requiere hacer un ajuste adecuado del equipo, y disponer de facilidades de transporte y secamiento para

evitar el deterioro del grano. Cuando se cosecha con grano húmedo existe la ventaja de que hay menos plantas caídas y por la consistencia del tallo se reducen las pérdidas.

En la cosecha mecánica es muy importante hacer una adecuada planificación de las labores, para evitar contratiempos o dificultades que generen interrupciones que pueden ocasionar pérdidas de tiempo, de producción o de la calidad del grano. Hay que considerar el momento oportuno de cosecha, la humedad del grano y las condiciones climáticas, la capacidad de la cosechadora, y su condición de operación, la disponibilidad de transporte y las condiciones de recibo.

Veamos en forma resumida las funciones y componentes de una combinada, los ajustes que se deben hacer para una buena cosecha y las pérdidas que se presentan.



Funciones de la combinada.

La combinada realiza simultáneamente las siguientes funciones:

- Cortar el tallo, arrancar la mazorca y alimentar la máquina con el material cortado.
- Trillar las mazorcas, produciendo el desgrane.
- Separar el grano del tamo o paja.
- Entregar el grano limpio para ser recogido en bultos o a granel.

Partes de la combinada.

Las combinadas de maíz constan de las siguientes partes:

-Sistema de corte y alimentación: El cabezote para maíz es diferente al que se usa para granos finos y está conformado por unas puntas juntadoras, cadenas juntadoras, rodillos despojadores, placas despojadoras y sínfin alimentador para llevar la mazorca a la unidad de trilla.

- Puntas Juntadoras: Ubicadas en la parte anterior al cabezote, van entre las hileras del cultivo, dirigiendo los tallos hacia el centro de cada recolector.

- Rodillos despojadores: Su movimiento de giro les permite aprisionar y tirar los tallos hacia abajo y arrancar las mazorcas.

- Cadenas Juntadoras: Hay dos para cada hilera de cosecha, sus ganchos trasladan las mazorcas al sínfin de alimentación y al sistema de trilla.

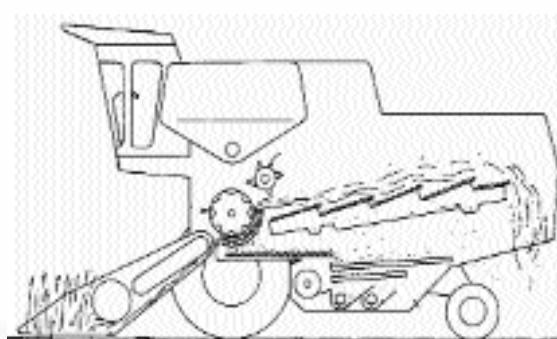
- Sínfin alimentador: Su función es recibir las mazorcas de los recolectores de hilera y trasladarlos al centro, donde los recibe un transportador que los lleva al sistema de trilla.

-Sistema de trilla: Separa los granos de la tusa, en ello intervienen un cóncavo y un cilindro. Para maíz es más recomendable trabajar con cilindro de barras, cuyo cóncavo es una especie de parrilla. Se debe calibrar cuidadosamente la separación cóncavo - cilindro, así como la velocidad del cilindro. El cilindro debe trabajar entre 400 y 800 rpm y su separación con el cóncavo debe ser una y media pulgada en la parte delantera y una pulgada en la parte trasera, con el propósito de desprender los granos en su totalidad.

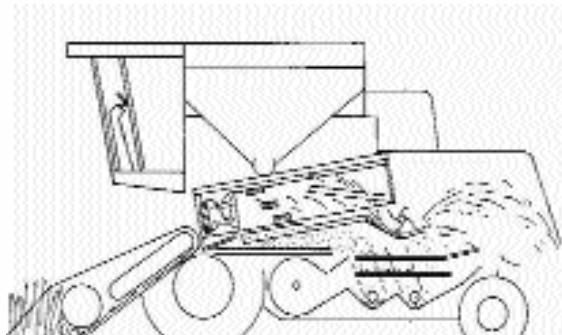
Con el nuevo sistema axial el desgrane se hace en una forma progresiva, donde los granos más susceptibles y frágiles se desprenden primero y los más húmedos y resistentes siguen dando vueltas hasta ser separados de la tusa.

El material pasa varias veces por encima de los cóncavos y las rejillas y su desplazamiento por el rotor asegura la minuciosa trilla y separación; además permite una mayor apertura entre el cilindro y el cóncavo, lo cual resulta en mejor calidad del grano.

Combinada convencional



Combinada axial



-Sistema de separación: Separa el grano de cuchillos y restos de residuos. En la combinada tradicional, hacen parte de éste sistemas las zarandas, el agitador, los sacapajas y opcionalmente, las bandejas.

Las zarandas facilitan la caída del grano al zarandón y a través de él pasa del 80 a 90% del grano trillado.

- Agitador: Hace más lento el paso del material proveniente del cilindro y del cónvoco, orienta el material hacia abajo en la parte delantera del sacapaja y facilita la caída del grano.

