

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas



*Tesis en opción al título de Master en Ciencias en
Nutrición de las plantas y Biofertilizantes.*

*Título: Optimización de la fertilización en la variedad
transgénica FRBt1 de maíz (Zea mays L.) con el uso
combinados de fertilizantes minerales, estimuladores de
crecimiento vegetal y hongos micorrízicos arbusculares.*

Aspirante: Ing. Moisés Morejón Pereda

Tutores: Dr. Blanca M de la Noval Pons

Dr. José Alfredo Herrera Altuve

Cotutor: Dr. Camilo Ayra Pardo

Mayabeque 2014

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas

Tesis en opción al título de Master en Ciencias en Nutrición de las plantas y Biofertilizantes.

Título: Optimización de la fertilización en la variedad transgénica FRBt1 de maíz (Zea mays L.) con el uso combinados de fertilizantes minerales, estimuladores de crecimiento vegetal y hongos micorrízicos arbusculares.

Aspirante: Ing. Moisés Morejón Pereda

Tutor: Dr. Blanca M de la Noval Pons

Dr. José A. Herrera Altuve

Cotutor: Dr. Camilo Ayra Pardo

Mayabeque 2014

Dedicatoria

Dedicatoria.

A la memoria de mi papá Pedro segundo

A la memoria de mis abuelos Catalina y Ramón

A mis hermanas y sobrinos.

*A mi hija por ser tan paciente y entender en ocasiones mi ausencia a
su lado*

*A todos los que de una forma u otra han ayudado a elevar mi
superación personal y profesional.*

Y sobre todo especialmente a mí.

Agradecimientos

Agradecimientos.

- A Nicolás Medina por haber aportado desde su posición de oponente, colega y amigo todo un caudal de ideas que permitieron elevar la calidad y solidez de esta tesis.
- A Blanca de la Noval, “Blanquita”, por ser ella, por ser amiga y compañera por todo el esfuerzo que asumió y conocimientos que aportó en mi formación como tutora sin temor a los obstáculos que enfrentamos.
- A Jose Alfredo “Pepe”, por permitirme ser su alumno, colega, amigo ,por enseñarme que la sencillez y la modestia son valores que aún existen y sobre todo por el aporte que ha dado en mi formación profesional, a ti pepe gracias.
- A Camilo Ayra por permitirme aprender de ti, por enseñarme a que a veces no se trata de luchar contra el mundo, sino saber usar el arma adecuada en cada guerra.
- A mi madre por darme la oportunidad de existir y lograr estar presente en cada uno de los retos que he asumido en mi vida.
- A mis hermanas María de los Ángeles , Rosalía, Merlín y Danet por ser parte de mi vida y protagonistas de cada paso que he asumido en mi vida y siempre apoyarme por difíciles que sean los tiempos.
- A mis sobrinos por darme la oportunidad de convertirme un su guía, por su amor y sobre todo por el cariño y respeto mostrado para conmigo.
- A toda mi familia por permitirme ser parte de ellos no como uno más sino como yo .
- A Jorge por ser parte de mí, por estar siempre presente, por ayudarme a ser cada día mejor, sobre todo por ser paciente.
- A, Katia, Liutmila, Tita, y Salvador por brindarme su amistad, por permitirme ser miembro de ese grupo súper original, donde la amistad sincera es nuestro principal alimento.
- A Mercedes”Mechuco” por ser amiga, hermana, camarada, por ser origina, por ser mis pies cuando he necesitado dar pasos firmes, por ser mis ojos cuando he tenido

Agradecimientos

que ver nuevos objetivos y sobre todo por ser un camino cuando he sentido la necesidad de empezar de nuevo.

- A Maribel y el Lenti por permitir ser parte de ustedes, por ayudarme a sonreír cuando lo he necesitado.
- A mis amigos y especialmente a Yunier (El Botánico) por su paciencia y su constancia, por ser siempre igual en fin por ser el.
- A mis compañeros de laboratorio Suria, Luisito, Fidelito, y especialmente a Siomara por el cariño respeto que siempre me ha brindado, por estar presente cuando la he necesitado por ser siempre la abuela que desinteresadamente me ha adoptado.
- A Liset, la rubia guajira de Camaguey, por ser siempre ella, por estar ahí cuando más se ha necesitado. Por ser constante y sobre todo por ser ejemplo de constancia en mi vida personal “cuando yo sea grande quiero ser como ella”
- A Eliudimir, ello por ser mi amigo , hermano y sobre todo por hacerme saber que en estos tiempos yo tengo mas que leopardo porque tengo un buen amigo.
- A Yani por demostrarme que los retos se asumen que hay que tener carácter para asumir el futuro por ser ella original y amiga.
- A Mairita y Adelina por permitirme ser parte de ellas, por su paciencia y por ser capaz de darme día a día tanta alegría
- A todos los amigos de investigaciones agropecuarias por permitirme ser parte de ellos y especialmente a los proyectos de Maíz y Soya por darme la oportunidad de incluirme entre ustedes y que reconozcan como quien soy “El Riky”.
- A todos lo que de una forma u otra por sus actuaciones hacia mi, han sido capaces de incidir directa e indirectamente en que mi superación personal y profesional sea constante y siempre sobre la base de ser cada día mejor.
- A todos ustedes por haber compartido en el día de hoy una parte de su tiempo, para junto a mi ser protagonistas de haber cumplido uno más de mis retos y metas.

ÍNDICE

	Pág
I. Introducción	1
2. Revisión Bibliográfica	6
2.1. El cultivo del maíz.	6
2.1.1. Nutrición mineral del maíz.	7
2.1.2. Afectaciones por plagas y arvenses.	16
2.2. El maíz Bt.	18
2.3. Biofertilizante micorrizógeno (EcoMic®).	21
2.4. Estimulante natural del crecimiento vegetal (FitoMas®-E).	24
3. Materiales y Métodos	29
3.1. Generalidades para los experimentos.	29
3.2. Experimento 1. Evaluación inicial de parámetros productivos de la variedad de maíz FR-Bt1 con la utilización de micorriza (EcoMic®) y un estimulador del crecimiento (Fitomas®-E).	31
3.3. Experimento 2. Influencia del uso de micorriza (EcoMic®) y el estimulador del crecimiento (FitoMas® - E) complementario a la fertilización mineral en las variables productivas de la variedad FRBt1.	33
3.3. Extensión de resultados en condiciones de producción.	36
3.5. Valoración económica.	37
4. Resultados y Discusión	39
4.1. Experimento 1. Evaluación inicial de parámetros productivos de la variedad de maíz FR-Bt1 con la utilización de micorrizas (EcoMic®) y un estimulador del crecimiento vegetal (Fitomas®-E).	39
4.2. Experimento 2. Influencia del uso de micorrizas (EcoMic®) y el estimulador de crecimiento vegetal (FitoMas® - E), complementario a la fertilización mineral en las variables productivas de la variedad FRBt1.	44
4.2.1. Observaciones de crecimiento y desarrollo.	44
4.2.2. Observaciones de rendimiento y sus componentes.	50
4.3. Extensión de resultados en condiciones de producción.	56
4.4. Valoración económica.	57
5. Conclusiones	61
6. Recomendaciones	62
7. Referencias Bibliográficas	
8. Anexos	

ÍNDICE DE TABLAS

	pág
Tabla 1 Necesidades nutricionales en macroelementos primarios del maíz según INPOFOS (2008)	8
Tabla 2. Extracción de nutrientes por el maíz según FAO (2006) (kg/ha)	8
Tabla 3.Requerimientos nutricionales del maíz (rendimiento 11.8 t/ha) durante la temporada de desarrollo (Hoeft, 1992)	11
Tabla 4. Fertilización del maíz en Cuba (Raví, 2000)	15
Tabla 5. Composición química del FitoMas®- E.	25
Tabla 6. Relación de rendimientos en t/ha en áreas de referencias. (CIGB,2011)	28
Tabla 7. Nutrientes aplicados mediante la fórmula completa de NPK en el cultivo del maíz	30
Tabla 8. Características del perfil de suelo del área experimental	32
Tabla 9.Características del perfil de suelo del área experimental.	34
Tabla 10. Áreas sembradas para la extensión de los resultados (2011y 2012).	37
Tabla 11. Comportamiento del masa total promedio de la mazorca.	39
Tabla 12. Masa de los granos evaluadas a 18 y 14 porciento de humedad	40
Tabla 13. Altura de la planta y número de mazorca a los 70 días posterior a la siembra.	44
Tabla 14. Porcentaje de plantas florecidas en el maíz FR- Bt1 a los 5, 10, 15 y 20 días posteriores a la aparición de la primera flor (pdf).	48
Tabla 15. Promedio por tratamientos del número de mazorcas por plantas y numero de hileras por mazorcas	50
Tabla 16. Masa total de las mazorcas y masa seca de los de granos/mazorca.	51
Tabla 17. Rendimientos	54
Tabla 18. Resultados productivos de la campaña 2011y 2012 en áreas de antigua EPICA de Ciego de Ávila.	56
Tabla 19. Costo de la producción de una ha de maíz FRBt1 (CUP/ha)	56
Tabla 20. Utilidades en la producción de 1 ha de maíz FRBt1.(CUP/ha).	57
Tabla 21: Ahorro por disminuir la dosis de fertilizantes químicos (CUC/ha)	58
Tabla 22. Ahorro por disminución de la dosis de portadores fertilizantes en las campañas 2011 y 2012.	58

ÍNDICE DE FIGURA

Relación de numeración y títulos de figuras del documento	Páginas
Figura 1. Rendimiento en maíz seco (t/ha).	41
Figura 2. Comportamiento del grosor del tallo.	47
Figura 4. Promedio del masa de 1000 granos.	53

I. Introducción

El cultivo del maíz es producido en la mayoría de los países del mundo, siendo dentro de los cereales el tercer cultivo en importancia (después del trigo y el arroz), jugando un papel fundamental en la alimentación animal y humana. Fenalce (2008). En la actualidad, los principales productores de maíz son China, Brasil y Estados Unidos, siendo este último el que genera el 45% de toda la producción mundial en América Latina (INEGI, 2008).

No obstante, la producción de maíz en grano aún es insuficiente debido fundamentalmente a la imposibilidad de controlar de manera efectiva el ataque devastador de la palomilla del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), principal plaga del cultivo, y a las altas infestaciones con malezas, que exigen importantes gastos en recursos humanos y materiales para su control. (Avalos, 2008)

Bigler y col (2011), plantearon que con la introducción de la biotecnología y los recursos de la ingeniería genética mediante la transformación. Se logró dar solución a la búsqueda de alternativas para el control de insectos plagas que afectan los cultivos, introduciéndole eventos en la información genética de los mismos que le transfieren el control a estos a insectos y tolerancia a herbicidas para el manejo de las plantas arvenses y su manejo agrícola.

Estos cultivos transformados genéticamente y denominados como OMG, son una de las nuevas tecnologías contemporáneas introducidas en la Agricultura moderna en el mundo. Con el desarrollo de los mismo el mundo ha dado un vuelco en la búsqueda de alternativas que garanticen una elevada producción en la agricultura, donde existan una reducción de las pérdidas por enfermedades en los cultivos u otros factores climáticos que son revertidos con la introducción de la biotecnología como herramienta fundamental en el logro de estos resultados productivos,

garantizando que las plantas expresen todo su potencial productivo y su total desarrollo fisiológico. (Catangui y Berg, 2006).

En Cuba ya se ha logrado la liberación de la variedad sintética cubana de maíz FR-BT1 transgénica dado a la posibilidad del mismo de producir la proteína insecticida Cry1 Fa de *Bacillus thuringiensis* y la proteína detoxificadora de glufosinato de amonio Pat de *Streptomyces viridochromogenes*. Dichas proteínas le confieren a la variedad FR-BT1 la protección contra el ataque de la palomilla del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera :Notuidae) y la tolerancia al herbicida glufosinato de amonio en sus distintas variantes comerciales (Ayra y col., 2009).

La variedad FRBT1 permite lograr rendimientos superiores a las 4 ton/ ha de maíz seco con un bajo costo de producción y mano de obra, por lo que es de vital importancia garantizar una estricta disciplina tecnológica y con ellos factores importantes para lograr que este cultivo exprese al más alto nivel su potencial productivo como son: la densidad de siembra, la fertilización nitrogenada (120-150 kg/ha) y el riego. (Telles y col., 2011)

Si bien en muchos casos los OMG como tecnología requieren de insumos de altos costos como fertilizantes u otros, también ha demostrado la posibilidad de obtener mayores rendimientos y menos pérdidas dado a la facilidad de minimizar los gastos por actividades culturales, permitido por el paquete tecnológico que llevan consigo (Rodríguez, 2011a). Sin embargo una de las razones por la que se obtienen rendimientos bajos y altos costos de producción en el maíz en Cuba, es la elevada incidencia de la palomilla del maíz y la competencia que ejerce al cultivo diferentes especies de arvenses tiene un profundo impacto dado a la alta demanda de insecticidas, herbicidas que se requieren para su manejo que junto a los fertilizantes minerales encarecen la producción de este cereal.(Blanco y Leyva, 2009)

Ramírez (2005).refiere que los altos precios de los fertilizantes minerales en el mercado internacional y las altas dosis de los mismos, que se utiliza en el cultivo, nos obligan a buscar nuevas alternativas nutricionales que permite disminuir los niveles de fertilización teniendo en cuenta la respuesta productiva del cultivo, logrando una relación más amigable con el medio ambiente. Adicionalmente, Martínez (1994) destaca el desequilibrio ambiental que estos pueden ocasionar en los suelos si se usan indiscriminadamente, aspecto fundamental relacionado a la sostenibilidad y productividad de los suelos.

Fundora y col (2009) señalan que la imperante necesidad de buscar vías que mejoren la eficiencia en la utilización de los fertilizantes minerales y el auge adquirido por la implantación de tecnologías cada vez menos agresivas al ecosistemas y los recursos naturales, han dado nueva vida e impuso notable a la idea del uso de los biofertilizantes producidos con Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) y estimuladores de crecimiento vegetal, como el Fitomas®-E.

Según Martínez (1994), la utilización de alternativas a los fertilizantes minerales y su inclusión en la nutrición vegetal, han ido en aumento en Cuba, destacándose la producción de biofertilizantes y estimuladores del crecimiento vegetal, que garanticen la reducción y, en algunos casos, la sustitución de los portadores minerales.

Dado es el caso de la utilización del biofertilizante en base a hongos micorrizicos arbusculares como el EcoMic® (biofertilizante) y el bioestimulador de crecimiento vegetal Fitomas®-E, resultados de la producción y comercialización nacional, obtenida por el INCA y el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, respectivamente, que han demostrado garantizar una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes en plantas. Fundóra y col. (2009) publicaron resultados de incrementos en los rendimientos del cultivo de boniato por la utilización combinada de ambos productos en condiciones de producción.

En el maíz transgénico FRBt1 se realizó un experimento exploratorio, que indicó la posibilidad de optimizar la nutrición de esta variedad con el uso combinado de ambos productos y fertilizantes minerales.

Problema científico

Tomando en cuenta que no se han estudiado integralmente las particularidades de la nutrición de la variedad transgénica FRBt1, es necesario determinar si es posible optimizar el uso de las dosis de fertilizantes minerales NPK recomendadas, con la inclusión de un biofertilizante (EcoMic®) y un estimulador de crecimiento vegetal (Fitomas®-E).

Hipótesis

En el maíz transgénico FRBt1, con el uso combinado del biofertilizante EcoMic® y el estimulador de crecimiento vegetal Fitomas®-E, se puede reducir la dosis de fertilizantes minerales (NPK) sin afectar el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo.

Objetivo general

Estudiar la posibilidad de optimizar la nutrición de la variedad FRBt1 con la utilización combinada de fertilizantes minerales, EcoMic® y Fitomas®-E .

Objetivos específicos

1. Evaluar el comportamiento de la variedad FRBt1 ante la aplicación de EcoMic® y Fitomas®-E, en combinación. con dosis reducidas de NPK.

2. Establecer la posibilidad de reducir la dosis de la fertilización mineral, complementándola con la aplicación de EcoMic® y Fitomas®-E, en función de las respuestas agronómica y económica del cultivo.

2. Revisión Bibliográfica

2.1. El cultivo del maíz

Zea mays, comúnmente llamada maíz, choclo o elote, es una planta gramínea anual originaria de América introducida en Europa en el siglo XVI. Actualmente es el cereal con mayor volumen de producción en el mundo, superando al trigo y al arroz (FAO, 2006).

El maíz es una planta monoica; sus inflorescencias masculinas y femeninas se encuentran en la misma planta. El cultivo del maíz y su rápido crecimiento, le permite alcanzar hasta los 2,5 m de altura, con un tallo erguido, rígido, sólido y algunas variedades silvestres alcanzan los 7 m de altura. El tallo está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior, impermeable y transparente, una *pared* por donde circulan las sustancias y una *médula* de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas nutritivas en forma de azúcares. Las hojas toman una forma alargada íntimamente arrollada al tallo, del cual nacen las espigas o *mazorcas*. Cada mazorca consiste en un tronco que está cubierta por filas de granos que constituyen la parte comestible (para los humanos) de la planta, cuyo número puede variar entre ocho y treinta hileras, (Bolaños, 1995).