- Sacapaja: Formado por 2 a 6 canales longitudinales, sirve para evacuar los desechos mediante un movimiento alternativo vertical y horizontal. El grano que va entre los desechos resbala por gravedad hacia delante, por entre las canales, para caer nuevamente a la unidad de limpieza. Se debe evitar la entrada de material de desecho, regulando la altura de corte y ubicando la altura de corte 20 a 30cm por debajo de la altura de la mazorca.

-Sistema de limpieza: El conjunto de limpieza

está conformada por zarandón, zaranda superior, zaranda inferior, zaranda de trilla, deflectores y ventiladores.

-Sistema de entrega de grano y material de re-trilla: Usualmente el grano limpio, es llevado al tanque de granos o al sistema ensacador mediante un elevador de cangilones que tiene una serie de paletas de caucho o de acero, adheridas a una cadena que se desplaza a baja velocidad (aproximadamente 1.8 m/s), lo cual evita el daño mecánico del grano.

El elevador de retrilla tiene una composición muy similar a la del elevador de grano limpio, pero es más pequeño, pues solo mueve una pequeña cantidad de material. En el sistema existe una pequeña compuerta de inspección para que el operador pueda observar si está regresando mucho material al sistema de trilla, en cuyo caso es necesario hacer los ajustes correspondientes.

En la cosecha a granel, para descargar la combinada , se usan sifones que deben ser de buen diámetro y trabajar con poca inclinación para evitar el daño mecánico cuando el grano cae al vehículo que transporta el producto.

Mantenimiento de la combinada:

Todos los sistemas de la combinada necesitan mantenimiento para evitar que sus componentes sufran un desgaste elevado y se reduzca la vida física de la máquina. La mejor fuente para determinar las operaciones de mantenimiento preventivo en una máquina es el “Manual del Operador”, que normalmente viene con el equipo.

Existen algunas normas generales de mantenimiento, las cuales son de obligatorio cumplir

miento. Ellas son:

- Llevar registros de mantenimiento.
- Realizar las labores de mantenimiento, de acuerdo con los períodos establecidos en el manual del operador
- Mantener limpia la máquina, retirando las suciedades, el barro, la grasa, etc.
- Comprobar que las láminas estén ajustadas correctamente y que no se produzcan vibraciones ni fugas.
- Hacer una revisión diaria de la máquina para evitar fallas potenciales
- No abusar de la combinada con sobrecargas, velocidades elevadas, etc.

Pérdidas durante la cosecha:

Normalmente es imposible tener una cosecha perfecta, sin pérdida de grano porque en éste proceso hay un número grande variables que

entran en juego; sin embargo si es posible lograr que las pérdidas sean mínimas. Por lo general, se espera que las pérdidas durante la cosecha sean inferiores a un 3%.

Se pueden presentar pérdidas naturales y en la cosechadora. Las primeras son aquellas que se ocurren en el cultivo por motivos diferentes al uso de la cosechadora, plantas caídas y con ataques de plagas y pájaros. Las pérdidas en la cosechadora o combinada son aquellas debidas a la inexperiencia del operador o a la falta de calibración de la máquina. Se clasifican en pérdidas en el cabezote, pérdidas en trilla, pérdidas de separación, pérdidas de limpieza.

Para reducir al mínimo éstas pérdidas se debe hacer el ajuste de la combinada siguiendo las recomendaciones del Manual del Operador.



POSTCOSECHA

La postcosecha se refiere a todas aquellas actividades dirigidas a conservar las características y la calidad de los granos. Ellas comprenden la prelimpieza y limpieza para el retiro de materiales extraños o impurezas; el secamiento que hay que hacerle al grano para llevarlo por debajo del 15% de humedad. También incluye el almacenamiento del grano.

Limpieza del grano:

La limpieza es una acción que debe iniciarse en la finca y se completa en el centro de acopio como requisito previo para el almacenamiento del grano.

La recolección de las cosechas en nuestro medio se realiza manualmente, o con equipos no muy modernos o mal calibrados que dejan impurezas que se deben remover.

Los materiales y cuerpos extraños diferentes al producto, pueden ser extraídos mecánicamente por medio de cribas, zarandas, mallas, corrientes de aire, etc. Esta labor debe realizarse preferiblemente antes del secamiento o almacenamiento del grano. Algunas materias extrañas son difíciles de retirar por medios mecánicos, por tener la misma forma, el mismo peso específico o el mismo tamaño del producto, para lo cual se requiere de equipos especiales como la mesa de gravedad.

Secamiento:

La longevidad o conservación del grano o semilla dependen fundamentalmente del contenido de humedad del grano, la temperatura, la humedad ambiental y la disponibilidad de oxígeno, los cuales están relacionados entre sí. Para preservar las propiedades físicas del gra-

no, se debe reducir la actividad respiratoria a su más bajo nivel, lo que se logra en la práctica reduciendo su contenido de humedad.

Como el grano generalmente no se recolecta con un grado de humedad que permita su almacenamiento, se hace necesario "secarlo" para mantener la calidad y características del grano y evitar su deterioro. Para adelantar esta labor adecuadamente se requiere conocer algunas propiedades fundamentales de los granos, con respecto a su secamiento.

El secamiento evita que con el exceso de humedad de los granos, por encima de los niveles seguros para almacenamiento, se presenten problemas como:

- Calentamiento.
- Desarrollo de microorganismos (enmohocimiento).
- Exceso de transpiración del grano y germinación o brotación del mismo.
- Pérdida de materia seca.
- Reducción o pérdida completa del valor alimenticio.
- Cambios químicos de las grasas, almidones y proteínas.
- Cambios indeseables en olor, color y sabor.
- Cambios en las características de industrialización.
- Reducción o pérdida del poder germinativo en semillas.

- Ambientes propicios para el desarrollo y ataque de los insectos.

Para realizar un secamiento apropiado, es necesario conocer muy bien algunas propiedades de los granos y el efecto de la humedad.

El contenido de humedad en los granos y la humedad relativa del aire

Los granos son seres vivos, y por lo tanto respiran. La respiración se presenta como un fenómeno de combustión, tanto en animales como en plantas, produciendo CO₂, y vapor de agua con desprendimiento de calor.

La humedad y la temperatura actúan como catalizadores de los procesos metabólicos aumentando la tasa de respiración de los granos y por ello las pérdidas de materia seca.

La humedad es el factor más importante que afecta la tasa de deterioro del grano en el almacenamiento. Para un almacenamiento seguro, el grano debe tener un 12% de humedad.

La humedad en el grano almacenado tiende hacia una condición de equilibrio con la humedad del aire circundante en movimiento que ocurre en la fase de vapor a lo largo de un gradiente de presión de vapor.

El secado ocurre solamente mientras el aire a su alrededor tenga menos humedad que el grano mismo. Si el aire circundante tiene más humedad, ésta se moverá hacia el grano y así continuará intercambiando humedad con el aire que lo circunda.

Un factor que complica el secado del grano es la humedad relativa (HR) del aire, que es la canti-

dad de agua presente en el aire a una temperatura dada, comparada con la cantidad total de agua que ese volumen de aire puede retener a esa temperatura.

El aire caliente retiene más humedad que el frío. En un día caluroso el aire retiene mucha humedad, conforme se aproxime la noche, se enfriá especialmente en las superficies frías de la planta y deposita la humedad que no puede retener a una temperatura más baja. Esta condensación que resulta de la saturación del aire ocurre cuando la HR es igual al 100% y como resultado de esto se forma el rocío. Si la cantidad de agua en el aire permanece constante y la temperatura baja, la HR aumenta. Los cambios en la HR, por lo tanto, afectan el estado de equilibrio entre la humedad del grano y el aire que lo circunda.

El grano de maíz puede ser almacenado con seguridad con un contenido de humedad del 13% con una HR del 70% de humedad. En este punto el grano de maíz y el aire no intercambian humedad apreciablemente. Este es el punto de equilibrio que un buen almacenamiento trata de establecer; pero es difícil guardar grano almacenado bajo condiciones que mantienen tal equilibrio. Si aumenta la temperatura la HR bajaría ya que el aire tendrá una mayor capacidad de absorber agua y las moléculas de agua dejarán el grano para pasar al aire. Si la temperatura baja la HR aumentaría ya que el aire tendrá menos capacidad para retener moléculas de agua y éstas se moverán dentro del grano y aumentarán su contenido de humedad.

Por eso en condiciones de almacenamiento normal, con atmósfera no controlada, el grano debe estar lo más seco posible para garantizar una buena conservación.



La humedad se presenta en el grano en dos formas: Como humedad interna haciendo parte del grano junto con la materia seca y como humedad externa, no dependiente de la naturaleza del grano, la cual se halla en la superficie de su envoltura y en los espacios intersticiales existente entre granos vecinos.

Cuando el aire y el grano se ponen en contacto, con el tiempo se establece un equilibrio entre el contenido de humedad del grano y la humedad relativa del aire circundante. Este equilibrio no significa que haya una equivalencia en términos de cantidades físicas de humedad, sino un equilibrio de presiones o energía.

La humedad del grano prevalece sobre la del medio ambiente, siempre que no haya corrientes continuas de aire.

- Humedad relativa y desarrollo de mohos:
Los mohos se encuentran en todos los granos y para que se desarrollen se necesitan condiciones adecuadas de humedad y temperatura.

La propagación se favorece por encima de 75% de humedad relativa. La humedad relativa a la cual no se desarrollan los mohos u hongos es la de 60%, y se le denomina nivel seguro de almacenamiento.

La humedad es una característica muy importante en el secado del grano, ya que cuando tiene un contenido mayor de 14%, aumenta la actividad respiratoria, incrementando los niveles de temperatura y de la humedad interna del producto, reduciendo la dureza del grano y dando condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades e insectos..

- Principio básico en el secamiento de gra-

nos: El secamiento consiste en la remoción de la humedad externa del grano y la remoción parcial interna, hasta cierto nivel que permita su posterior conservación. El agua se extrae del grano por evaporación, con aire con poder desecante (sediento) que debe renovarse permanentemente para lograr el secamiento.

Para lograr un secamiento efectivo (evaporación), es necesario alcanzar la mayor diferencia entre la presión de vapor de la humedad contenida en el grano y la presión presentada por el aire.

En el proceso de secado hay una transferencia de humedad del material que está siendo secado a otro que es capaz de absorber esa pérdida. Para el secamiento de granos, el aire es el transporte comúnmente usado por la capacidad que tiene de absorber agua en forma gaseosa. Esta capacidad es proporcional a la temperatura, así que cuando ésta aumenta se está incrementando la capacidad de absorción.