El maíz, es un cereal de muy rápido crecimiento pero que necesita una provisión abundante de insolación, donde las noches del verano son muy cortas, como en las zonas equinocciales latinoamericanas. (FAO, 2006).

Azcón-Bieto y Talón (2000) señalan que la producción de biomasa está muy relacionada con la dotación genética de la planta, por lo que el desarrollo óptimo de un cultivo esta genéticamente controlado. Díaz y col. (2007a) y Liubá (2006) plantean que la floración es una condición genética del cultivo y una respuesta al medio ambiente.

La producción mundial de este grano alcanzó los 880 millones de toneladas en el año 2007 contra 706 millones de toneladas del año anterior; estos niveles son de gran importancia a nivel mundial si se comparan con los 600 millones de toneladas de trigo o los 650 millones de arroz, y se comprende la importancia básica a nivel mundial del maíz. Actualmente, el maíz es sembrado en todos los países de América Latina. Éste, junto a otros cultivos como el frijol, la calabaza y el chile, presenta gran importancia como fuente de alimentación en toda América. También en los países europeos se cultiva una gran cantidad de maíz con fines alimenticios para el ganado estabulado (FAO, 2006)

El rendimiento y la producción del maíz dependen en gran medida de la nutrición que recibe y el ataque de plagas, siendo la principal la *Spodoptera frugiperda*. (Fernandez, 2012).

2.1.2. Nutrición mineral del maíz.

El cultivo se desarrolla bien sobre cualquier suelo con drenaje adecuado que permita la existencia de suficiente oxígeno para un desarrollo y actividad correcta de las raíces, suficiente capacidad de retención de agua para proveer adecuada humedad durante toda la estación (Hoeft, 1996).

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo con altas demandas nutricionales, necesita ciertos elementos minerales en cantidades adecuadas para lograr un buen desarrollo. Esos nutrimentos son en general proporcionados por el suelo y por los fertilizantes aplicados. Aunque la planta de maíz usa 13 nutrimentos esenciales diferentes, sólo tres son necesarios en cantidades relativamente grandes: el nitrógeno, el fósforo y el potasio (macroelementos primarios). Estos son los nutrimentos que con más frecuencia limitan la producción de maíz, aunque el azufre y algunos micronutrimentos como el zinc y el magnesio pueden ser restricciones importantes en ciertas zonas. Estos nutrimentos forman parte de numerosos fertilizantes químicos, ya sea en forma individual o combinados en fórmulas. (Lafitte, 2011; Gonzáles y col., 2007a).

La nutrición influye en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Ritchie y col. (2002) plantean que la masa de los granos en maíz está muy relacionada con la eficiente nutrición que reciba el cultivo durante las etapas vegetativas y reproductivas. Mientras más eficiente es la fertilización, mayor será la masa de los granos y por ende los rendimientos del cultivo.

En la tabla 1 se muestran los datos de INPOFOS (2008) sobre los requerimientos de esos macronutrientes para producir 1 tonelada de grano seco, la necesidad de los nutrientes por hectárea y lo que se exporta por la planta.

Tabla 1 Necesidades nutricionales en macroelementos primarios del maíz según INPOFOS (2008)

	Requerimiento kg/t	Necesidad kg/ha	Extracción kg/ha
Nitrógeno	22	198	131
Fósforo	4	36	27
Potasio	19	171	36

Sin embargo, en la literatura se encuentran diferentes datos al respecto, posiblemente influidos por diferencias en las variedades, en las condiciones agroecológicas y el nivel de la agricultura. Por ejemplo, Bertsch (2003) plantea solo 15 kg de N, 3 kg de P₂O₅ y 4 kg K₂O por tonelada de grano.

En relación a extracción, FAO (2006) presenta datos para dos niveles de rendimiento (tabla 2) que también difieren de INPOFOS.

Tabla 2. Extracción de nutrientes por el maíz según FAO (2006) (kg/ha)

	Rendimiento 3 000 kg/ha	Rendimiento 6 000 kg/ha
Nitrógeno	72	120
Fósforo	36	50
Potasio	54	120

En general, los requerimientos mayores son de N y los menores de P. La Guía técnica para la producción del cultivo maíz (*Zea mays* L.) del Ministerio de

Agricultura de Cuba (Raví y col, 2000) plantea que el maíz necesita alrededor de 100 – 150 kg/ha de N para producir una tonelada de grano seco.

A veces el rendimiento puede ser reducido en un 10-30% por carencias de nutrimentos importantes antes de que aparezcan en el campo síntomas claros de carencia. Aun cuando no se vean los síntomas, es una buena idea evaluar el nitrógeno y analizar las concentraciones de P en el suelo (Lafitte, 2011).

Papel de los macroelementos primarios en las plantas de maíz.

El nitrógeno ocupa el 4 % de la masa seca una planta de maíz. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar amino ácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes. (Hoef, 1996)

Bonfante (2003) plantea que la planta de maíz utiliza el nitrógeno durante todo su ciclo. En la absorción del mismo se distinguen tres fases marcadas:

1. Desde el nacimiento hasta cerca de un mes y antes de la aparición de las barbas o inflorescencias femeninas. Al final de ese período se completa cerca de 10% de las necesidades totales del elemento.
2. A partir de ese momento aumenta la absorción hasta un máximo durante la aparición de las panojas. Este es el período de mayor demanda, de ahí la importancia del reabonamiento nitrogenado oportuno. Para la época de aparición de las barbas las plantas ya han extraído más de 60% de sus necesidades.
3. Fase posterior a la aparición de las barbas. La absorción se hace más lenta, lo que depende, en parte, del material genético. Existen cultivares

capaces de continuar la absorción del nitrógeno durante períodos más largos.

El fósforo, que suple de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad. (Hoeft, 1996)

El fósforo es adsorbido, mayormente, en las primeras etapas del ciclo del maíz. Es por ello que se recomienda su aplicación total al momento de la siembra. (Ruiz-Lozano y Bonfante, 1999)

IPNI (2007) resume ideas de Karlen et al., (1988) y de la Iowa State University (1993), a pesar de que es importante una alta concentración de P cerca de las semillas, debido al muy limitado desarrollo de las raíces solamente una muy pequeña cantidad de P es tomada por la planta, en los primeros estadios de crecimiento, mostrando unas 9 a 10 hojas. Sin embargo, la absorción continúa hasta la madurez fisiológica, especialmente en las variedades más productivas.

Los autores anteriores continúan planteando que la razón de que la nutrición temprana es importante viene dada por la naturaleza química del P. como es prácticamente inmóvil en el suelo, no se mueve fácilmente a las raíces. Por ello, cuando las raíces de las plantas se han extendido y explorado grandes volúmenes de suelo, estas pueden suplir las necesidades de la planta, mucho mejor que cuando las plantas dependen de las escasas raíces iniciales.

El potasio, que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de

proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades (Hoeft, 1996).

Por su parte, Johnson (2007) cita a IPNI (2007), añadiendo que el K juega una cantidad de roles críticos en el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz: fomenta la activación de más de 60 enzimas vegetales, es un importante soporte al desarrollo fisiológicos de las plantas, ayudando al control de las tensiones que lleva el agua hacia dentro de las plantas y al control de la apertura de los estomas y la transpiración; influye en la formación del ATP, que son moléculas de alta energía para el fortalecimiento del desarrollo y crecimiento de las plantas.

El potasio es absorbido intensamente durante la etapa juvenil de la planta de maíz. En la mayor parte de los suelos las pérdidas de potasio son relativamente pequeñas. (Ruiz-Lozano y Bonfante, 1999)

Un ejemplo de la absorción de los tres macroelementos primarios en las diferentes fases de crecimiento y desarrollo del maíz se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Requerimientos nutricionales del maíz (rendimiento 11.8 t/ha) durante la temporada de desarrollo (Hoeft, 1992)

Edad de la planta (días)	Nutrientes absorbidos (kg/ha/día)		
20-30	1.7	0.39	1.7
30 – 40	6.7	1.55	9.95
40 – 50	8.3	2.32	11.56
50 – 60	5.3	2.06	4.42

En la Guía Técnica para la Producción del cultivo maíz (*Zea mays* L.) del Ministerio de Agricultura de Cuba (Raví y col., 2000) se considera el período más intenso de consumo desde que la planta emite la décima hoja hasta después de la fecundación y la formación de los granos.

Suministro de nutrientes al cultivo.

Según Hoefft (1996), los siguientes factores deben ser cuidadosamente integrados para determinar la dosis óptima para un campo particular:

- Fertilidad natural del suelo: su mejor determinación se logra mediante una calibración cuidados y correlacionada de procedimientos de análisis químico para cada particular tipo de suelo. Pero incluso los análisis de suelo pueden no ser confiables en condiciones de abundantes lluvias, especialmente en suelos arenosos o de pobre drenaje.
- Rendimiento potencial: se sugiere como base la información del promedio de 5 años anteriores más un 5 %.
- Cultivos previos: el maíz produce mejor cuando es sembrado en rotación con otro cultivo, especialmente una leguminosa, probablemente como resultado de una disminución de la incidencia de plagas y enfermedades y la contribución de N por parte de la leguminosa. El efecto negativo de la siembra de maíz sobre maíz puede reducirse con aplicaciones de N, pero aún así no puede eliminarse completamente las diferencias en rendimiento en relación a sembrarlo en una rotación con otras especies.
- Reacción del suelo: la actividad microbiológica máxima para la liberación de nutrientes esenciales de las materias orgánicas ocurre en pH 6.0 – 7.0, en la cual también se mantiene máxima disponibilidad de los nutrientes aplicados con fertilizantes.
- Momento de aplicación: La absorción de más de la mitad del N y el P, y el 80 % del K se alcanza antes de que el cultivo llegue a su fase de reproducción. Por ello es imperativo que un adecuado suministro de esos macronutrientes estén temprano disponibles para las plantas y permanezcan así a través de la etapa de crecimiento y desarrollo.
- Métodos de aplicación: En áreas donde el estado de la fertilidad del suelo se encuentra en el nivel requerido o superior a ese nivel, hay poca evidencia en el rendimiento asociada con el método de aplicación del fertilizante. En suelos con un bajo nivel de nutrientes o con alta capacidad de fijación de los fosfatos, la colocación del fertilizante en una banda concentrada ha mostrado resultar en

mayores rendimientos, particularmente cuando se utilizan dosis bajas del nutriente. Puede añadirse, de acuerdo a criterios de Dunja (2006), es importante señalar que la cantidad y el tipo de fertilizante a aplicar deben basarse en el análisis previo del suelo. En forma general, la mayor eficiencia en la utilización de elementos nutritivos por el maíz se obtiene en suelos profundos, de buen drenaje y aireación adecuada, retención de agua, pH cercano a la neutralidad y ausencia relativa de sales. (Dunja, 2006).

Nitrógeno

El N es un nutriente muy móvil en el suelo, por lo que está sujeto a fuertes pérdida, por lo que la aplicación de fertilizantes nitrogenados en forma fraccionada permite una mejor utilización del nitrógeno, particularmente en suelos con texturas gruesas, sujetos a pérdidas del elemento por lavado. Fuentes comunes de fertilizantes nitrogenados corresponden a la urea, el sulfato de amonio, el nitrato de amonio, los fosfatos monoamónico y diamónico, así como numerosas fórmulas compuestas (Bonfante, 2003).

Murrel (2006) plantea que la urea puede usarse en el maíz, fundamentalmente para zonas secas, si es incorporada rápidamente luego de la aplicación. Sugiere aplicación lateral al cultivo. No recomienda formas fertilizantes en base a nitratos.

Fósforo.

El P en el suelo es casi inmóvil y no se mueve hacia la raíz, por lo que se debe situar cerca de la semilla o en una banda que incrementa su efecto en las plantas jóvenes (IPNI, 2007).

Debe colocarse de manera que pueda ser interceptado con facilidad por las raíces, preferiblemente en forma de bandas enterradas, a un lado y por debajo de la semilla. Por ser el maíz un cultivo de ciclo corto, se recomienda la utilización de fuentes de fósforo de alta solubilidad. (Ruiz-Lozano y Bonfante, 1999).

IPNI (2007) cita a Buah y Polito, 2000 y a Borges y Mallarino, 2000, que plantean que una forma de minimizar el efecto de la fijación del suelo es colocarlo en banda en vez de aplicar el fertilizante a voleo. De esa forma, el P es concentrado en un pequeño volumen de suelo, lo que sobrepasa la capacidad de fijación, colocado cerca de la pequeña planta en el momento más crítico

Potasio

A menos que se trate de suelos con texturas muy gruesas, se recomienda la aplicación de fertilizantes potásicos en el maíz totalmente en la siembra, en forma de bandas enterradas a un lado y por debajo de la semilla. Fuentes comunes de fertilizantes potásicos incluyen el cloruro de potasio, el sulfato de potasio, el nitrato de potasio y fórmulas compuestas (Ruiz-Lozano y Bonfante, 1999).

Independientemente del análisis de cada macroelemento por separado, en Cuba la Guía Técnica para la Producción del cultivo maíz (*Zea mays* L.) del Ministerio de Agricultura de Cuba (Raví y col (2000) plantea aplicar las siguientes dosis (en kg por hectárea): N: 100–150; P_2O_5 : 60–100 y K_2O : 100–180. Los niveles más bajos de N y más altos de P en los suelos latolizados (se respeta la clasificación del suelo de los autores). Se plantea que el N es el elemento más importante para este cultivo en Cuba, por lo que las dosis que se apliquen deben realizarse de forma localizada y tapada inmediatamente, procurando que las condiciones de humedad sean favorables.

En base a lo anterior, Raví y col. (2000) recomiendan aplicar 1/3 del N y 100 % del P y el K en la siembra y el resto del N a los 25–30 días de germinado el maíz. (Tabla 4)

Tabla 4: Fertilización del maíz en Cuba (Raví, 2000)

Cultivo	Aplicación de nutrientes kg/ha			
	siembra			25 – 30 ddg
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Maíz	50	60	100	100

Según García y Espinosa (2009) las dosis de los fertilizantes minerales en la nutrición del maíz, pudieran ser reducidos, de forma consecuente, con las necesidades nutricionales y la respuesta productiva del cultivo, sin que influya negativamente en los rendimientos, ni en el potencial productivo de la variedad.

Dunja (2006) plantea que el maíz es un cultivo de altas demandas de fertilizantes minerales, los cuales pueden ser reducidos con el suministro de fertilizantes orgánicos pero no pueden ser sustituidos en su totalidad.

La cantidad y la distribución de las lluvias, así como las prácticas de riego juegan un rol fundamental en el aprovechamiento de los abonos. Cuando el estrés por humedad es un factor limitante, la aplicación de nutrimentos no se aprovecha cabalmente o puede incluso afectar el rendimiento en forma adversa. Es de señalar que en zonas cultivadas de alta precipitación la fertilidad natural del suelo es generalmente más baja y las necesidades de elementos nutritivos son mayores (Dunja, 2006).

También se ha utilizado combinar los fertilizantes minerales con bioproductos. Barriga (2007) encontró que con la utilización reducida, pero eficiente, de los fertilizantes minerales y la suplementación de bioproductos (HMA, estimuladores del crecimiento) se logra garantizar las necesidades nutricionales en el cultivo de maíz, manteniendo las características agronómicas del cultivo tales como altura de la planta y área foliar.

Ramos y Agut (2011) demostraron que en el maíz, cuando se logra una efectiva simbiosis micorrízica arbuscular en combinación con eficiente suministro de

fertilizantes minerales, aumenta de forma significativa el crecimiento y desarrollo de las plantas, el contenido de fósforo y la acumulación de masa seca. Según Rivera (2010) el uso de HMA en la agricultura contribuye a mejorar el nivel nutricional de la planta lo que se ve reflejado en mayor masa seca, crecimiento y área foliar de los cultivos.

Pero los niveles de nutrientes no pueden ser demasiado reducidos, como plantea Echeverría (2005), de que cuando el suelo presenta bajos contenidos de nutrientes o el potasio, el nitrógeno y aún más importante el fósforo, siendo elementos limitantes, la simbiosis micorrízica arbuscular, puede llegar a ser reducida o inhibida, no logrando la planta expresar una respuesta positiva.

2.1.3. Afectaciones por plagas y arvenses

La principal plaga que afecta el maíz es la *Spodoptera frugiperda*, una especie de lepidóptero ditrisio de la familia Noctuidae muy conocida en el ámbito agrícola por ser una plaga importante atacando distintos cultivos de importancia económica, como por ejemplo *Zea mays* (maíz), *Gossypium* spp. (algodón), *Sorghum vulgare* (sorgo). Conocida como palomilla del maíz, es considerada la de mayor importancia para ese cultivo, por su afectación económica, especialmente en las localidades a poca altura sobre el nivel del mar, donde las afectaciones pueden ocurrir con mayor intensidad. (Brandolini y Brandolini, 2006).