En el proceso de secado, el aire tiene dos funciones: a) Proveer la energía necesaria para evaporar la humedad y b) Transportar la humedad evaporada del grano secado a la atmósfera.

La diferencia en las presiones depende de las condiciones ambientales, pues el aire atmosférico contiene mucha humedad en forma de vapor de agua. Esta situación es la que nos obliga a calentar el aire para realizar el secamiento, pues permite bajar la presión del vapor del aire, creando un aire "sedento" que absorbe efectivamente la humedad del producto que entra en contacto con él. El principal fundamento del secamiento es asegurar un continuo paso de aire caliente a través de productos con una presión de vapor que esté en equilibrio con la del aire.

Métodos de secado del grano de maíz

Los métodos más utilizados de secamiento, son: natural, en patios; en túnel, pasando aire caliente a través de la masa de grano; estático o de cochada (utilizado principalmente por arroceros); de flujo continuo o de torre, que es el más eficiente y técnico, pero teniendo en cuenta que la eficiencia y la técnica del secamiento está dada por las condiciones de operación, no se pueden descartar de plano los otros sistemas, ya que cada uno tiene sus ventajas y desventajas.

El secado artificial consiste en someter el grano a una corriente de aire caliente; es un proceso caro con relación al secado natural, tiene la ventaja de que el grano se puede secar a cualquier hora, sin importar las condiciones del clima. La temperatura máxima del aire recomendada para secamiento artificial de maíz es 55°C (131°F) (Nañez, 1997).

La temperatura del aire de secado para semillas es de 42°C (110° F). Sin embargo, si el grano se seca para alimentar ganado no hay riesgo de que pierda valor nutritivo, independientemente de la temperatura a la que se seque. Sí el grano se vende para procesamiento industrial, la temperatura no debe superar los 60°C, ya que temperaturas más altas producen transformaciones en el almidón del grano, lo que provoca obstrucciones en los filtros y tamices y da un bajo rendimiento en aceite; además, el calor produce deterioro por rotura y desmenuzado de granos (Llanos Company, 1984).

La temperatura de secamiento debe estar interrelacionada con el tiempo de secamiento y el contenido de humedad del grano. Se sabe

que mientras más seco esté el grano, más alta es la temperatura que puede soportar sin perder poder germinativo. También, mientras menor sea el tiempo de exposición, mayor podrá ser la temperatura del aire.

- Secamiento en el campo:

Se conoce como "secamiento natural", ocurre en el periodo comprendido entre la madurez del grano y su recolección. Es el más económico. Tiene como limitantes las lluvias extemporáneas, la necesidad de preparar el terreno para cultivos siguientes, el crecimiento de malezas, el ataque de pájaros e insectos, la propensión de algunas variedades al volcamiento o al desgrane y la necesidad de vender el producto.

- Secamiento en patios al sol:

Cuando el tiempo lo permite se puede emplear este método, para lo cual deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos: el grano debe extenderse en capas delgadas (5 cm o menos), lo que exige una superficie considerable de terreno, para secar un bulto de grano se requiere un área de 2m de patio); el peligro de daños por lluvias ocasionales es permanente; el grano exige atención constante para cambiarlo de posición y evitar su deterioro; requiere de mucha mano de obra, lo que hace costoso el proceso; los métodos utilizados para mover el grano ocasionan rotura.

- Ventilación natural:

Aprovecha las corrientes del aire, haciéndolas pasar por la masa de grano. Hay diversas instalaciones, las más comunes son los "túneles". Es un proceso más de acondicionamiento que de secamiento.

- Aireación o aire atmosférico:

-Mecánicamente impulsado

Este sistema se aprovecha para mantener en condiciones apropiadas los granos cosechados húmedos, hasta cuando puedan ser secados; se evita el desmejoramiento de la calidad cuando el secamiento es por etapas: extrae el calor del grano cuando éste es cosechado húmedo o es secado; permite mantener los productos almacenados en condiciones normales de temperatura; elimina olores objetables o residuos de fumigantes y permite la aplicación de fumigantes.

-Aire calentado y forzado o succionado a través del grano

Se emplea combustible como fuente de calor (ACPM, gas, carbón, etc.). El aire caliente se mueve con un ventilador. Este método puede usarse en cualquier condición de tiempo; y como permite regular la temperatura, la cantidad de aire que se hace pasar por el grano y el tiempo que el grano permanece en contacto con el aire caliente, hace posible realizar operaciones satisfactorias.

El secamiento por este sistema se puede hacer mediante secamiento dinámico, cuando el grano está en movimiento y secamiento estático, si el grano está quieto. El secamiento en flujo continuo es aquel que se efectúa con el producto en movimiento, a través de la cámara de secamiento (equipo donde se deposita el grano durante el secamiento), el material se mueve hacia una misma dirección, ingresando al equipo por un sitio y abandonándolo por otro.

La cantidad de grano que se mueve por entre la secadora en la unidad de tiempo se llama flujo. Se expresa en metros cúbicos por hora o en toneladas por hora de producto. Para que exista

flujo continuo se requiere que el producto que fluye por la secadora reciba el tratamiento y sea llevado a un lugar de almacenamiento para reposo y almacenamiento definitivo.

El sistema de secamiento en flujo continuo requiere de silos o tolvas receptoras del cereal húmedo y de silos donde se deposite el grano seco.

La capacidad de las tolvas receptoras de grano húmedo y de los silos de almacenamiento del producto seco, debe ser mayor que la capacidad estática de la cámara de secamiento. Esto con el fin de garantizar que la secadora permanezca en todo momento abastecida y llena. Si la capacidad de evacuación de la secadora es mayor que la de alimentación, los equipos de descargue deberán detenerse hasta que la secadora recobre su nivel normal.

Secadora de torre

La secadora más común es la de torre que está compuesta por la tolva superior receptora o granero, la cámara de secamiento, el marco descargador, tolva de descargue, el ducto de aire desecante, ventilador de aire ambiente o compuertas de climatizador: el generador de calor, el mecanismo de alimentación o de distribución, el transportador de evacuación y los controles de seguridad. Muchas secadoras de torre se subutilizan debido a que no se usan a flujo continuo, sino en forma de secamiento estático (por cochadas); es decir, se llenan pero no se descargan, interrumpiendo la operación de evacuación ocasionando mayores costos en el secamiento; además de disminuir considerablemente la capacidad de secamiento de los equipos y aumentar los costos de mano de obra.



Almacenamiento

Es importante recordar que para que los granos puedan almacenarse en forma segura y mantenga su calidad, estos deben estar limpios y secos.

La disponibilidad de almacenamiento constituye un factor importante en el riesgo que afronta la agricultura. La función del almacenamiento es mantener el producto en depósito un tiempo determinado con el propósito de ajustar la oferta y los requerimientos de la demanda. Proporciona "utilidad de tiempo".

Su importancia se origina en el hecho de que la producción es estacional, mientras el consumo es constante a través de todo el año.

El almacenamiento es una actividad relativamente costosa por las siguientes razones:

- Por uso de instalaciones apropiadas: depreciación y mantenimiento o tarifas por tonelada/mes.

- Tratamiento del producto para almacenaje: es más exigente en el grado de secamiento, en previsión contra plagas, frente a la comercialización inmediata.

- Financiamiento: intereses sobre el valor del producto almacenado.

- Costos por mermas, desperdicios y deterioros.

- El riesgo de encontrar menor aceptación del consumidor para el producto almacenado, frente al producto fresco.

- El riesgo de encontrar cotizaciones de precios más bajos, después del almacenamiento, o cotizaciones que no permitan cubrir los costos de la operación.



Las instalaciones para almacenar granos deben tener las siguientes características:

- Estar bien situadas
- Sólidamente construidas
- Secas, aireadas y con luz
- Aptas para ser limpiadas de polvo fácilmente
- Contar con elementos para evitar riesgos de incendio y contaminaciones indeseables.

Construcciones

Existen dos tipos para el almacenamiento de granos:

- Bodegas: almacenamiento horizontal y en sacos o bultos.
- Silos: almacenamiento vertical a granel.

Almacenamiento en sacos

Las bodegas deben contar con fácil acceso de camiones, piso fuerte, suave y en lo posible a

un mismo nivel. Si está a nivel de tierra, el piso debe ser de concreto, protegido de la humedad que viene de abajo, cubierto de cascajo con cemento o brea.

Almacenamiento en silos

Se emplea en plantas de almacenamiento comercial o especializado, ya sea de tipo industrial, de importación o exportación. Cuentan con equipos para rápido tratamiento, conservación, secamiento, limpieza y fumigación, entre otras.

Sistemas mejorados de almacenamiento a nivel de finca

Existen diferentes sistemas mejorados y estructuras para el almacenamiento de los granos a nivel rural, la elección del sistema depende de varios factores, como el tipo y la cantidad del producto, el método del manejo, la disponibilidad de capital y de mano de obra, entre otros.

Sin embargo, será el agricultor quien determine cuál estructura se adapta mejor a sus condiciones y al tipo de cultivo que maneja, como las canecas plásticas o metálicas, bolsas plásticas y silos pequeños de fondo plano.

Sugerencias para prevenir deterioros del grano de maíz almacenado

El almacenamiento de maíz destinado para semilla, o con fines comerciales para consumo o para procesos agroindustriales implica mantener el grano libre de hongos mohos contaminantes e igualmente de insectos plagas, y también protegidos contra daños de roedores, para lo cual se sugieren las siguientes medidas:

1- Para evitar el daño de insectos, se debe cosechar con la humedad apropiada.

2- Almacenar únicamente maíz con contenido de humedad del grano inferior a 12%, en recintos cuya humedad higroscópica ambiental no pase del 70%, lo cual se podría proveer con ventiladores y sistemas de enfriamiento adecuados para mantener la temperatura por debajo de 10°C.

3- Empacar el maíz en sacos de fibra con trama más bien rala, para mantener la conveniente aíreación del grano y un racional equilibrio en el contenido de humedad.

4- Evitar la mezcla de cantidades de granos con diferentes grados de humedad. Seleccionar y limpiar bien el producto y no mezclar granos de cosechas diferentes. Los granos partidos facilitan el ataque de insectos y hongos.