En Cuba, este insecto comienza sus daños tan pronto emergen del suelo las primeras hojas de la plántula, dañando en ocasiones la base del tallo aras de tierra (Fernández, 2012). Existe un consenso general en el sentido que para un manejo de plagas es importante conocer la relación entre el nivel de infestación, o el daño ocasionado por una plaga dada y la producción del cultivo. Aunque dicha relación no es fácil de establecer, varias metodologías se han propuesto para lograrlo (Nicholls y Altieri, 2002).

Además de *Spodoptera frugiperda*, las plantas arvences influyen directamente en los bajos rendimientos y elevados costos de producción que presenta el maíz en Cuba (Blanco y Leyva, 2009).

La importancia que tiene para el maíz la competencia por arvenses es tratada por Lafitte (2011), que plantea que la misma depende de cuatro factores: la etapa de crecimiento del cultivo, la cantidad de malezas presentes (se respeta la denominación que usa el autor), el grado de carencia de agua y nutrimentos y las especies de maleza. Las malezas dañan al cultivo principalmente al competir con él por la luz, el agua y los nutrimentos. El maíz es muy sensible a esta competencia durante el período crítico entre las etapas V3 (emisión de la tercera hoja verdadera) y V8 (emisión de la octava hoja verdadera). Antes de la etapa V3, generalmente las malezas son importantes sólo cuando están más desarrolladas que el maíz o cuando el cultivo sufre estrés hídrico. El maíz necesita que haya un período con pocas malezas entre las etapas V3 y V8. Desde la etapa V8 a la madurez, el cultivo suele reducir suficientemente la luz solar que llega a las malezas y las controla en forma adecuada. En las etapas posteriores del ciclo, las malezas son importantes principalmente cuando hay carencia de agua o nutrimentos, o cuando malezas muy agresivas sobrepasan al maíz y le dan sombra, o si tienen algún efecto alelopático. Algunas malezas dificultan la cosecha y aumentan los costos de producción. Unas especies de malezas causan más daño que otras, a veces porque producen sustancias tóxicas que dañan el cultivo (alelopatía) o porque compiten demasiado bien por el agua o los nutrimentos.

Dado al efecto que produce en los rendimientos del maíz *Spodoptera frugiperda* y las altas incidencias de las plantas arvenses, unido a los adelantos de la ciencia, se han obtenido por transformación genética plantas transgénicas resistente a esta plaga y tolerante a los herbicidas de ingrediente activo glufosinato de amonio que le permite mejorar y disminuir las perdidas productivas del cultivo. Para el 2008, el 48% del maíz cultivado en Argentina es Bt. Cabe mencionar que también se han cultivado en la campaña 2008/09 híbridos de maíz que contienen dos

características acumuladas: la resistencia a insectos y la tolerancia a glifosato (James, 2014).

2.2. El maíz Bt

El maíz Bt es un maíz transgénico o genéticamente modificado que produce en sus flores proteínas Cry. Así, cuando las larvas de los insectos comúnmente denominados "barrenadores del tallo" intentan alimentarse de la hoja o del tallo del maíz Bt, mueren. El maíz se obtiene y comienza en el mercado cuando se comprueba que cesa o queda muy poca expresión de Bt en las espigas, no siendo ya efectivo contra una segunda generación de insectos (INTA, 2010).

La denominación "Bt" deriva de *Bacillus thuringiensis*, una bacteria que normalmente habita el suelo y cuyas esporas contienen proteínas tóxicas para ciertos insectos. Estas proteínas, denominadas "Cry", se activan en el sistema digestivo del insecto y se adhieren a su epitelio intestinal, alterando el equilibrio osmótico del intestino. Esto provoca la parálisis del sistema digestivo del insecto el cual deja de alimentarse y muere a los pocos días. Las toxinas Cry son consideradas inocuas para mamíferos, pájaros e insectos "no-blanco". Hay varias proteínas Cry (y por lo tanto diferentes genes *cry*) y cada una es específica para un tipo o grupo de insectos o Bt. Sin embargo para las producciones de plantas que contengan el evento Bt, es necesaria que su siembra sea acompañada de un refugio, que no es más que la siembra simultánea del área de un 10 a un 25 % de una variedad convencional para evitar la ocurrencia de insecto-resistencia. (Ayra y col, 2009).

En la actualidad tienen mayor presencia los alimentos procedentes de plantas transgénicas como el maíz, la cebada o la soya. En el año 2007, los cultivos de transgénicos se extendieron en 114,3 millones de hectáreas de 23 países, de los cuales 12 son países en vías de desarrollo. En el año 2006, en Estados Unidos, el 89% de plantaciones de soya lo eran de variedades transgénicas, así como el 83% del algodón y el 61% del maíz (James, 2014).

Junto a la proteína insecticida Cry1Fa2, el maíz Bt también produce la enzima fosfinotricin N-acetiltransferasa, de la bacteria *Streptomyces viridochromogenes*, que le confiere tolerancia por el herbicida glufosinato de amonio. Ambos caracteres se encuentran ligados entre sí en el genoma de su herencia es estable y dominante nombrándose evento TC1507 . Esta tolerancia al herbicida permite el empleo de las tecnologías de laboreo mínimo, que consisten en la siembra directa de la semilla inmediatamente después de la cosecha del cultivo precedente, de manera que no se pierde tiempo y se minimizan los gastos relacionados con la preparación del suelo.(Argebio, 2009)

El evento transgénico de maíz TC1507 se siembra y comercializa en muchos países del Mundo. Éste se refiere a un evento único de transformación genética realizado sobre la línea pura de maíz Hi-II, a la inserción en un sitio del genoma del maíz de un fragmento de ADN que contiene los genes cry1Fa y pat de *Bacillus thuringiensis* y *Streptomyces viridochromogenes*, respectivamente, y que fue seleccionado entre miles de otros eventos distintos. El gen cry1Fa confiere resistencia al ataque de insectos plagas del orden Lepidoptera y el gen *pat* confiere tolerancia a los herbicidas comerciales de la familia del glufosinato de amonio (James, 2014).

En el CIGB se obtuvo la variedad FRBt₁, que posee resistencia a la palomilla del maíz y es tolerante a los herbicidas de ingrediente activo glufosinato de amonio. Desde el punto de vista agronómico, muestra un comportamiento superior a la variedad progenitora FR-28, disminuye las pérdidas en rendimiento provocadas por el ataque del insecto, lo que permite alcanzar rendimientos en grano de 4 ton/ha, superior al que se alcanza en la actualidad con las variedades convencionales de 0.5 – 1.5 t/ha. Las áreas donde es sembrada la variedad RBt₁ debe estar acompañada por la siembra simultánea del 10 % del área sembrada de una variedad convencional para el manejo de la insecto resistencia. (Ayra y col, 2009).

Este mismo autor reporta que esta variedad es el primer cultivo transgénico en Cuba que se aprueba para el consumo humano, y se inscribe en el registro nacional de variedades, cumple con todas las legislaciones vigentes en el país en lo referido al uso y consumo de organismos genéticamente modificados, rectoradas por el Centro de Seguridad Biológica del CITMA, el MINSAP y el MINAG.

Descriptores agronómicos de la variedad FR-Bt1: (CIGB, 2013)

1. Altura de la planta en floración terminada: 205 – 225 cm
2. Altura de la mazorca en floración: 112 – 132 cm
3. Diámetro del tallo: 2,19 – 3,01 cm
4. Ángulo promedio de inserción de la lámina Foliar: 39,38°
5. Número de nudos por planta: 14 – 16
6. Longitud promedio de la Lámina Foliar: 86,78 cm
7. Ancho promedio de la lámina foliar: 12,69 cm
8. Área promedio de la lámina foliar: 551 cm²
9. Número promedio de hileras: 14.
10. Número promedio de granos/hilera: 35
11. Número promedio de granos mazorca: 479
12. Largo promedio de la primera mazorca: 18,68 cm
13. Diámetro promedio de la primera mazorca: 4,98 cm
14. Peso promedio de la primera mazorca (tusa + grano): 194,71 g
15. Peso conjunto de granos primera mazorca: 164.01 g
16. % desgrane primera mazorca: 84.33

Fertilización de la variedad de maíz transgénico FRbt1 (CIGB, 2012)

La Guía de Manejo de la variedad FR-Bt1 define la aplicación de 120–150 kg de nitrógeno para producir rendimientos superiores a las 4 t/ha de grano seco. El ritmo de acumulación de nitrógeno en la planta crece casi paralelo a la acumulación de sustancias secas. Precisamente, se orienta que su aplicación debe ser 1/3 de la cantidad total en el momento de la siembra y los restantes 2/3 a los 25 días de sembrado el cultivo. Los restantes elementos bases, el fósforo y el potasio, deberán estar a niveles de 60-100 y 80-120 (kg/ha), respectivamente (CIGB, 2012).

Estos valores se corresponden con las siguientes cantidades de fertilizantes:

- 500 kg / ha de fertilización base (NPK)
- 150 – 200 kg de UREA

En un experimento previo, que no llegó a cosecha (González, 2009), se estudió la reducción de la dosis de NPK en un 50 y un 75 % utilizando el portador 9-13-17 en la siembra y urea a los 30 días de germinada la semilla. También se probó la posibilidad de acompañar el fertilizante químico con un biofertilizante (EcoMic), un bioestimulador de crecimiento vegetal (Fitomas-E) y un brasinoesteroide (Biobras). Los datos de crecimiento y desarrollo y el rendimiento calculado mostraron que no se podía reducir la dosis, excepto cuando se acompañaban del biofertilizante y el estimulador de crecimiento.

Estos resultados, que se confirmaron con las investigaciones de esta Tesis, posteriormente se validaron en varias provincias con resultados similares (Rivera y col., 2010).

2.3. Biofertilizante micorrizógeno (EcoMic).

El vocablo micorriza fue utilizado por primera vez por el botánico de origen alemán Albert Bernard Frank en 1885, para designar la asociación entre hongos del suelo

y los órganos subterráneos de las plantas superiores. Etimológicamente la palabra se ha formado del término griego “mycos” (hongo) y del vocablo latino “rhiza” (raíz) descrito por Villaseñor y col. (1998).

Aproximadamente, más del 95% de las especies vegetales pueden formar micorrizas y unas 6 000 especies de hongos colonizan las raíces de las plantas para establecer la simbiosis. Esta gran biodiversidad de organismos implicados da lugar a diferentes tipos de micorrizas, que han sido clasificadas en base a criterios morfológicos, fisiológicos y taxonómicos. De esta manera se pueden identificar tres grupos según la estructura: ectomicorrizas, ectendomicorrizas y endomicorrizas (Read, 1999).

Las relaciones entre las especies de HMA y las plantas hospederas están definidas por la interacción entre cada una de ellas (Bronstein, 1994), considerándose la asociación simbiótica que se establecen entre los hongos del suelo y las raíces de las plantas como fieles exponentes de un mutualismo clásico, pues existe beneficio recíproco en el intercambio de minerales y productos orgánicos, aunque se puede dar el caso de que en la respuesta de la planta a los rangos de colonización micorrízica se den situaciones positivas o neutrales (Smith y Smith, 1996).

IPNI (2007) cita a Vivekanandan y Fixen, 1991 y a Liu et al., 2002, que plantean que las micorrizas son asociaciones que se forman entre las raíces de las plantas y los hongos. La asociación toma energía de la planta en forma de carbohidratos pero en cambio suministra a la planta con nutrientes minerales. Las hifas fúngicas crecen a través del suelo para extender el volumen desde donde los nutrientes son absorbidos. Las hifas son menores en tamaño que las raíces de las plantas. Por lo tanto, pueden acceder a lugares a donde no pueden las raíces de las plantas. Los hongos micorrízicos colonizan las raíces mayormente en situaciones de pocos nutrientes. Datos de Quebec muestran que las micorrizas son activas en producción de maíz fertilizado.

Existe una gran diversidad de especies de hongos HMA en el suelo y su comportamiento estará condicionado a las características del suelo o sustratos en que se encuentre y al cultivo que se emplee. Numerosos estudios de campo han demostrado los beneficios de la asociación micorrízica en los cultivos (Duponnois y col., 2001).

Utilidad de los HMA en la agricultura

Se ha demostrado que el uso de productos a base de HMA desempeña un papel muy importante en la agricultura por su efecto sobre las plantas y los ecosistemas.

La asociación simbiótica micorrízica arbuscular, permite que ambos organismos establezcan sucesivos intercambios de sustancias nutritivas, metabolitos esenciales y sustancias hormonales. Los HMA conducen a la creación de nuevas estructuras, representando un beneficio para ambos simbioses. Sobre todo para la disponibilidad de nutrientes para las plantas que presentan ciertas ventajas de las cuales se mencionan entre otras:

- Una mayor y más eficiente captación de nutrientes y adsorción del agua.
- Protección contra patógenos de plantas o contra el estrés hídrico.
- Resistencia contra metales pesados y contaminantes ambientales. Entre otras (García y Espinosa, 2009).

Según Riera y col. (2010), con la validación a escala productiva del biofertilizante basado en HMA, cuya marca es EcoMic® y de su aplicación conjunta con rizobios en el cultivo del frijol, en el centro y occidente del país se demostró que con el biofertilizante, en cada una de las campañas se encontró siempre un efecto positivo y significativo ($P < 0,01\%$) de la aplicación del biofertilizante EcoMic® sobre el incremento en rendimiento de 0,31 t.ha⁻¹ por la aplicación del EcoMic® en el cultivo del frijol y que fue del orden de 34,4 % como incremento relativo del rendimiento. Los resultados alcanzados mostraron que el biofertilizante EcoMic® a partir de la cepa *G. cubense* puede ser utilizado con satisfactorios resultados en el

cultivo del frijol alcanzándose incrementos relativo del 25 % de los rendimientos del cultivo.

En relación al maíz, Grümberg y col. (2009) plantean que las micorrizas se relacionan con la fertilización, mientras más eficiente es la simbiosis, las plantas poseen más disponibilidad de nutrientes y consecuentemente mayor rendimiento del cultivo de maíz.

El aumento de los niveles de colonización de las raíces y la densidad de hifas en el suelo en etapas tempranas del crecimiento puede aumentar la absorción de P y el rendimiento en el maíz (*Zea mays* L.) (Echevarría, 2005).

Los hongos micorrízicos arbusculares constituyen un insumo microbiológico promisorio para el desarrollo de una agricultura sostenible; su papel en el funcionamiento de los ecosistemas y su potencial como fertilizantes biológicos, son motivos suficientes para considerarlos como uno de los componentes importantes en la agroecología moderna (Echevarría, 2005).

Composición biológica del inoculante micorrízico EcoMic®

El EcoMic® es producido en el Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas del INCA, es un inoculante a base de hongos micorrízico arbusculares, y el producto posee una concentración mínima de 20 esporas de la cepa de HMA eficiente por gramo de inoculante. (Rivera, 2010).

2.4. Estimulante natural del crecimiento vegetal (FitoMas®- E)

En la agricultura actual se utilizan sustancias estimulantes del crecimiento vegetal, muchas de ellas basadas en extractos naturales provenientes de diferentes especies vegetales (Díaz, 2007).

El FitoMas®- E es un nuevo derivado de la industria azucarera cubana que actúa como estimulante vegetal. Se presenta como formulado acuoso compuesto de sales minerales y extractos naturales integrados por sustancias bioquímicas de alta energía, principalmente aminoácidos, bases nitrogenadas, oligosacáridos bioactivos y polisacáridos que se obtienen de materias primas propias de la agroindustria azucarera cubana por un procedimiento físico-químico eficaz y original. Es un complejo natural de sustancias orgánicas intermediarias y complejas de alta energía (Montano y col., 2004).

Tabla 5 Composición química del FitoMas®- E (Montano. y col., 2007).

COMPONENTE	GRAMOS/LITRO	% PESO/ PESO
Extracto orgánico	150	13
N total	55	4.8
K ₂ O	60	5.24
P ₂ O ₅	31	2.7

Permite a los cultivos superar situaciones estresantes sin perjudicar la producción de alimentos, así mismo permite mejorar la germinación de la semilla. El mecanismo de acción propicia la mejora integral del complejo suelo-planta y el incremento de la vitalidad del cultivo, lo cual lo protege de muchas de las afecciones comunes a los sistemas estresados (Montano y col., 2007).

Montano (2005) planteó que el Fitomas®-E es capaz de estimular la división celular, el alargamiento celular y la nutrición del cultivo, lo que favorece a su vez, el crecimiento vegetal y la producción de masa seca. Otras de sus características como potenciador del efecto de los herbicidas como el glifosato para el control de plantas arvenses fueron reportadas por ICIDCA (2008).

Por sus características como estimulador natural de crecimiento vegetal, permite aumentar y acelerar la germinación de las semillas, ya sean botánicas o agámicas. Permite estimular el desarrollo de las raíces, tallos y hojas, así como mejora la nutrición, la floración y cuajado de los frutos. Frecuentemente reduce el ciclo del

cultivo, acelera el compostaje y la degradación de los residuos de cosecha disminuyendo el tiempo necesario para su incorporación al suelo (ICIDCA, 2004).