5- Al momento de almacenar, tratar con fungi-

cidas eficientes el maíz destinado para semilla, no para el consumo, para prevenir contaminaciones fungosas durante el periodo de almacenamiento, especialmente si se ha programado un almacenado prolongado.

6- Realizar exámenes periódicos en muestras representativas de granos para confrontar su estado fitosanitario y la estabilidad de su contenido de humedad por debajo de 12%.

7- Evitar entrada de humedad a los pisos y paredes de los depósitos, así como la entrada de roedores u otras plagas.

8- Barrer bien los depósitos y quemar las basuras antes de guardar el grano. Aplicar un insecticida apropiado a pisos, paredes y techos. Los recipientes donde se deposita el grano deben estar limpios y libres de insectos.

9- En un medio frío y seco se multiplican menos los hongos e insectos y el grano se conserva mejor; por lo cual es bueno colocar los recipientes sobre, maderas o tablas levantadas del piso, que forman ductos por donde pase el aire y enfría el grano; esto se aplica principalmente en zonas con temperaturas bajas y humedad relativa baja, ya que en zonas tropicales con humedad relativa alta y temperatura alta, existen otras opciones como el almacenamiento hermético.

10- Para la desinfección se deben utilizar los productos apropiados.

11- En climas fríos el maíz sano debe almacenarse con una humedad no superior a 14-15% por períodos de 2 a 3 meses, mientras que en climas cálidos tropicales el maíz puede almacenarse con una humedad no superior a 13%. Las

humedades indicadas deben usarse como guía, sin olvidar que corresponden a la máxima que puede tener cualquier parte del grano almacenado y no a la humedad promedio de todos los granos.

12- En condiciones de ambiente controlado (cuarto frío con 50% de humedad relativa y 16°C), las semillas pueden almacenarse por cuatro meses más que bajo ambientes no controlados (bodega de semilla), antes que los porcentajes de germinación alcancen niveles inferiores a 90% (límite tolerable de aceptación-ICA), según normas oficiales para comercialización de semilla en Colombia.

En síntesis, para una conciente evaluación del verdadero estado fitosanitario del grano de maíz almacenado para semilla, para consumo o para fines agroindustriales, se requiere:

a) Efectuar exámenes periódicos microscópicos del embrión, en muestras representativas de granos, para establecer que estén libres de agentes fungosos internos, de los denominados "hongos de campo", y también de contaminantes externos considerados como "hongos mohos de almacén"

b) Realizar cultivos de granos enteros y triturados en medios de nutrientes artificiales, previa desinfección superficial, como una ratificación complementaria de que estén absolutamente libres de fitopatógenos y contaminantes fungosos.

c) Establecer el porcentaje de viabilidad del embrión mediante pruebas de germinación de los granos.

d) Constatar el permanente contenido de hu-

medad del grano por debajo del límite de 12%, y evaluar el porcentaje de granos con escutelo manchado, considerado como evidente indicador de infecciones o contaminaciones fungosas.

Problemas patológicos del maíz almacenado

Infestación de insectos en granos almacenados

La infestación en granos almacenados puede iniciarse desde el cultivo mismo donde los granos son atacados por insectos que le ocasionan daños disminuyendo su calidad. Las altas infestaciones están asociadas con las impurezas. Se consideran impurezas los granos o cuerpos extraños, el polvo, el grano partido, las harinas, que también la pueden causar los mismos insectos. A nivel mundial se estima que los insectos pueden causar pérdidas de más del 10%; en algunos países en desarrollo, ocasionalmente, se han reportado daños cercanos al 50%.

Los daños que pueden causar los insectos son diversos y siempre son irreparables una vez que han ocurrido. Los más comunes son: alto consumo de granos, malos olores, generación de calentamientos en la masa de granos, facilitar la contaminación por hongos y bacterias, que generan toxinas y en el caso de las semillas los daños al embrión que causan una reducción en el poder de germinación.

Una detección temprana de la presencia de las plagas, puede evitar la generación de sobrecostos en los tratamientos y el rechazo del producto por parte de los compradores. Esta labor debe realizarse desde el momento de recibo del producto y continuar haciéndolo en forma periódica

Las medidas de control son de prevención y protección. Las preventivas se refieren a aspectos como: la limpieza de los depósitos o silos, desinfección de los lugares de almacenamiento, de los medios de transporte y de los empaques, hacer inspección y monitoreo de la presencia de las plagas.

Las medidas de protección son aquellas que tratan de impedir que las plagas se establezcan y proliferen en los granos. En la práctica esto se logra con la aplicación de insecticidas. Las aplicaciones deben hacerse con base en los muestrazos y pueden ser necesarias desde el momento en que se está almacenando el grano.

Los insecticidas más recomendados para aplicar en forma líquida son de tipo órgano fosforados como Malathion, Actellic, Pybutrin, Baytion, Nuvan, entre otros. También se usan fumigantes que tienen la propiedad de desprender vapores o gases tóxicos incoloros. Por su fácil manejo, seguridad en la aplicación y buen control sobre los insectos, las pastillas de Fosfuro de Aluminio o de Magnesio son las de mayor uso en el país. Las dosis recomendadas están basadas tanto en el peso de los granos como en el volumen del depósito.

Un factor importante a tener en cuenta es el tiempo de exposición, el cual depende de la temperatura ambiental y la humedad. Para la mayoría de los insectos, la recomendación general es el uso de tres pastillas por metro cúbico, durante un período de 72 horas.

Existen en el mercado equipos como nebulizadores o termonebulizadores que genera un aerosol de ultra bajo volumen para combatir eficientemente las plagas en las instalaciones, con los cuales se utiliza una menor dosis de la sus-

tancia activa, con productos a base de K-biol. También se encuentran disponibles lámparas mata insectos que actúan por atracción fototrópica y son una alternativa para el control de adultos voladores como polillas y coleópteros.

Hongos deterioradores del maíz almacenado

El grano de maíz para consumo o para semilla, al igual que el de otros cereales, cuando se transporta inadecuadamente en recipientes cerrados o se almacena sitios con condiciones deficientes en cuanto a temperatura, humedad y ventilación, suele contaminarse rápidamente con organismos fungosos, comúnmente denominados "hongos mohos de almacén", entre los cuales se destacan los géneros *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*. Ocasionalmente también se presentan los hongos *Alternaria*, *Chaetomium*, *Mucor*, y *Rhizopus*. Tales enmohecimientos suelen generar grandes pérdidas económicas por contaminación del grano, lo que lo inutiliza para consumo por parte de humanos y de animales y le altera su viabilidad germinativa como semilla.

- Micotoxinas.

Las micotoxinas son metabolitos tóxicos secundarios, producidos por cepas de varios géneros y especie de hongo. La producción de micotoxinas en alimentos de consumo humano animal constituye un peligro potencial para la salud y la producción. Los alimentos adquieren micotoxinas antes y durante la cosecha del grano y en su almacenamiento, si las condiciones de temperatura y humedad son favorables para el crecimiento del hongo toxigénico.

En tabla siguiente se relacionan las micotoxinas indicando los efectos que causan en humanos y en animales y los productos que ellas afectan.

Efectos de las micotoxinas (Tomado de Díaz, 1995)

Micotoxina	Efecto en humanos	Efecto en animales	Sustratos afectados
Aflatoxinas (B1, B2, G1 Y G2)	Cáncer hepático	Disminución en la producción Alteración del sistema inmunológico, Cáncer hepático	Maíz, maní, arroz, torta de algodón
Aflatoxina M1	Cáncer hepático	Cáncer hepático en truchas y ratas	Leche (líquida y en polvo)
Ocratoxina A	Nefropatía. (Endémica en los Balkanes). Daño renal irreversible	Daño renal. Disminución en la producción. Cáncer renal.	Avena, trigo, cebada, soya, maíz, café, carne de cerdo, derivados cárnicos
Zearalenona	No se conocen	Hiperestrogenismo Vulvovaginitis porcina	Maíz, trigo, cebada
Tricoticosenos (Ej. DON, T-2 toxina, DAS)	Severa irritación dérmica. Usados en la "guerra química".	Disminución en el consumo de alimento. Efectos adversos en la salud y en la producción.	Trigo, cebada, maíz, torta de algodón
Fumonisinas	Cáncer esofágico	Edema pulmonar en cerdos. Encefalomalasia en equinos. Cáncer en primates y ratas.	Sólo maíz

- Aflatoxinas

Por su carcinogenicidad comprobada, las aflatoxinas son, dentro del grupo de micotoxinas, las que más atención han tenido. Recientemente, las aflatoxinas han incrementado rápidamente su nivel de expansión, produciendo

pérdidas de cultivos y un crecimiento en los tratamientos médicos.

En África los niveles de aflatoxinas superan cinco veces el límites de seguridad en cerca de un tercio de la producción de maíz. En Nigeria,

un estudio indicó que el 99% de la sangre recolectada de niños, contiene aflatoxinas.

Se cree que las aflatoxinas afectan el sistema inmune de los seres humanos, haciéndolos más vulnerables a enfermedades como SIDA y malaria. Cuando esto ocurre, en conjunto con la hepatitis B, las aflatoxinas permiten la aparición del cáncer. (Brandeland, 2007).

Las aflatoxinas son producidas de forma primaria por dos hongos *Aspergillus flavus* Link y *A. parasiticus* que infectan cultivos como el maíz y el sorgo. Estudios realizados en Colombia, muestran que la incidencia de aflatoxinas en sorgo nacional, ha oscilado entre el 2 y 7,8% y los niveles de aflatoxina B han variado de 4,4 a 40 ppb. La incidencia de aflatoxinas en maíz, ha sido mayor que en sorgo (6 – 50%) y sus niveles han estado entre 0,25 y 141 ppb. (Díaz, 1995).