Su aplicación se realiza utilizando dosis desde 0,2 a 2,0 L/ha, según el cultivo, por vía foliar, siempre disuelto en agua hasta completar de 200 a 300 L/ha de volumen final. Cuando se remojan semillas para la germinación la disolución puede ser desde 1 hasta 2% en el agua de remojo. Sin embargo cuando se aplica por riego las dosis pueden ser del orden de los 5 L/ha. La frecuencia es variable, aunque una sola aplicación durante el ciclo suele ser muy efectiva (ICIDCA, 2004).

Terreno (2007) encontró que la aplicación del Fitomas®-E en combinación con la fertilización mineral aumenta la productividad de los cultivos observándose en los elevados valores de rendimiento. En parte, esto se puede explicar por los planteamientos de Liñan (2005) de que dado a las características químicas de los compuestos que posee el Fitomas®-E, le permite transferir a los cultivos, sustancias asimilables de forma directa, que les permiten un buen funcionamiento fisiológico, de ahí la respuesta positiva de los cultivos a situaciones estresantes como el déficit o exceso de la fertilización mineral.

Montano (2007) señaló que el efecto beneficioso del Fitomas®-E en los rendimientos del cultivo del maíz está relacionado entre otros, porque potencia la acción de los fertilizantes agroquímicos y bioproductos propios de la agricultura.

Los resultados más notables obtenidos en las investigaciones sobre la aplicación del bioestimulador del crecimiento vegetal en diferentes cultivos son mostrados por diferentes autores. Según Zuaznábar y col. (2005) y Díaz (2007), aplicado una sola vez durante el ciclo, a dosis de 2 L/ha, se logra reducción del 50% de los requerimientos de fertilizantes convencionales y se alcanzaron incrementos de 12 t caña/ha como promedio nacional.

(Yumar, 2007), en el cultivo del pimiento, logró un incrementos entre 30 y 200% del rendimiento con dosis de 0.7 L/ha .También Echevarría (2013) logró un

aumento del rendimiento entre 30 y 50% en boniato y malanga, con dosis de 1 L/ha. Rendimientos de 7,19 t/ha en maíz fueron alcanzados por Yumar (2007) con dosis de 2 L/ha de FitoMas®- E, cosechado a los 120 días. Ramos y Martínez (2007) obtuvieron incrementos en el rendimiento de un 27% en la lechuga cuando se combinó EcoMic® y FitoMas®- E. Diferentes autores reportan el uso combinado de ambos productos.

Law-Ogbomo (2009) demostró que la reducción de las dosis de los fertilizantes minerales con la aplicación conjunta de bioproductos como el Fitomas®-E, permite garantizar las necesidades nutricionales del cultivo del maíz e incrementa significativamente la altura de la planta y la producción de masa seca.

Lara (2008) demostró que la aplicación del Ecomic y el Fitomás-E mejoran los rendimientos y calidad de las cosechas en los cultivos del ajo y maíz.

Según Díaz (2009), la aplicación conjunta de los productos comerciales EcoMic® y Fitomas®-E, en combinación con dosificaciones de NPK para la nutrición del tomate, puede ser un factor determinante en la elevada producción de masa seca lo que demuestra el efecto positivo y sinérgico que se establece en la planta con la aplicación de ambos productos.

Calderón y col. (2013) encontraron que la combinación de los productos EcoMic® y Fitomas®-E con la aplicación de diferentes dosis de NPK, influyen de forma positiva en los rendimientos del maíz y la respuesta nutricional necesaria para este cultivo. Similares resultados mostraron Fundora y col. (2009) en el cultivo del boniato y Riera y col. (2010) en los cultivos de boniato y yuca.

Los resultados obtenidos en el trabajo conjunto entre el INCA y el CIGB y los obtenidos en esta tesis fueron validados en áreas productivas de las provincias de Matanzas y Santi Spíritus. Se pudo observar que en ambas provincias el cultivo mostró un respuesta positiva a la variante de fertilización empleada (50% NPK más Ecomic y Fitomas) (CIGB, 2011).

Tabla 6. Relación de rendimientos en t/ha en áreas de referencias (CIGB, 2011).

Provincia	Área sembrada (ha)		Área cosechada (ha)		Producción (t)		Rendimiento (t/ha)	
	Área total	Área de referencia	Área total	Área de referencia	Área total	Área de referencia	Área total	Área de referencia
Matanzas	2000	200	1692,2	200	7378	882	4,36	4,41
S. Spíritus	290	100	291	100	1241,2	436	4,28	4,36
Total	2290	300	2983,2	300	8619,2	1318	4,32	4,38

3. Materiales y Métodos

Para cumplimentar los objetivos propuestos se realizaron dos experimentos: uno en la Empresa Pecuaria “Niña Bonita” y otro en la parcela experimental del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología. En áreas de producción localizadas de la antigua EPICA de Ciego de Ávila se utilizaron las dosis validadas en las siembras de maíz transgénico durante los años 2011 y 2012.

3.1 Generalidades para los experimentos

Se empleó semilla original de la variedad FRBt1 obtenida en el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología y semilla de la variedad utilizada como refugio FR 28, suministrada por la Empresa de Semilla de Artemisa.

Para la preparación de suelo se utilizó un arado de vertedera a una profundidad de 40 cm de profundidad, posteriormente se realizaron tres pases de grada y, finalmente, se procedió a la conformación de las parcelas con un surcador.

Se utilizaron parcelas de 8 m de largo por 5,4 m de ancho, para un área total de 42,8 m², con 6 surcos por parcela, para un total de 106 plantas por parcela, con un marco de plantación de 0,45 m por 0,90 m. Se empleó el borde como refugio (Anexo 1. Guía técnica para el manejo de la variedad FRBt1, 2009).

La fertilización mineral se realizó de forma manual y consistió en la aplicación de la fórmula de NPK (9–13–17) en el fondo de los surcos, previo a la siembra y una aplicación de urea al lado de la hilera de plantas a los 30 días después de la germinación (ddg) y tapado mediante un aporque. En la tabla 2 se presentan las dosis de cada uno de los macroelementos primarios que se utilizaron en los tratamientos donde se aplicó el 100% de la fertilización mineral en ambos experimentos.

Tabla 7 Nutrientes aplicados mediante la fórmula completa de NPK en el cultivo del maíz				
	Fertilización de base (siembra)			Fertilización nitrogenada (25 a 30 días después de la plantación)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
Aplicaciones en kg/ ha	45	65	85	138
CIGB (2009)				

Para aplicar el 100 % de esas dosis, se necesitaron 500 kg de la fórmula 9-13-17 y 300 kg de urea, por hectárea.

El riego, en el experimento 1, se realizó por aniego, mientras que en el experimento 2 se utilizó un sistema de riego localizado. En ambos casos se realizaron siete riegos, durante todo el ciclo del cultivo, con una entrega de 0,42 m³ en 16,80 m²; se tuvo en cuenta la capacidad de campo. El agua entregada fue equivalente a 250 m³/ha propuesta en la Guía Técnica de la variedad (CIGB, 2009).

Para el control de plantas arvenses, como la variedad transgénica FRBt1 utilizada es resistente a los herbicidas de ingrediente activo glufosinato de amonio, se aplicó el herbicida Fínale a los 15 ddg, a 1,5 L/ha, para el control de malezas, en el caso del refugio se realizaron dos cultivos entre los días 10 y 15 ddg.

En los tratamientos donde se incluyeron los hongos micorrízicos arbusculares (*EcoMic*®) se utilizó la especie de HMA *Glomus hoy-like* (INCAM 4), actualmente *Glomus cubense* (Rodríguez y Dalpé, 2011), procedente del cepario del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, recomendada para las condiciones de suelo Ferralítico Rojo (Rivera y Fernández, 2003). El inóculo poseía una concentración mínima de 20 esporas por gramo. El HMA se aplicó por el método de recubrimiento de semilla (Fernández y col., 2000), realizándose la inoculación 2

horas antes de la siembra. La dosis empleada se correspondió al 10% del peso de la semilla utilizada.

En los tratamientos donde se incluyó el estimulante de crecimiento vegetal, se utilizó el producto FitoMas[®]-E, procedente del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), con las características siguientes: 150 g.L⁻¹ de extracto orgánico; 55 g.L⁻¹ de N total; 60 g.L⁻¹ de K₂O y 31 g.L⁻¹ de P₂O₅. Se realizó una primera aplicación a razón de 2,5 L.ha⁻¹ en la fase de desarrollo vegetativo, a los 35 días después de la germinación, de forma foliar mediante asperjado, y una segunda aplicación a igual dosis entre los 45 y 55 ddg, que coincidió con el inicio de la fase de floración en el cultivo. Las aplicaciones se realizaron con mochilla manual de capacidad de 16 litros. (Montano, 2008)

3.2. Experimento 1. Evaluación inicial de parámetros productivos de la variedad de maíz FR-Bt1 con la utilización de micorriza (EcoMic[®]) y un estimulador del crecimiento (Fitomas[®]-E).

Características generales del área

El experimento se realizó en la Empresa Pecuaria “Niña Bonita”, ubicada en la provincia Artemisa (municipio Bauta), sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico eútrico, según la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (MINAG, 1999), que se corresponde, en ese orden, con los suelos Nitisol Ferrálico Lítico, Eutrítico, Ródico, de acuerdo con la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS, 2008), dedicado a la producción de pastos y forrajes para el consumo animal. Está ubicada por la carretera de Cangrejera colindando al norte con el reparto Baracoa del municipio Bauta, al sur con el municipio La Lisa, provincia La Habana y al oeste con la Autopista Nacional Habana–Pinar del Río. El experimento se ejecutó entre los meses de noviembre 2010– marzo 2011.

Tabla 8. Características del suelo del área experimental

Características del suelo	pH H ₂ O	MO (%)	P (mg kg ⁻¹)	Ca	Mg	Na	K	CCB
				(cmol _c kg ⁻¹)				
Niña Bonita	6.5	3.25	14	9.7	2.2	0.15	0.21	12.26

De acuerdo a los análisis, el pH_(H₂O) es ligeramente ácido, bajo en materia orgánica (Wakley-Black), bajo en fósforo (Bray y Kurtz) y por el método de Maslova: bajo en potasio, muy bajo en calcio, bajo en magnesio, muy bajo en sodio y baja capacidad de cambio de bases (Paneque, 2001).

Diseño experimental

Se empleó un diseño de Bloque al Azar con cuatro tratamientos y tres réplicas y un control referencial, teniendo en cuenta los fraccionamientos de fertilizantes a estudiar. Las dosis de NPK se corresponden con 50, 75, 100 % de lo declarado en la tabla 2.

Tratamientos	
T1	50% NPK
T2	50 % NPK +EcoMic®® +Fitomas
T3	75 % NPK + EcoMic®® + Fitomas
T4	(Control referencial) 100 % NPK

Observaciones

El experimento se cosechó cuando los granos tenían alrededor de 18% de humedad, recolectando 20 mazorcas por parcela. Se realizaron observaciones de tres componentes del rendimiento en el momento de la cosecha:

- a) Masa total promedio de la mazorca (PM) (g /mazorca): Promedio de las 20 mazorcas.
- b) Masa fresca promedio de los granos por mazorca (g/mazorca): inmediatamente después de cosechar, se determinó la masa de los granos por cada mazorca y se calculó el promedio.
- c) Masa seca promedio de los granos por mazorca (g/mazorca): se dejó secar los granos hasta un 14% de humedad, se determinó la masa y calculó el promedio por mazorca.

El rendimiento se determinó por pesada directa de la masa seca de los granos en 76 plantas de cada parcela, correspondiendo a un área de 31 m², ajustándose a 14% de humedad. Posteriormente se llevó a t/ha.

Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se verificó el cumplimiento de las premisas del ANOVA, como la normalidad y homogeneidad de la varianza y, posteriormente, los datos fueron procesados estadísticamente, comparando las medias mediante la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan con un nivel de significación del 5% de probabilidad del error.

Para el procesamiento de toda la información fue utilizado el paquete estadístico Statgraphics Centurión XV.II (Vázquez, 2011).

3.3. Experimento 2. Influencia del uso de micorriza (EcoMic[®]) y el estimulador del crecimiento (FitoMas[®] - E), complementario a la fertilización mineral en las variables productivas de la variedad FRBt1

Características generales del área

El experimento se ubicó en la parcela experimental del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, la cual presenta un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado

típico eútrico según la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, (MINAG, 1999), que se corresponde con los suelos Nitisol Ferrálico Lixico, Eutrico, Ródico, de acuerdo con la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS, 2008). Está ubicada en Ave. 31 e/ 158 y 190, Cubanacán, municipio Playa de la provincia La Habana. Este experimento se realizó entre los meses de enero - mayo del 2011.

Tabla 9. Características del suelo del área experimental.

Características del suelo	pH	MO %	Na	K	Ca	Mg	P
			cmol/kg				mg.kg ⁻¹
Parcela experimental (CIGB)	6,65	2,72	0,17	0,95	18,1	7,4	4,7

De acuerdo a los análisis, el pH_(H₂O) es ligeramente ácido, bajo en materia orgánica (Wakley-Black), muy bajo en fósforo asimilable (Bray y Kurtz) y por el método de Maslova: alto en potasio, bajo en calcio y por el método de Maslova, en relación a cationes intercambiable: bajo en potasio, bajo en calcio, alto en magnesio y muy bajo en sodio (Paneque, 2001).

Diseño experimental

Se empleó un diseño de Bloque al Azar con trece tratamientos y tres réplicas. Se utilizaron tres niveles de fertilizante 9–13–17 y urea, individualmente y con el acompañamiento de EcoMic[®] y FitoMas[®]- E.

TRATAMIENTOS	
T1	0 % NPK.
T2	0%NPK + EcoMic [®] .
T3	0% NPK + FitoMas [®] - E.
T4	0%NPK+ EcoMic [®] + FitoMas [®] - E
T5	50% NPK
T6	50 % NPK + EcoMic [®]

T7	50% NPK + FitoMas [®] - E
T8	50 % NPK + EcoMic [®] + FitoMas [®] - E
T9	75% NPK
T10	75 % NPK + EcoMic [®]
T11	75% NPK + FitoMas [®] - E
T12	75 % NPK + EcoMic [®] + FitoMas [®] - E
T13	(Control referencial) 100 % NPK

Observaciones de crecimiento y desarrollo.

Para las evaluaciones de las variables fenológicas se seleccionaron 20 plantas por tratamientos al azar, excepto para la floración la cual fue evaluada en 54 plantas seleccionadas al azar.

Altura (cm): Desde el cuello de la raíz hasta la axila de la hoja más joven, en el momento del cambio de primordio vegetativo a primordio floral.

Grosor del tallo: Se midió con un pie de rey en tres puntos del tallo: a los 15, 30 y 60 cm del suelo en el momento de la floración.

Floración: Se procedió al conteo de las flores masculinas y femeninas cada cinco días, a partir de la aparición de la primera flor. Se determinó el porcentaje de floración hasta alcanzar el 100%; con posterioridad se calculó la duración del proceso de floración.

Masa seca total: la masa seca total fue evaluada cosechando toda la planta por tratamientos y réplicas, en el momento del llenado del grano. Las plantas fueron separadas por partes (parte radicular y parte aérea) y se pesaron en balanza analítica (SARTORIUS) para cuantificar la masa fresca de la muestra. Posteriormente, fueron colocadas en papel Kraft y en una estufa a una temperatura de 60 °C hasta alcanzar peso constante. Se reportó como masa seca total en gramos.

Observaciones de rendimiento y sus componentes.

El experimento se cosechó cuando los granos tenían alrededor de 18% de humedad, recolectando 20 mazorcas por parcela. Se realizaron observaciones de los componentes de rendimientos en el momento de la cosecha:

- 1) Número de hileras por mazorca.
- 2) Masa total de la mazorca (PM) en gramo: Para esta variable se procedió de igual forma a la descrita en las observaciones realizadas en el epígrafe 3.2
- 3) Masa seca de los granos por mazorca: Se realizó con el mismo procedimiento descrito epígrafe 3.2
- 4) Porcentaje de humedad del grano: Se utilizó un determinador de humedad digital.
- 5) Peso de 1000 granos: Se tomaron muestras de 1000 granos por tratamiento a 14% de humedad.

Para los cálculos de los rendimientos se procedió de la forma descrita en observaciones correspondiente al epígrafe 3.2.

Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se verificó el cumplimiento de las premisas del ANOVA, como la normalidad y homogeneidad de la varianza y posteriormente los datos fueron procesados estadísticamente comparándose las medias mediante la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan con un nivel de significación del 5% de probabilidad del error.

Para el procesamiento de toda la información fue utilizado el paquete estadístico Statgraphics Centurión XV.II (Vázquez, 2011).

3.3 Extensión de resultados en condiciones de producción

En áreas de producción de la antigua EPICA de Ciego de Ávila se utilizaron las dosis que se consideraron adecuadas a partir de los dos experimentos ya descritos. En esta extensión se determinó el rendimiento obtenido y se cálculo el ahorro por concepto de disminución de las dosis de fertilizantes.

Tabla 10. Áreas sembradas para la extensión de los resultados (2011y 2012).

Campaña	Área sembrada (ha)
2011	3590
2012	786

Ver en Anexo (2) las características del suelo de las áreas de extensión

3.5. Valoración económica

De acuerdo a los resultados obtenidos en los experimentos, primero se calcularon los costos de los tratamientos en donde se aplicó el 50 y 75 % de la dosis de NPK en combinación con la micorriza y el estimulador de crecimiento además del tratamiento en donde se aplicó el 100 % de NPK.

Posteriormente se calcularon las utilidades obtenidas en los tratamientos donde se aplicó el 50 % de la dosis de NPK en combinación con la micorriza y el estimulador de crecimiento y el tratamiento donde se aplicó el 100 % de NPK. No se trabajó con el tratamiento en el que se aplicó el 75 % de la dosis unido a la aplicación de los otros productos estudiados ya que el solo con el tratamiento del 50 % de la dosis junto a ambos productos ya se obtuvo el mejor rendimiento. El cálculo consistió en restar el valor de la producción al costo de producción de las variables seleccionadas

.

Materiales y Métodos

Finalmente se realizó un análisis de lo que significó el ahorro en uso de los dos portadores fertilizantes en la campaña de siembra 2011 y 2012 en áreas de producción de la antigua EPICA de Ciego de Ávila.

Precios de venta de Fertilizantes (CUP. kg⁻¹), según Listado de Precios del MINAG ((MINAG, 2007)

Fertilizante completo	9-13-17.	395.35 CUP	311.66 CUC
Urea		370.00 CUP	300.00 CUC

Precios de venta del Biofertilizante EcoMic[®], según Listado de Precios (INCA , 2005)

2,50 CUP CUP. kg⁻¹

Precio de venta del estimulador de crecimiento vegetal FitoMas[®] –E, según ficha de costo (ICIDCA, 2008)

1.45 CUP CUP.L⁻¹

Semilla de maíz: Precios de producto acopiado (CUP. t⁻¹), según Listado Oficial de Precios (MINAG, 2012)

Maíz 570.00 CUP

Para calcular el costo de una hectárea se tuvo en cuenta:

- Gasto de combustible
- Labores de preparación de suelo
- Fertilizantes
- Electricidad
- Riegos
- Gastos indirectos
- Salario de los trabajadores

4. Resultados y Discusión

4.1. Experimento 1. Evaluación inicial de parámetros productivos de la variedad de maíz FR-Bt1 con la utilización de micorrizas (EcoMic®) y un estimulador del crecimiento vegetal (Fitomas®-E)

Masa total promedio de la mazorca

En la tabla 11 se muestra la masa total promedio por mazorca, en cada tratamiento.

Tabla 11. Comportamiento del masa total promedio de la mazorca.

Tratamientos	Descripción	Masa de la Mazorca (g)
T1	50% N-P-K	182 ^b
T2	50% NPK+ EcoMic® + Fitomas®-E	210 ^a
T3	75% NPK+ EcoMic® + Fitomas® E	208,5 ^a
Control referencial	100% NPK	206,6 ^a
	*-ES	17,8

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan (p 0.05).

En el descriptor de las características agronómica distintivas de la variedad FRBt1 (CIGB, 2013), el peso promedio de la mazorca es 194,21 g, el cual no se logra con el 50% de los fertilizantes químicos recomendado en el instructivo técnico de la misma. Las mazorcas de los demás tratamientos muestran un peso promedio superior al característico de la variedad.

Se evidenció que los tratamiento del 50 y 75% NPK con la aplicación combinada EcoMic® y Fitomas®-E (T2 y T3) no mostraron diferencias significativas entre ellos ni con respecto a la aplicación del 100% de los fertilizantes minerales (T4). Los tres fueron superiores al tratamiento con solo un 50% de NPK (T1).

Estos resultados están asociados a la respuesta del cultivo frente a los productos comerciales utilizados y la dosis de NPK empleada en la fertilización y al aprovechamiento

del mismo, mostrando una eficiente respuesta a la simbiosis con los hongo micorrízicos arbusculares (HMA) aplicados en estos tratamientos.

Masa seca de los granos

La tabla 12 muestra los datos pertenecientes a la masa promedio de granos (g/mazorca) en masa fresca (18% de humedad) y masa seca (14% de humedad).

Tabla 12. Masa de los granos evaluadas a 18 y 14% de humedad

Tratamientos	Descripción	Masa de los granos (g.m ⁻²)	
		(18% H)	(14% H)
T1	50% N-P-K	137,1 ^b	104,2 ^b
T2	50% NPK+ EcoMic [®] + Fitomas [®] E	155,8 ^a	130,6 ^a
T3	75% NPK+ EcoMic [®] + Fitomas [®] E	152,1 ^a	117,5 ^a
Control referencial	100% NPK	159,6 ^a	121,4 ^a
	*-ES	0,46	0,22

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan (p 0.05).

En el descriptor de las características descriptivas de la variedad FRBt1 (CIGB, 2009 a), se presenta un promedio de granos de la primera mazorca de 164,01 g, ligeramente superior a los mejores tratamiento de este experimento. Pero debe considerarse que el descriptor se refiere solo a la primera mazorca y no al promedio de todas las mazorcas.

Se puede observar que, de forma general, los tratamientos donde se combinan las diferentes dosis de los fertilizantes minerales (NPK) con la aplicación combinada de la micorriza y el estimulador de crecimiento vegetal mostraron mayor nivel de masa fresca y seca de los granos que el tratamiento del 50% de NPK. Ambos tratamientos se comportaron de forma similar al tratamiento donde se aplicó el 100% del fertilizante mineral y entre ellos.

En ambos momentos de medición fue similar la acción de los tratamientos.

Estos resultados coinciden con Fundora y col., 2009, que se refiere a que la combinación del Fitomas®-E con el biofertilizante EcoMic® tienen gran influencia en los procesos metabólicos durante todo el ciclo biológico del cultivo, favoreciendo sobre todo el crecimiento y rendimiento.

Rendimiento

En la figura 1 se muestran los resultados del rendimiento en maíz seco de los diferentes tratamientos.

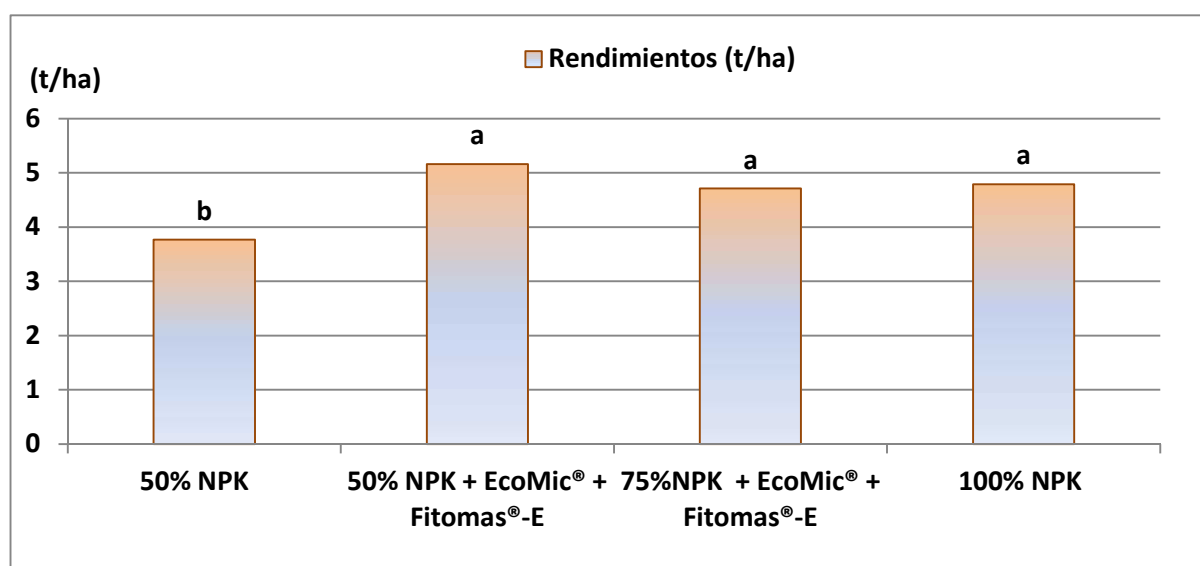


Figura 1. Rendimiento en maíz seco (t/ha)

*-ES 0.48. Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan ($p < 0.05$).

En la Guía Técnica de Manejo de la variedad FRBt1 (CIGB, 2012), se plantea como rendimiento característico de la variedad en producción es mayor de 4 t/ha, que en este experimento se alcanzó prácticamente con solo el 50% de la dosis de NPK, el cual significativamente inferior a los demás. Entre los otros no hubo diferencias significativas entre ellos. El suelo donde se montó el experimento es pobre en fósforo y en potasio (Tabla 8), lo que explica que para alcanzar los mayores rendimientos fue necesario aplicar el 100% del dosis recomendada.

Al analizar los tratamientos donde se utilizó las dosis de 50 y 75% del fertilizante mineral combinados con la micorriza y el estimulador de crecimiento vegetal, se alcanzaron los valores superiores de rendimientos manifestándose el efecto positivo de las micorrizas y el estimulador de crecimiento vegetal. De tal forma que, en suelos bajos en fósforo y potasio, es posible ahorrar entre el 50 y 25% de fertilizante químico con respecto a aquel donde se aplica el 100% de la dosis.

Analizando integralmente los resultados anteriores referentes al tratamiento donde se utilizó el NPK solamente, se confirma lo que plantea Irañeta y col. (2003) de que insuficiencias nutricionales afectan el rendimiento del maíz, ya que este cultivo utiliza el 75% aproximadamente del total de los fertilizantes absorbidos del suelo en la formación de los granos. Si en el periodo de la floración o durante la formación del grano ha sido insuficiente la disponibilidad de los nutrientes la planta sufre carencia, por lo que la producción de grano se verá perjudicada de forma grave e irreversible.

Estos resultados coinciden con Ritchie y col. (2002) quienes encontraron que mientras más eficiente es la fertilización, mayor será la masa de los granos y por ende los rendimientos del cultivo.

Los datos de rendimiento y sus componentes mostraron que la aplicación de la micorriza y el estimulador de crecimiento aseguraron que con el solo 50% de NPK, el cultivo alcanzó valores similares rendimientos a cuando se utilizó el 100% de la dosis. Sin embargo, ninguno de esos productos adicionales son portadores *per se* de nutrientes suficiente para explicar el ahorro de del 50% del fertilizante mineral.

La micorrizas, según Vosatka y col. (1999) y Rai (2001), aporta una mayor y más eficiente captación de nutriente y agua por las plantas. Según Vargas Gil y col. (2009), cuando se establece una simbiosis eficiente las plantas se benefician e incrementan su nivel nutricional, debido a que las hifas tienen una capacidad exploratoria del suelo hasta 100 veces mayor que la de las raíces, logrando mayor disponibilidad de los nutrientes minerales que garantizar un mayor absorción por los cultivos.

Autor : Ing.Moises Morejón Pereda.

Los resultados del presente trabajo coincidieron con los informados por Grümberg y col. (2009), quienes plantearon que estos microorganismos están íntimamente relacionados con la fertilización, mientras más eficiente es la simbiosis, las plantas poseen más disponibilidad de nutrientes y consecuentemente mayor rendimiento del cultivo de maíz.

En relación al Fitomas[®]-E, con la aplicación de 5 L/ha, que se utiliza en el experimento, se le aplican a la planta foliarmente: 275 g de N, 150 g de P₂O₅ y 300 g de K₂O, que no compensan los 91,5 kg de nitrógeno, 32,5 kg de fósforo y 42,5 g de potasio, que se dejan de aplicar con el 50% de la dosis recomendada para la variedad.

López (2002) plantea que este producto produce un efecto positivo en el crecimiento y rendimiento de los cultivos dado a su influencia en la actividad fisiológica de las plantas, coincidiendo con Montano (2007), quien señaló que el efecto beneficioso del Fitomas[®]-E en los rendimientos del cultivo del maíz está relacionado entre otros, porque potencia la acción de los fertilizantes agroquímicos y bioproductos propios de la agricultura. Coincidiendo con Terreno (2007), quien planteó que la aplicación del Fitomas[®]-E en combinación con la fertilización mineral aumenta la productividad de los cultivos observándose en los elevados valores de rendimiento.

Los resultados que muestran en efecto positivo de la combinación del estimulador de crecimiento vegetal, la micorriza y las dosis reducidas de fertilizantes minerales coinciden con Calderón y col. (2013) en los rendimientos del maíz y la respuesta nutricional necesaria para este cultivos, con Fundora y col. (2009) en el cultivo del boniato y con González (2008) en los cultivos de boniato y yuca. Otros autores con resultados similares en otros cultivos se presentaron en la sección de revisión bibliográfica.

Los resultados de este experimento inicial indicaron la necesidad de conocer el efecto de la micorriza y el estimulador de crecimiento vegetal, por si solo o combinado con dosis de fertilizante mineral, objetivo del segundo experimento que se muestra a continuación.

4.2. Experimento 2. Influencia del uso de micorrizas (EcoMic®) y el estimulador del crecimiento vegetal (FitoMas® - E), complementario a la fertilización mineral en las variables productivas de la variedad FRBt1

4.2.1 Observaciones de crecimiento y desarrollo

Con el fin de analizar el comportamiento de la variedad de acuerdo a los diferentes tratamientos durante su crecimiento y desarrollo, se analizaron las variables altura de la planta, masa seca total, diámetro de tallo y floración.

Altura de la planta

En la tabla 13 se muestra la media de la variable altura de la planta en el momento del cambio de primordio vegetativo a primordio floral y masa seca total en la cosecha.

Tabla 13. Altura de la planta y número de mazorcas a los 70 días posteriores a la siembra.

Tratamientos		Masa seca total (g)	Altura de la planta (cm)
T1	0% NPK	59,9 ^d	156 ^d
T2	0% NPK + EcoMic®	67,8 ^d	167 ^d
T3	0% NPK + Fitomas®- E	72,4 ^c	205 ^{bc}
T4	0% NPK+ EcoMic® + Fitomas®- E	79,1 ^c	214 ^{bc}
T5	50% NPK	92,9 ^c	219 ^b
T6	50% NPK + EcoMic®	100,1 ^{bc}	224 ^a
T7	50% NPK+ Fitomas®- E	87,9 ^c	221 ^b
T8	50% NPK + EcoMic® + Fitomas®- E	186,9 ^a	224 ^a
T9	75% NPK	92,2 ^c	219 ^b
T10	75% NPK + EcoMic® ®	121,9 ^b	224 ^a
T11	75% NPK + Fitomas®- E	102,0 ^{bc}	221 ^b
T12	75% NPK + EcoMic® + Fitomas®- E	202,2 ^a	224 ^a
T13	100% NPK	200,2 ^a	223 ^a
*-ES		0,21	0,41

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan (p 0.05).

Se pudo observar en cuanto a la altura de la planta, que los tratamientos donde se aplicó 0% de la dosis de NPK de forma independiente o con la aplicación combinada con Autor : Ing.Moises Morejón Pereda.

micorrizas, muestran valores para este indicador inferiores a los descritos para la variedad, que es de 205 -225 cm (CIGB, 2009 a).

No se encontraron diferencias significativas entre ambos tratamientos pero si lo fueron con respecto al resto de los tratamientos.

En relación a la masa seca total el comportamiento fue de forma similar, con los dos primeros tratamientos, mostrando valores inferiores a los demás, pero sin diferencias entre ellos. Estos resultados indica que considerando estas dos variables, la fertilidad natural del suelo en el experimento fue insuficiente para suministrar los nutrientes que necesita el cultivo y que la aplicación de micorrizas no resolvió ese problema.

Tanto en altura de la planta como en la producción de masa seca total, cuando se aplicó 50 o 75% de la dosis de NPK, los valores fueron inferiores al tratamiento donde se aplicó el 100% de la dosis, mostrando que no se puede reducir la dosis aprobada para la variedad para el experimento.

En relación a la altura de la planta, al analizar la acción del Ecomic junto con la dosis de NPK, se observa que si bien la micorriza sola no se diferencia con el tratamiento sin fertilizante, con el 50% de la dosis se alcanza valores estadísticamente iguales a aplicar el 75 o 100% de la dosis sola o con los tres productos. Sin embargo, la sola aplicación de Fitomas[®]-E es superior al tratamiento donde no se aplicó el fertilizante mineral, ni siquiera al aplicarse junto al 75% de la dosis se alcanza los valores de su aplicación 100% de la dosis o la aplicación de los tres productos.

En relación a la masa seca total, se pudo observar que el efecto de las micorrizas y el Fitomas[®]-E es similar; la aplicación conjunta con el 50 o el 75% de la dosis de NPK, aunque es superior a cuando no se aplica el fertilizante químico, no se alcanzan los valores de los tratamientos donde se aplican los tres nutrientes con el 75 o el 100% de la dosis de NPK.