Los niveles máximos tolerables vigentes en la actualidad para las aflatoxinas totales, establecidos por la FDA para el maíz, se muestran en la siguiente tabla:

Niveles máximos tolerables. Tomada de <http://www.fao.org>

Alimento para humanos	Total (ppb)
Todos los productos menos leche	20
Lecha (Aflatoxina M1)	0,5
Alimento para animales	Total (ppb)
Maíz para animales inmaduros y vacas lecheras	20
Maíz y productos de maní para vacas con cría (carne, cerdo y aves maduras)	100
Maíz y productos de maní para cerdo al final de su vida comercial	200
Maíz y productos de maní para vacas (carne) al final de su vida comercial	300
Ingrediente alimentario de semillas de algodón	300
Los demás tipos de alimentos	200

- Control de aflatoxinas

Existen diferentes prácticas culturales que previenen la aparición de los hongos que producen aflatoxinas, como almacenar el grano con bajas humedades (<13%) y evitar la reproducción mediante el uso de inhibidores químicos como ácidos benzoico, sorbico, propiónico, fórmico acético y sus sales (propianato de amonio, de sodio y de calcio). Comercialmente en Colombia se emplea LUCTAMOLD APB que tiene como ingrediente activo el ácido propiónico al 30%, el cual se aplica mediante termonebulización.

Investigaciones realizadas por el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) en África, han dado como resultado un nuevo método para detener la propagación de la aflatoxina, llamado “exclusión competitiva”, basado en la presencia natural de cepas toxigénicas y antitoxigénicas en el hongo. *A. flavus* donde la competencia ocurre de manera natural, permitiendo la reducción de la aflatoxina en cerca de 99.8% en pruebas de campo. (Brandeland, 2007).

-Roedores y su control

Las ratas y ratones pueden comer gran cantidad de grano y ensuciarlo cuando lo están comiendo, romper los sacos y dejar excrementos y orina que producen mal olor y ponen en riesgo la salud humana, pues son vectores y transmisores de una serie de enfermedades mortales.

Una práctica cultural preventiva es mantener el lugar de almacenamiento en buen estado de limpieza, pues de lo contrario se creará un ambiente propicio para la aparición de roedores, los cuales requieren solamente un espacio seco, alimento y agua para reproducirse. Pero si la plaga ya se encuentra presente, una forma de combatirla, es la utilización de trampas mecánicas de aprisionamiento o sebos tóxicos preferiblemente anticoagulantes.

Para el control ecológico de roedores se emplean, cada vez en forma más generalizada los emisores de ultrasonido, que ahuyentan especies como murciélagos, ratas, ratones y pequeños mamíferos. Para una máxima cobertura de aproximadamente 1500 metros cuadrados, el master tiene una frecuencia de barrido automático, inaudible para humanos. Esto es ideal para el control de plagas en bodegas.



BIBLIOGRAFIA

- Brandeland, M. 2007. New ways to combat aflatoxin. Biodiversity international. GENEFLOE.
- Castaño, J. - 1989, Problemas patológicos del maíz. En IX Seminario de enfermedades y plagas de maíz . IICA-BID-Prociandino. Quito – Ecuador. P.195
- Castillo, N.A, 2009, Almacenamiento de granos. Aspectos técnicos y económicos. Cuarta edición. Bogotá.
- Chaparro, J.M, 2001, Manual de funcionamiento y calibración de máquinas y cosechadoras de grano. FENALCE – Fondo de Importaciones. Produmedios. Bogotá. 60 P.
- Díaz, G. 1995, Regulación de niveles máximos tolerables de micotoxinas en materias primas y alimentos terminados. Veterinaria al día, 1(3), 22-27p.
- Frazier, WC. 1972, citado por Castillo, N.A., 1984
- Henriquez, M, 2002, Manejo Postcosecha de cereales y leguminosas de grano. FENALCE – Fondo Nal. Cerealista. Produmedios, Bogotá. 48P.
- Llanos Company, 1984, El maíz su cultivo y aprovechamiento. Ed. Mundiprensa. Castelló, Madrid. 318 P.
- Marín V, A, 1998, Control de insectos de los productos almacenados. Resumen XXV Congreso de la Sociedad Entomológica, 1998. P.158
- Martínez, G, 2008, Programa de simulación de secamiento de granos de maíz y café. Sin publicar. Universidad Nacional, sede Palmira.
- Martínez, G., y Garbers, R.E. 2011. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la poscosecha de Maíz Amarillo y Sorgo. Fenalce, Fondo Importado de Cereales. Bogotá ,76p.
- Nañez, J, 1997, Cosecha mecanizada de maíz, FENALCE, Seminario sobre el cultivo de maíz. Bogotá
- Orozco, J, et all 1995, Comportamiento de cinco grupos de maíz, con dos tipos de grano, bajo condiciones de almacenamiento. Memorias cuarto Congreso Nacional Sociedad colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos. Manizales. P.39
- Ospina, J,G, 1999, Tecnología del cultivo del maíz, FENALCE-SENA-SAC, Produmedios. Bogotá. 336 P.

- Palliwal, R,L y otros, Maíz en los trópicos – Manejo postcosecha. FAO. wwwfao.org/doc
- Paul, C, 1990, Agronomía del sorgo. ICRISAT. Patencherú – India. 302 P
- SENA-SAC-Fenalce, 1998, Seminario Taller sobre postcosecha de maíz. Cereté.
- Troches P, A, 1989, Insectos de granos almacenados y formas de control en IX Seminarios de manejo de enfermedades y plagas de maíz. IICA-BID-Prociandino. Quito, Ecuador. P.121.





Ministerio de Agricultura
y Desarrollo Rural
República de Colombia



***ESTA PUBLICACIÓN FUE PATROCINADA
CON RECURSOS DEL:
FONDO IMPORTADO DE CEREALES***