Al analizar la aplicación de los tres productos combinados, se determinó que tanto para la altura de la planta, como para la masa seca total, sin la aplicación de los fertilizantes minerales, los tratamientos muestran resultados superiores a cuando se aplica la micorriza de forma independiente, pero igual que cuando se aplica el Fitomas®-E por separado o sin NPK. Aplicando el 50% de la dosis de los fertilizantes minerales más la aplicación combinada del biofertilizante y el estimulador de crecimiento vegetal, se logra obtener la misma respuesta de la variedad, para los indicadores evaluados, que cuando se aplica el 100% de la fertilización mineral de la misma.

Barriga (2007), encontró que con la utilización reducida, pero eficiente, de los fertilizantes minerales y la suplementación del Fitomas se logró garantizar las necesidades nutricionales en el cultivo de maíz, manteniendo las características agronómicas del cultivo tales como altura de planta y área foliar.

En cuanto al grosor del tallo (Figura 2) se observó que los tratamientos donde no se aplicaron los fertilizantes minerales, mostraron para este indicador valores por debajo de los reportados en el descriptor de la variedad (2,19 - 3,01 cm) (CIGB, 2009a). Lo que significa que la fertilidad natural del suelo no fue suficiente para que las plantas se desarrollaran a plenitud. En el resto de los tratamientos los valores para este indicador se mantienen en el rango descrito.

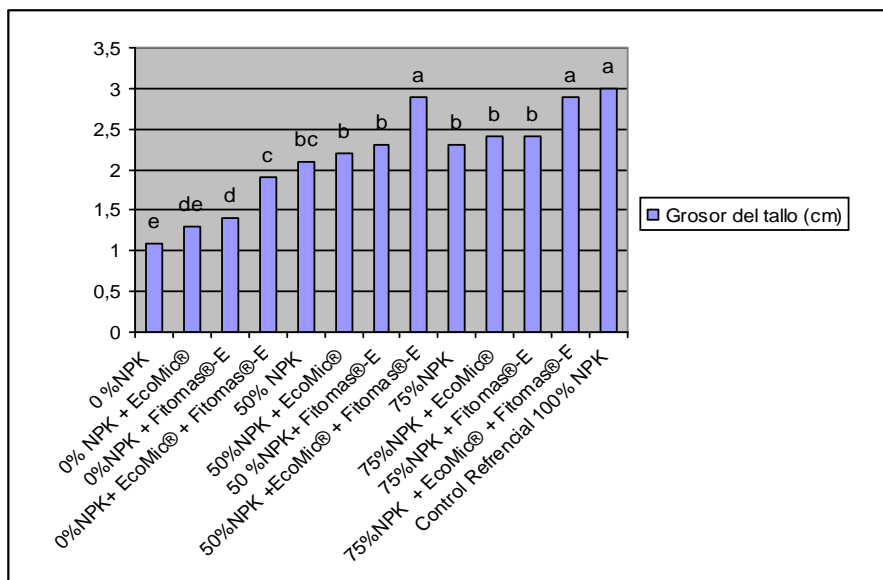


Figura 2. Comportamiento del grosor del tallo.

*-ES 0.20. Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan ($p < 0.05$).

En cuanto a la aplicación de los fertilizantes minerales, con el 50% de las dosis se obtienen iguales resultados que cuando se aplica el 75%, con ambas dosificaciones no se logran resultados similares a la utilización del 100% del NPK, incluso si estas dosis se combinan algunos productos por separados para este indicador. Sin embargo, cuando no se aplican fertilizantes minerales, con la aplicación de Fitomas®-E o de Fitomas®-E + EcoMic®, se obtienen resultados superiores a cuando no se aplica ninguno de los productos.

Estos resultados confirman los planteamientos de Ramos y Martínez (2007) de que el maíz, cuando se logra una efectiva simbiosis micorrízico arbuscular en combinación con eficiente suministro de fertilizantes minerales, aumenta el crecimiento y desarrollo de las plantas y la acumulación de masa seca, contribuyendo a mejorar el nivel nutricional de la planta, lo que se ve reflejado en mayor masa seca y crecimiento.

Según Ramos y Agut (2011), las aplicaciones de Fitomas®-E estimulan el crecimiento de las plantas, al mismo tiempo que contribuyen de forma positiva en su nutrición, logrando reducir de forma eficiente, aproximadamente el 40% de la dosis recomendada, coincidiendo con Montano (2005) planteó que este producto es capaz de estimular la

Autor : Ing. Moises Morejón Pereda.

división celular, el alargamiento celular y la nutrición del cultivo, lo que favorece a su vez, el crecimiento vegetal y la producción de masa seca.

Los resultados en maíz coinciden con Díaz (2009), que en tomate encontró que la aplicación conjunta de los productos comerciales EcoMic® y Fitomas®-E en combinación con dosificaciones de NPK, puede ser un factor determinante en la elevada producción de masa seca lo que demuestra el efecto positivo y sinérgico que se establece en la planta con la aplicación de ambos productos.

En el cultivo del maíz, Law-Ogbomo (2009) demostró que la reducción de las dosis de los fertilizantes minerales con la aplicación conjunta de bioproductos como el Fitomas®-E, permite garantizar las necesidades nutricionales del cultivo e incrementa significativamente la altura de la planta y la producción de masa seca.

Floración

En la tabla 14 se presentan los datos del comportamiento de la floración, tanto masculina como femenina, en los muestreos realizados.

Tabla 14. Porcentaje de plantas florecidas en el maíz FR- Bt1 a los 5, 10, 15 y 20 días posteriores a la aparición de la primera flor (pdf).

Tratamiento	Número de plantas	Número De flores (M y F) ¹	% de floración			
			5 Dpf	10 dpf	15 Dpf	20 Dpf
0 %NPK	54	108	4,6	14,8	45,4	100
0% NPK/ EcoMic [®]	54	108	8,3	15,7	39,4	100
0% NPK/ Fitomas [®] - E	55	110	9,1	26,4	54,5	100
0% NPK/EcoMic/ Fitomas [®] - E	50	100	11	31	80	100
50% NPK	52	104	6,7	26,9	71,1	100
50% NPK/ EcoMic [®]	54	108	11,1	29,6	63	100
50% NPK/ Fitomas [®] - E	56	112	10,7	30,3	78,6	100
50% NPK/ EcoMic [®] / Fitomas [®] - E	58	116	4,3	14,6	57	100
75% NPK	51	102	7,8	21,6	68,6	100
75% NPK/ EcoMic [®]	31	62	9,7	21	95,2	100
75% NPK/ Fitomas [®] - E	46	92	11,9	33,7	84,8	100
75% NPK/EcoMic/Fitomas-E	39	78	2,6	15,4	64,1	100
Control referencial (100% NPK)	92	184	6	22,3	57,6	100

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan (p 0.05).

Se observó que para todos los tratamientos hubo una respuesta positiva al proceso de floración, mostrando un incremento del número de flores en el periodo evaluado, con el mayor incremento a los 15 días después de la emisión de la primera flor, no encontrando diferencias significativas entre los tratamientos para este indicador.

La no respuesta de la floración a los tratamientos confirma que la floración es una condición genética del cultivo, como plantean Díaz y col. (2007a) y Liubá (2006).

Los resultados obtenidos para los indicadores altura de la planta, número de mazorcas y grosor del tallo, demostraron el papel determinante de la fertilización en las respuestas productivas del maíz, observándose las mejores respuestas del cultivo para estos indicadores en los tratamientos donde se aplicó el 50 y 75% de NPK mas la aplicación combinada de las micorrizas y el estimulador de crecimiento vegetal.

La aplicación del nitrógeno, el fósforo y el potasio, de forma eficiente, logran un aumento en la productividad y calidad de los rendimientos del maíz, para conseguir que el cultivo responda óptimamente a su nutrición, se debe garantizar que este tenga un aporte balanceado de nutriente, un déficit puede provocar bajos rendimientos y sus componentes Delgado (2001).

Autor : Ing.Moises Morejón Pereda.

La fertilización mineral juega un papel muy importante en la producción de materia seca durante todo el proceso vegetativo y reproductivo de los cultivos. Ramos y Agur (2011) planteó que la utilización combinada de los HMA con la fertilización mineral favorece la respuesta vegetal a la nutrición del mismo, debido en gran medida a la acción beneficiosa que entre ellos se produce, demostrado en otros cultivos como el ají (*Capsicum annuum* L.) aumentando este efecto cuando se combina con el Fitomas[®]-E, fitoestimulador vegetal que actúa positivamente sin afectar las poblaciones de microorganismos, el crecimiento y el rendimiento de los cultivos.

4.2.2. Observaciones de rendimiento y sus componentes

Número de mazorcas y número de hileras

En la tabla 15 se muestran los resultados del promedio del número de mazorcas y número de hileras en cada mazorca.

Tabla 15. Promedio por tratamientos del número de mazorcas por plantas y numero de hileras por mazorcas.

Tratamientos	Número de mazorcas	Número de hileras
0% NPK	1 ^b	10,9 ^f
0% NPK + EcoMic [®]	1,1 ^{ab}	11,9 ^e
0% NPK + Fitomas [®] -E	1,2 ^a	12,8 ^{cd}
0% NPK+ EcoMic [®] + Fitomas [®] -E	1,2 ^a	12,9 ^{bc}
50% NPK	1,2 ^a	12,3 ^{cd}
50% NPK + EcoMic [®]	1,2 ^a	13,8 ^{bc}
50% NPK+ Fitomas [®] -E	1,2 ^a	13,6 ^{bc}
50% NPK + EcoMic [®] + Fitomas [®] -E	1,2 ^a	14,4 ^a
75% NPK	1,2 ^a	13,15 ^{bc}
75% NPK + EcoMic [®]	1,2 ^a	12,95 ^{bc}
75% NPK + Fitomas [®] -E	1,2 ^a	13,5 ^b
75% NPK + EcoMic [®] + Fitomas [®] -E	1,2 ^a	14,4 ^a

Autor : Ing.Moises Morejón Pereda.

100% NPK	1.2 ^a	14,4 ^a
.*-ES	0.22	0.46
<i>Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan (p 0.05)</i>		

Para el número de mazorcas, el tratamiento donde no se aplicó la fertilización mineral mostro diferencias significativas con el resto de los tratamientos, que no mostraron diferencias entre ellos.

Para el número de hileras se pudo observar que los tratamientos donde se aplicó el 100% de la dosis de NPK y el 75 y 50% de la dosis de los fertilizantes minerales más las micorrizas y el estimulador de crecimiento vegetal, alcanzaron valores superiores para este indicador reportado en el descriptor varietal de la variedad FRBt1, de 14 hileras (CIGB, 2009a). El resto de los tratamientos presentaron valores por debajo de los descritos para este indicador.

Al analizar el efecto de la fertilización mineral, se observa que la no aplicación de ninguno de los productos fue inferior a cuando se aplicaron 50 o 75%, sin diferencias entre ellos. Solamente con el 100% de la fertilización mineral se lograron los mayores rendimientos. Con respecto a la aplicación de las micorrizas, este biofertilizante aplicado de forma independiente fue superior a cuando no se aplicó ningún producto; combinada con las diferentes dosis de la fertilización mineral, los resultados obtenidos con la aplicación de 50 o 75 % de las dosis de NPK no son diferentes.

Situación similar ocurre cuando se aplica el estimulador de crecimiento vegetal, lo que demuestra que tanto al 50 como al 75% de la dosis de NPK con la aplicación de los productos utilizados de forma independiente, la respuesta del cultivo no difiere.

Masa total de la mazorca y masa de los granos

En la tabla 16 se muestran los resultados del promedio de la masa total de la mazorca y masa seca de los granos por mazorca.

Tabla 16. Masa total de las mazorcas y masa seca de los de granos/mazorca.
Autor : Ing.Moises Morejón Pereda.

Tratamientos		Masa total mazorca (g)	Masa de los granos (g)
T1	0% NPK	46,2 ^d	26.2 ^e
T2	0% NPK + EcoMic [®]	54,3 ^d	28.6 ^o
T3	0% NPK + Fitomas [®] -E	74,7 ^c	41.38 ^{de}
T4	0% NPK+ EcoMic [®] + Fitomas [®] -E	76,5 ^c	45,6 ^{de}
T5	50% NPK	79,5 ^{bc}	57.15 ^{cd}
T6	50% NPK + EcoMic [®]	87, ^{bc}	61.15 ^{cd}
T7	50% NPK+ Fitomas [®] -E	90,6 ^{bc}	72.8 ^{bc}
T8	50% NPK + EcoMic [®] + Fitomas [®] -E	174,1 ^a	154.1 ^a
T9	75% NPK	102,5 ^{bc}	76.13 ^{bc}
T10	75% NPK + EcoMic [®]	136,7 ^b	81.7 ^b
T11	75% NPK + Fitomas [®] -E	137,9 ^b	89.9 ^b
T12	75% NPK + EcoMic [®] + Fitomas [®] -E	181,9 ^a	153.9 ^a
Control referencial	100% NPK	176,1 ^a	155.1 ^a
*-ES		11,2	17,8

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan ($p < 0.05$).

Para el caso de la masa seca de los granos por mazorca, se pudo observar que excepto cuando se aplicaron todos los productos, los tratamientos mostraron para este indicador valores inferiores a los reportados para la variedad (164 g) (CIGB, 2009a). Los menores valores se encontraron cuando no se aplicó fertilizante o solo el 50% de la dosis.

En relación a los tratamientos ambos indicadores se comportaron de la misma forma: se evidenció que el tratamiento donde no se aplicó la fertilización mineral mostró diferencias significativas con respecto a los tratamientos donde se aplicó 50 y 75% de la dosis de NPK, los cuales no mostraron diferencias entre ellos y sí con respecto al 100% de la dosis de NPK, lo que demostró que la no fertilización mineral para el cultivo del maíz influyó negativamente para este indicador.

Al analizar el efecto de las micorrizas se observó que el tratamiento donde solo se aplicó el EcoMic[®] mostró valores más bajos con respecto a la aplicación de las mismas con 50 y 75% de la dosis de NPK, e incluso no se encontraron diferencias significativas con los tratamientos con igual dosificación de los fertilizantes minerales sin la aplicación de las

micorrizas. O, sea, la micorriza no mostró efecto en el peso de la mazorca cuando se aplicó fertilizante mineral.

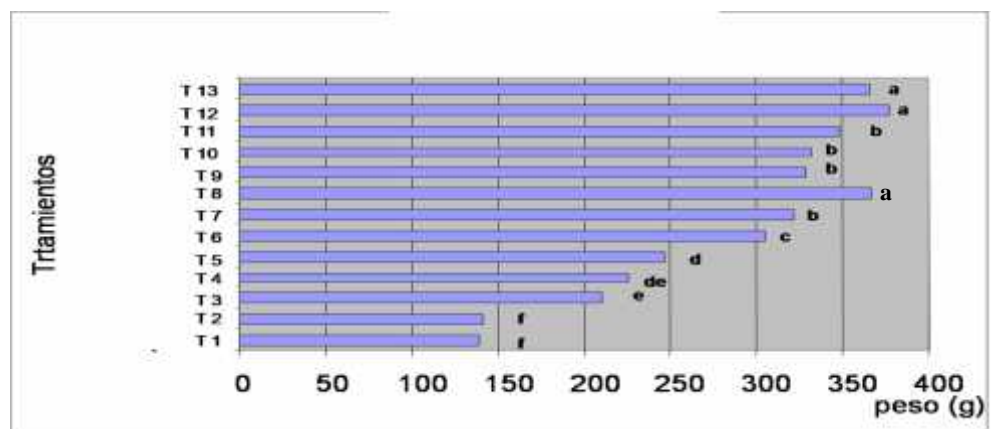
Situación similar ocurrió cuando fue aplicado el estimulador de crecimiento vegetal. De forma general, se determinó que la respuesta del cultivo para el promedio de la masa seca de la mazorca no presenta diferencias cuando se aplica las dosis de 50 y 75% de NPK y las micorrizas o el estimulador de crecimiento vegetal de forma independiente.

Los tratamientos donde se suministró el 50 y 75% de la dosis de los fertilizantes minerales, con la aplicación combinada de las micorrizas y el estimulador de crecimiento vegetal y el tratamiento donde se aplica solo el 100% de la dosis de NPK no mostraron diferencias significativas entre ellos, alcanzando los valores más altos, lo que garantiza un ahorro del 50% de los fertilizantes.

La fertilización mineral en el cultivo de maíz está directamente relacionada con los parámetros productivos y la formación de los granos. Iguales resultados han sido descritos por Lafitte (2011), el cual plantea que la carencia de los nutrientes en el cultivo del maíz, puede reducir del 10 a 30% el rendimiento del cultivo.

Masa de 1000 granos

En la figura 3 se muestran los resultados de las evaluaciones realizadas en la masa de 1000 granos.



T1	0% NPK	T9	75% NPK
T2	0% NPK + EcoMic®	T10	75% NPK + EcoMic®
T3	0% NPK + Fitomas®-E	T11	75% NPK + Fitomas®-E
T4	0% NPK+ EcoMic® + Fitomas®-E	T12	75% NPK + EcoMic® + Fitomas®-E
T5	50% NPK	Control Referencial	100% NPK
T6	50% NPK + EcoMic®		
T7	50% NPK+ Fitomas®-E	P-valor	0,0006
T8	50% NPK + EcoMic® + Fitomas®-E	*-ES	21,6

Figura 3. Promedio del masa de 1000 granos (g).

De forma general, se observó que los promedios para la masa de 1000 granos disminuyeron en correspondencia a la dosis de los fertilizantes minerales; igual tendencia se presentó cuando se aplicaron esas dosis de fertilizante mineral en combinación con micorriza o el estimulador de crecimiento vegetal.

Los tratamientos de 50 y 75% de NPK en combinación con EcoMic® y Fitomas®-E, mostraron los promedios más altos con respecto a los demás tratamientos, excepto con el 100% de NPK que mostró valores similares.

Este comportamiento responde a lo planteado por Medina (2007), quien planteó que la mayor o menor cantidad de granos y su masa son actividades que están influenciadas directa e indirectamente por el contenido de nutrientes.

Rendimiento

La tabla 17 muestra los rendimientos obtenidos.

Autor : Ing.Moises Morejón Pereda.

Tabla 17. Rendimientos

Tratamientos		Rendimiento Ton / ha
T1	0% NPK	0,82 ^e
T2	0% NPK + EcoMic [®]	0,9 ^e
T3	0% NPK + Fitomas [®] -E	1,31 ^{de}
T4	0% NPK+ EcoMic [®] + Fitomas [®] -E	1,44 ^{de}
T5	50% NPK	1,81 ^{cd}
T6	50% NPK + EcoMic [®]	1,94 ^{cd}
T7	50% NPK+ Fitomas [®] -E	2,31 ^{bc}
T8	50% NPK + EcoMic [®] + Fitomas [®] -E	4,88 ^a
T9	75% NPK	2,41 ^{bc}
T10	75% NPK + EcoMic [®]	2,56 ^b
T11	75% NPK + Fitomas [®] -E	2,84 ^b
T12	75% NPK + EcoMic [®] + Fitomas [®] -E	4,87 ^a
Control referencial	100% NPK	4,94 ^a
*-ES		25

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan ($p < 0.05$).

En los tratamientos donde se aplicó el 50 y 75% de NPK en combinación con la micorriza y el estimulador de crecimiento vegetal y en el que se aplicó el 100% de la dosis de fertilizante mineral, se obtuvieron rendimientos que se corresponden con los recomendados para la variedad, más de 4 t/ha (CIGB, 2012). En los demás, no se logró ese rendimiento.

Con respecto a la aplicación de las dosis de NPK se determinó, que los tratamientos donde se aplicó el 50 y 75% de la fertilización mineral, no muestran diferencias significativas entre ellos, pero si con los tratamientos donde no se aplicó NPK o donde se aplicó el 100% de la dosis. Estos resultados coinciden con los encontrados en el primer experimento y responde a que la fertilidad del suelo se presenta baja en fosforo disponibles para las plantas (Tabla 9), por lo que no se puede reducir la dosis recomendada para el cultivo.

El Fitomas®-E y el EcoMic® aplicados individualmente o combinados entre sí, no incrementaron significativamente los rendimientos del maíz. Cuando se aplicaron acompañados del 50% de la dosis de NPK, fueron superiores a todos los tratamientos en donde no se aplicó NPK, pero inferiores a cuando se combinó el 75% de la dosis de NPK con cada uno de ellos.

La no respuesta a la micorriza puede explicarse a partir de los criterios de Echeverría (2005), que plantea que cuando el suelo presenta bajos contenidos de nutrientes como el potasio y el nitrógeno, y aún más importante el fósforo, constituyendo elementos limitantes, la simbiosis micorrízica arbuscular puede llegar a ser reducida o inhibida, no logrando la planta expresar una respuesta positiva.

Los mejores rendimientos se obtuvieron cuando se aplicaron de forma combinada las micorrizas y el estimulador de crecimiento vegetal, con 50 o 75% de los fertilizantes minerales, los cuales no muestran diferencias significativas con respecto al uso del 100% de la fertilización mineral, lo que demostró que solo con el uso combinado de las micorrizas y el estimulador de crecimiento en presencia de dosis complementarias de NPK se logran expresar el potencial de rendimiento del cultivo, en forma similar a cuando se aplica el 100% de la fertilización mineral recomendada.

4.3. Extensión de resultados en condiciones de producción

Los resultados obtenidos en las áreas productivas de la antigua EPICA de Ciego de Ávila se muestran en la tabla 18.

Tabla 18. Resultados productivos de la campaña 2011 y 2012 en áreas de antigua EPICA de Ciego de Ávila.

Campaña	Área sembrada (ha)	Rendimientos t/ha
2011	3 590	4,45
2012	786	4,32

En ambos años analizados, los rendimientos fueron similares a los obtenidos en los experimentos, demostrándose una respuesta positiva de la variedad a la variante de fertilización empleada, disminuyendo al 50% la dosis de los fertilizantes minerales en combinación con la micorriza y el estimulador de crecimiento.

Similar respuesta se encontraron en validaciones realizadas por INCA (Rivera y col, 2010) en áreas de las provincias de Matanzas y Santi Spíritus. Estos resultados significan ahorros en el uso de portadores de nutrientes.

4.4. Valoración económica

En la tabla 19 se presenta el análisis del costo de producción para una hectárea, considerando los tres tratamientos que mejores resultados productivos mostraron.

Tabla 19. Costo de la producción de una ha de maíz FRBt1 (CUP/ha)

	50% NPK + EcoMic® + FitoMas®-E	75 % NPK + EcoMic + FitoMas®-E	100% NPK
Costo total	3050,865	3164,105	3296,862

El tratamiento de 50% de NPK más la combinación de EcoMic® y Fitomas®-E, fue el de más bajo costo de producción, con diferencias mínimas en relación a los otros dos tratamientos.

Resultados similares fueron reportados por Ramos y col (2002), en la reducción de la fertilización mineral a un 25 % en el cultivo de la guayaba con la utilización de estos productos.

La tabla 20 muestra las utilidades según el análisis de costo y valor de la producción final de maíz seco, realizado para los dos tratamientos que mejores resultados mostraron, ya que no es necesario incorporar al análisis el tratamiento al cual se le aplicó el 75% de la dosis, pues solo con el 50% se logran similares resultados.

Tabla 20. Utilidades en la producción de 1 ha de maíz FRBt1.(CUP/ha).

Tratamientos	Producción total (t/ha)	Precio del grano CUP/t	Valor de la producción CUP	Costos totales CUP/t	Utilidades CUP/t
50% NPK + EcoMic® + FitoMas®-E	4,88	4 300	20 984	3 050,86	17 934,00
100% NPK	4,94	4 300	21 242	3 296,86	17 945,14

El valor de lo producido por tratamiento fue superior cuando se utilizó el 100% del fertilizante mineral sin embargo también fueron superiores los costos. Estos se redujeron al disminuir la dosis de fertilizante mineral, dando como resultado que las utilidades fueron similares, ligeramente superiores cuando se utilizó los fertilizantes.

Sin embargo, este análisis no informa realmente de lo positivo de disminuir la dosis de fertilizante, ya que se mezclan gastos en CUP con los gastos en fertilizantes, que para su fabricación el Estado cubano eroga divisa libremente convertibles y luego se los vende a la empresas en CUP a una tasa de cambio de 1:1.

Para realizar un análisis más real del ahorro con la reducción del fertilizante, se utilizan los datos de la extensión de los resultados en las áreas de producción de la antigua EPICA de Ciego de Ávila.

En la tabla 21 se muestra un análisis que considera el ahorro en CUC por hectárea.

Tabla 21: Ahorro por disminuir la dosis de fertilizantes químicos (CUC/ha)

Portador	9-13-17	Urea	Ambos fertilizantes
Precio en CUC/t	311,66	300	
Costo de 100% de la dosis/ha	155,83	150	305,83
Costo de 50% de la dosis/ha	77,915	75	152,915
Ahorro	77,915	75	152,915

Autor : Ing.Moises Morejón Pereda.

--	--	--	--

En la tabla 22 se muestra el ahorro total logrado en la extensión durante los años 2011 y 2012.

Tabla 22. Ahorro por disminución de la dosis de portadores fertilizantes en las campañas 2011 y 2012.

Campaña	Área sembrada(ha)	Rendimientos t/ha	Ahorro por ha (CUC/ha)	Ahorro total en la extensión NPK+Urea (CUC/ha)
2011	3 590	4,45	305.83	109 730
2012	786	4,32	305.83	240 382

Este análisis concuerda con Ramos y Martínez (2007), los cuales demostraron la importancia de la aplicación conjunta de los biofertilizantes y estimulantes para provocar efectos positivos en los cultivos y recomendaron que debían pasar a formar parte de las alternativas a tener en cuenta en los sistemas agrícolas sustentables, ya que constituyen un medio económicamente atractivo y ecológicamente aceptable para reducir los insumos externos y elevar el aprovechamiento de los recursos internos que garanticen mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes minerales.

Análisis general:

Los cultivos transgénicos, como la variedad FRBt1, al tener características que le permiten evitar algunos problemas que limitan el crecimiento, desarrollo y rendimiento, son más productivos que las variedades que generalmente se utilizan en la práctica agrícola (Ayra y col.,2009). Por ese motivo, se espera que sus requerimientos nutricionales sean mayores a los que tradicionalmente se utilizan para el maíz.

En la literatura prácticamente no se presentan resultados de estudios de nutrición de las variedades de maíz transgénicas y particularmente en relación a la variedad FRBt1, el CIGB y el INCA (Rivera y col 2011; CIGB, 2011) han trabajado en utilizar diferentes alternativas de biofertilizantes y estimuladores de crecimiento para reducir las dosis de NPK que se recomiendan en la Guía Técnica para su manejo. Resultados que coinciden con similares a los que el INCA ha encontrado con otros cultivos como el frijol (Riera y col., 2010), el boniato (Fundora y col., 2009), el boniato y la yuca (Gonzales, 2008) y el ajo (Lara, 2008).

En el estudio se ha demostrado que, en las condiciones en donde se realizaron los experimentos, suelos pocos fértiles, no es posible reducir la dosis de NPK ni siquiera en un 25% cuando se aplica sin otros complementos, ya que como plantean Irañeta y col. (2003), en el cultivo del maíz, una deficiencia nutricional afecta seriamente el rendimiento.

Los resultados obtenidos han demostrado que con el uso combinado del biofertilizante micorrizógeno EcoMic® y el estimulador del crecimiento Fitomas®-E, se puede reducir en 50% la dosis de fertilizante NPK que se estableció para la variedad, incluso en suelos con bajos contenidos de fósforo y potasio. Estos resultados coinciden con Law-Ogbomo (2009) y más recientemente con Calderón y col. (2013).

Los resultados para el rendimiento obtenidos con un ahorro importante de fertilizante NPK, están respaldados por los resultados para las variables de crecimiento, desarrollo y por los componentes de rendimiento, coincidiendo con autores como Díaz (2009), en relación al EcoMic® y Terreno (2007) para el Fitomas®-E.

Estos resultados ya forman parte de la guía de manejo del cultivo y se han utilizado en la siembra comercial de la variedad FRBt1. Los mismos sugieren que es importante estudiar estas variantes de diferentes tipos de suelos y profundizar en la nutrición de la variedad para continuar optimizando este importante elemento de la agrotecnia del cultivo.

5. Conclusiones

1. Las variables de crecimiento y desarrollo y el rendimiento y sus componentes para la variedad de maíz transgénico FRBt1, cultivada en suelos de baja fertilidad, responden positivamente a la aplicación de fertilizantes NPK, de micorrizas (EcoMic®) y del bioestimulador del crecimiento vegetal (Fitomas®-E), de forma individual o combinada.
2. No debe reducirse la dosis de NPK propuesta para la variedad en suelos Ferralíticos Rojos de baja fertilidad, ya que se afecta el rendimiento de la misma.
3. Las aplicaciones de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y de estimulador del crecimiento vegetal, de forma individual o combinados, son alternativas al uso de fertilizantes minerales en este tipo de suelo, pero no se alcanzan los máximos rendimientos para esta variedad.
4. La utilización combinada del bioestimulador del crecimiento vegetal (Fitomas®-E) y HMA (EcoMic®) permite un ahorro hasta 50 % de la dosis de NPK recomendada para la variedad y permite alcanzar los valores de los componentes agronómicos reportados en el descriptor de la variedad y los máximos rendimientos de la misma en las condiciones donde se realizaron los estudios.

VI. Recomendaciones

1. Estudiar la inclusión de HMA y estimuladores del crecimiento vegetal en combinación con fertilizantes minerales para el maíz transgénico cultivado en otros tipos de suelos.
2. Profundizar en las peculiaridades de la nutrición mineral de la variedad de maíz transgénico FRBt 1, para conocer sus diferencias con las variedades tradicionales y optimizar su fertilización.
3. Utilizar los resultados obtenidos en este estudio con fines docentes en pregrado y postgrado.

VII. Referencias Bibliográfica

1. Ayra, C., P. Téllez, C. Borroto, M. Pujol, Y. Fernandez y M. Morejón, (2009): Variedad transgénica de maíz FR-Bt1, una alternativa viable para el desarrollo del cultivo en Cuba. Revista de Biotecnología Aplicada. 26 (4): 26. ISSN: 1027-2852.
2. Argebio. (2009): Los cultivos transgénicos en el mundo. Distribución por cultivo y característica Consultado 14 de abril de 2009.
3. Avalos, G. (2008): Evaluación productiva del maíz a partir del TLCAN su relevancia, consumo, tendencia de producción en un marco social y económico en México (1989-2008)". Documental Oración Tópica. "Los hijos del maíz". Kinto Sol, UNAM 20002 USDA
4. Azcón-Bieto, J. y M. Talón (2000): Fundamento de Fisiología Vegetal. 2000. Universidad de Barcelona pág.133-140.
5. Barriga, F. (2007): Mejoramiento del idiotipo de maíz. Turrialba, Rica. 2007. pág 454.
6. Bertsch, F. (2003): Absorción de nutrimentos por los cultivos, puv ACCS pág. 59, Costa Rica.
7. Bertsch, F. (2008): Abonos orgánicos. Manejo de la fracción orgánica y de los aspectos biológicos del suelo. In: Gloria Meléndez y Eloy Molina (eds.). Curso: Fertilizantes características y manejo. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San Pedro Montes de Oca. Costa Rica. pág. 112 - 130.
8. Bigler, F., O. Sanvido y J. Rosmeis (2011): Can genetically modified plants play a role in sustainable crop protection. Agroscope Research Station ARTZürich, Switzerland. 2: 46.
9. Blanco, Y. y A. Leyva (2009): Las arvenses su entomofauna asociada en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.) posterior al periodo crítico de competencia. Cultivos Tropicales. 30 (1): 11-17.

VII. Referencia Bibliográfica

10. Bonfante P. (2003): Plants, Mycorrhizal Fungi and Endobacteria: Dialog among cells and genomes. *Bio Bull.* 204 (2): 215-220.
11. Bolaños, J. (1995): Physiological bases for yield differences in selected maize cultivars from Central America. *Field Crops Res.* 42: 69-80.
12. Brandolini, A. y A. Brandolini (2006): (en italiano). Il mais in Italia: storia naturale e agricola. Bergamo, Italia: CRF press. 370 p. <http://www.asa-press.com/l-mais.html>
13. Bronsteing, J.L. (1994): Out current understanding of mutualing the Quarterly
14. Calderon, A., Y. Marrero y J.C. Martin (2013): La fertilidad de los suelos y su importancia en el empleo de bioproductos en la provincia de Sancti Spíritus. *Cultivos Tropicales.* 34 (2):16.
15. Catangui M. A. y R. K. Berg (2006): Western bean cutworm, *Striacosta albicosta* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), as a potential pest of transgenic Cry1Ab *Bacillus thuringiensis* corn hybrids in South Dakota. *Environmental Entomology.* 35: 1439-1452.
16. CIGB. 2009a. Guía técnica para el manejo de la variedad FRBT1. pág 10. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Cuba.
17. CIGB. 2009. Informe interno sobre producción de la variedad FRBt1 campaña 2009. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Cuba.
18. CIGB. 2011. Seminario de resultados de resultados de la campaña de producción 2010-2011 de la variedad FRBt1
19. CIGB. 2012. Guía técnica para el manejo de la variedad FR-Bt. 1 Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, La Habana, Cuba pág. 4 - 5.
20. CIGB. 2013. Descriptor de las características agronómicas distintivas de la variedad FRBt 1. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, La Habana, Cuba.
21. Delgado, R. 2001. "Respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno y su relación con la disponibilidad del elemento en dos suelos de Venezuela: producción de materia seca y grano". *Agronomía Tropical*, Vol.51: 387-403.

VII. Referencia Bibliográfica

22. Díaz, Y. (2009): Evaluación de la aplicación del Biobras y Fitomas E sobre el crecimiento y el rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum*, M.) variedad "Vyta". Trabajo de diploma. Universidad de Granma .45p)
23. Díaz, F., C. Garza, Q. Pecina y G. Montes (2007): Respuesta del sorgo a a micorríza arbuscular y en estrés hídrico. Revista Fitotecnia Mexicana. 31: 35-42.
24. Díaz, G.T., F.A. Sabando, S.M. Zambrano y G.H. Vásconez (2007) (b) Evaluación productiva y calidad del grano de cinco híbridos de maíz (*Zea mays L.*) en dos localidades de la provincia de los Ríos.
25. Díaz, J.C. (2007): Rendimiento de los lotes control - extensiones de los bioestimulantes FitoMas- E, Enerplant y Vitazime en la zafra 2007. Informe interno. INICA, julio.
26. Díaz, Y. (2009): Evaluación de la aplicación del Biobras y Fitomas E sobre el crecimiento y el rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum*, M.) variedad "Vyta". Trabajo de Diploma, Universidad de Granma .45p
27. Dole, J. y H. Wilkins (2003): Floriculture principles and species New Jersey, Prentice hall 613p.
28. Duponnois, R.C., J. Plenchette y P.Thioulouse (2001): The mycorrhizal soil infectivity and arbuscular mycorrhizal fungal spore communities in soils of different aged fallows in Senegal. Applied Soil Ecology. 17(3): 239-251.
29. Dunja, M. B. (2006): Fertilización del cultivo del Maíz. No. 65. Enero- Marzo 2006. pág. 1.
30. Echevarría, A. (2005): Diferencias en la respuesta del maíz (*Zea mays L.*) a la inoculación con *Glomus cubense*. Cultivos Tropicales. 34 (2):12- 15.
31. Echevarría, O. (2013): FitoMas E en Quimbombó. UBPC Miguel Saavedra. San Miguel del Padrón. Ciudad Habana. Informe al proyecto. pág. 271-278, ICIDCA.
32. FAO. 2006. FAO: Producción mundial del maíz en 2006.
33. Fenalce. (2010): Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas. 2010. El cultivo del maíz historia e importancia. En:

VII. Referencia Bibliográfica

- Importancia de los cultivos representados por Fenalce. Consulta: diciembre de 2010. http://www.fenalce.org/arch_public/maiz93.pdf.
34. Fernandez, Y. (2012): Evaluación de parámetros biométricos en *Spodoptera frugiperda* utilizando diferentes fuentes de alimentos (*Zea mays* Lin y *Sorghum bicolor*). Tesis de grado en opción del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria de La Habana. pág. 34.
 35. Fernández, F., R. Rivera y B. de la Noval (2000): Metodología de recubrimiento de semillas con inoculo micorrizógeno. (Patente Cubana No 22641).
 36. Fundora, L.R., J. González, L. A. Ruiz y J. A. Cabrera (2009): Incrementos en los rendimientos del cultivo de boniato por la utilización combinada del fitoestimulante fitomas-e y el biofertilizante Ecomic® en condiciones de producción. Cultivos Tropicales. 30 (3): 14-17.
 37. García, J. y J. Espinosa (2009): Efecto del fraccionamiento de Nitrógeno en la productividad y en la eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz. Informaciones Agronómicas. 72: 1-5.
 38. González, J. (2008): Efecto de los Hongos Micorrizogénos Arbusculares (HMA) y un Fitoestimulador sobre los cultivos de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y el Boniato (*Ipomea batata* Lam.) En suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. Tesis para optar por el título académico de Maestro en Ciencias en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. INCA. 64p.
 39. González, P. (2009): Informe interno del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
 40. González, P.J., J. Arzola, O. Morgan, R. Rivera, R. Plana y F. Fernández (2007): Manejo de las asociaciones micorrízicas en pastos del género *Brachiaria* cultivados en suelos Ferralítico Rojo y Pardo Mullido. En Congreso Científico del INCA (16:2008, nov 24 – 28, La Habana). Memorias. CD – ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN 978-959-16-0953-3.
 41. Grümberg, B., C. Conforto, A. Rovea, M. Boxler, G. March, CLuna, J. Merites y S. Vargas Gil (2009): La glomalina y su relación con la

VII. Referencia Bibliográfica

- productividad y del cultivo de maíz. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo – AACCS – Rosario 31 de Mayo al 4 de Junio de 2009.
42. Hernández, J. (2006): Aspectos cualitativos evaluados por productores en la empresa de cultivos varios de Batabanó en algunos cultivos donde se aplicó FitoMas E. Informe al proyecto ramal del MINAZ 271. Julio.2006.
 43. Hoefft, R.G. (1996): Maize (*Zea mays* L).. En World fertilizer Use Manual pág. 55-65. International Fertilizer Industry Association.
 44. ICIDCA.2004.FitoMas, (Producto experimental, nombre provisional). Plegable. Instituto Cubano de Investigaciones de Derivados de la Caña de Azúcar. pág. 1-5.
 45. ICIDCA. 2008. Ficha de costo de FitoMas E. Dirección de Economía. Instituto Cubano de investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar.
 46. ICIDCA. 2008a. FitoMas como potenciador de herbicida de glifosato. Congreso de Malezología, La Habana, pág. 12-18.
 47. INCA . 2005. Ficha de costo Ecomic. Departamento de Economía. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
 48. INPOFOS. 2008. Requerimientos nutricionales de los cultivos. Editado por el Instituto de la potasa y el fósforo. 4 p.).
 49. INEGI. 2008. “Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos”. México, D.F., 2008.
 50. INTA. 2010. Ecuador, consultado. 28 de julio 2010. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/cereales/maiz08.pdf>.
 51. IPNI .2007. Phosphorus nutrition of corn. Edit. International Plant Nutrition Institute. 34 diapositivas. Canadá.
 52. Irañeta, I., A.P. Armesto, A. Segura, Lafarga, L. Arregui, M. Merina, E. Baroja y M. Quemada (2003): “Herramientas de ayuda a la decisión II: para el manejo correcto de los fertilizantes nitrogenados en maíz”. Navarra Agraria 138: 10-18.
 53. IUSS. 2008. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Informe sobre recursos mundiales de suelos. No. 103. FAO, Roma, 117 p.

VII. Referencia Bibliográfica

54. James, C. (2014): Resumen Ejecutivo. Situación mundial de la comercialización de cultivos GM/transgénicos en 2008. ISAAA, 26p.
55. Johnston, A. M. (2007): Potassium Nutrition in the Northern Great Plains. Edit. International Plant Nutrition Institute. 34 diapositivas. Canadá.
56. Johnston, A. M. (2007): Soil Fertility Manual. 2003. Capítulo 5 – Potassium. pág. 5-14. International Plant Nutrition Institute, Norcross, GA.
57. Lafitte, H R. (2011): Identificación de problemas en la fertilización del maíz tropical, Guía de manejo, 2011.
58. Lara, D., C. De la Fé, J. Medina y B. F. Catá (2008): Efecto de la utilización del Ecomic y el Fitomas en los cultivos de ajo y maíz en dos fincas del municipio San José de las Lajas
59. Law Ogbomo. (2009): "On-farm monitoring of soil nitrate-nitrogen in irrigated cornfields in the Ebro Valley (Northeast Spain)". Agronomy journal. 94: 373-380.
60. Liñan, C. (2005): EcoVad. Vademécum para la producción Ecológica. 1era Edición .Agrotécnia. 2005.
61. Liubá, G. (2006): Evaluación agronómica de 12 híbridos de maíz (*Zea mays* L.) introducidos de Brasil en comparación con seis híbridos comerciales, en la zona de Quevedo durante la época lluviosa. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos, EC. 74 p.
62. López, R. (2002): Estudios de Abonos Fermentados y Bioestimulantes en el cultivo del Rabanito (*Raphanus sativus*, Lin) Cuaderno de Fitopatología .No 74 Edición "Valencia". España.
63. Martínez, R.V. (1994): El uso de los biofertilizantes. Curso de Agricultura Orgánica. ICA. La Habana.
64. Medina, P.V. (2007): Evaluación del comportamiento agronómico del híbrido de maíz (*Zea mays* L.).DK 7088. páginas 2-8.
65. MINAG. 2007. Listado Oficial de Precios de Servicios Agropecuarios.
66. MINAG. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. La Habana. Agrinfor. 64 p.

VII. Referencia Bibliográfica

67. MINAG. 2012. Listado Oficial de Precios de Semillas, La Habana.
68. Montano, R., R. López, R. Zuaznabar (2004): Bionutriente FitoMas en el Rescate de la "Rusticidad". Un Nuevo Concepto en la Agricultura Sostenible, VII Encuentro de Agricultura Orgánica; Ciudad de La Habana.
69. Montano, R. (2005): FitoMas E. Bionutriente eficiente en leguminosa. Revista ICIDCA. 3:4.
70. Montano, R. (2007): Fitomas E Bionutriente derivado de la industria Azucarera. Ciudad de La Habana: ICIDCA.10p)
71. Montano, R., R. Zuaznabar, A. García, M. Viñals y J. Villar (2007): FitoMas E. Bionutriente derivado de la Industria Azucarera.--Ciudad de la Habana:ICIDCA, -- 10p.
72. Montano, R. (2008): FitoMas E, ¿con o sin? fertilización convencional, Revista ATACF. V 32 (2), 46p
73. Murrel, S. (2006): Fertilizer nitrogen BMPs for corn in the North central region. Better Crops. 90 (2): 16 – 18.
74. Nicholls, C. y M. Altieri (2002): Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedo. Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). 65: 50-63.
75. Paneque, V.M. y J. M. Calaña (2001): La fertilización de los cultivos. Aspectos teórico-prácticos para su recomendación. Folleto impreso. INCA. 25 p.
76. Rai, M. K. (2001): Current advances in mycorrhization in micropropagation. *in vitro* Cell. Dev. Biol.-Plant 37: 158 - 167.
77. Ramos, C. y A. Agut (2011): "Nitrate leaching in important crops of de Valencian Community region (Spain)". Environmental pollution. 118: 215-223.
78. Ramos, H. y S. Martínez (2007): Producción Sostenible de los cultivos. Curso-Taller Introductorio Producción Sostenible De Hortalizas. Postgrado En Agronomía, Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Edo. Lara. pág. 1-51.

VII. Referencia Bibliográfica

79. Ramos, H.L., M. López, S. Godoy, C. Alfaro. (2002): Arbuscular mycorrhizal fungi, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megatherium* and FitoMas-E: an effective alternative for the reduction of the consumption of mineral fertilizers in *Psidium guajava*, L. var. Enana Roja cubana. *Cultivos Tropicales*, 2013. 34(1): 5-10.
80. Raví, O., P. Pérez, P. Arbelarde, N. Hung, J. Rodríguez y F. Piedra (2000): Guía técnica para la producción del cultivo maíz (*Zea mays L.*). Editora Liliana, 12p. Cuba.
81. Read, D.J. (1999): Mycorrhiza-the state of the art.n:Mycorrhiza 2nd (a. varma y B.Hock, eds) Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pág. 3-34.
82. Riera, M., E. Falcon, A. Perez y I. Alcantara (2010): Manejo de la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares en diferentes sistemas de cultivos en la región más oriental del Cuba. VI Simposio de Caracterización y manejo de microorganismos rizosféricos. Memorias del XVII Congreso científico, INCA, 2010 (22-26 Noviembre).
83. Rivera, R. (2010): Avances y retos en el manejo de los inoculantes micorrizicos en Cuba. VI Simposio de Caracterización y manejo de microorganismos rizosféricos. Memorias del XVII Congreso científico, INCA, 2010 (22-26 Noviembre).
84. Rivera, R.; A. Cabrera, A. Calderón, J.D. Mederos, J.V. Martín, Y. Marrero, B. Vázquez, L. Espinosa, K. Aguilera, A. Medina, J.M. Calaña y P.J. González (2010): Informe de la campaña de validación 2010 del EcoMic® y Fitomas® en el maíz FRBt1. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 10p.
85. Riviera, R. y K. Fernández (2003): Bases científico-técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente en el manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: El Caribe. La Habana: Ed. INCA, 2003.
86. Ritchie, S., J. Hanway y G. Benson (2002): Cómo se desarrolla una planta de maíz. Spanish edition. Iowa State University., EE. UU.

VII. Referencia Bibliográfica

87. Rodríguez, Y., Y. Dalpé, S. Séguin, K. Fernández, F. Fernández y R.A. Rivera (2011): *Glomus cubense* sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba. *Mycotaxon* 118: 337-347.
88. Ruiz-Lozano y P. Bonfante (1999): Identification of a putative P-transporter operon in the genome of a *Burkholderia* strain living inside the arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita*. *J. Bacteriol.* 181: 4106-4109.
89. Smith, F. A. y S.E. Smith (1996): Mutualism and parasitismo; diversity and function and structure in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Advances in Botanical Research.* 22: 1-43.
90. Téllez, P., P. Ayra y M. Morejón (2011): Taller nacional de producción y manejo del maíz transgénico FRBt1 2011. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Cuba.
91. Terreno, J. (2007):. Aplicación de diferentes bioestimulante en semilleros y transplante en el pepino "SS-5", Trabajo Nacional Estudiantil Agropecuario, Universidad de Granma, 2007.
92. Vásquez, E. R. (2011): Contribución al tratamiento estadístico de datos con distribución binomial en el modelo de análisis de varianza. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Mayabeque, INCA, 97 p.
93. Vargas Gil, S. A., C. Becker, M. Oddino, A. Zuza y M. Marinelli (2009): Soil biological, chemical and physical responses to the impact of tillage intensity, fertilization, and cattle grazing in a long-term field trial. *Environ. Management.* 44: 378-376.
94. Villaseñor, L.; O. Rodríguez y A. Arias (1998): Las micorrizas: Hongos amigos de los bosques. Centro universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. México. 253 p.
95. Viñals, M. y J. Villar (1999): Avances en la formulación y aplicación de inoculantes bacterianos en uso agrícola. *Cultivos Tropicales.* 20(4): 9 -17.
96. Vosatka, M., J. Jansa, M. Regver, F. Sramek y R. Malcova (1999): Inoculation of mycorrhizal fungi - a feasible biotechnology for horticulture. *Plant. Annu. Rev. Bot.* 39: 219 - 224.

VII. Referencia Bibliográfica

97. Yumar, J. (2007): Efecto de 3 dosis de FitoMas E en el cultivo de pimiento y Maíz. Informe de Proyecto ICIDCA.
98. Zuaznábar, R. (2003): BIOMASS de 20 L del del ICIDCA como potenciado herbicida de glifosato. Congreso de Malezología, La Habana, p.12-18.
99. Zuaznábar, R., J.C Díaz, R. Montano, R. Córdoba, F. Hernández, F. Jiménez, E. García, E. Angarica, I. Hernández y M. Morales (2005): Resultado de la Evaluación Experimental y de Extensión del Bioestimulante FitoMas-E® en Caña de azúcar. Zafra 2003-2004. Informe interno. INICA.

Guía Técnica para el Manejo de la Variedad Transgénica de Maíz FR-Bt1

CIGB-2009



FR-Bt1 es una variedad sintética de maíz cubana, que es transgénica porque produce la proteína insecticida Cry1Fa de *Bacillus thuringiensis* y la proteína detoxificadora del glufosinato de amonio Pat de *Streptomyces viridochromogenes*. Estas dos proteínas le confieren a FR-Bt1 protección contra el ataque de la palomilla del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) y tolerancia al herbicida glufosinato de amonio en sus distintas variantes comerciales, respectivamente. FR-Bt1 ha demostrado a través de múltiples ensayos ser inocua al ambiente y para el consumo humano y animal.

La variedad FR-Bt1, bien manejada, puede producir rendimientos superiores a las 4 ton/ha de maíz seco, con un bajo costo de producción y mano de obra, gracias a la resistencia intrínseca a la palomilla del maíz, principal plaga del cultivo en Cuba y la tolerancia al herbicida no selectivo glufosinato de amonio. Esto último representa una gran ventaja productiva cuando se trata de áreas extensas donde el control de la maleza utilizando prácticas agrícolas convencionales se hace inmanejable.

Mantener una disciplina tecnológica a todos los niveles de la producción es crucial para lograr la excelencia en el proceso. Entre los factores a los que se les debe prestar la mayor atención para lograr altos rendimientos en el cultivo del maíz están:

- *la densidad de siembra* (que se traduce en población de plantas por hectárea),
- *la fertilización nitrogenada* (120–150 kg/ha), y
- *el riego* (en las etapas críticas del cultivo es fundamental).

Teniendo en cuenta estos y otros elementos propios de la variedad FR-Bt1, se ha diseñado la siguiente guía técnica que sirve como documento maestro para el manejo de esta variedad transgénica, siguiendo una disciplina tecnológica apropiada con las



«**Buenas Prácticas Agrícolas**», y que deberá ser de estricto cumplimiento con el objetivo de una mejor explotación de las características que la distinguen.

La confección de este documento tuvo en cuenta la información existente en la “Guía Técnica para la Producción del Cultivo del Maíz”, elaborada por el Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova, y las experiencias obtenidas durante los ensayos de extensión y regionalización del maíz FR-Bt1 en las campañas 2008 y 2009.

1. Marcos de siembra óptimos para lograr altas poblaciones de FR-Bt1:

FR-Bt1 puede alcanzar una densidad de población entre las 55,000 – 60,000 plantas por hectárea durante la siembra sin que se afecten las características fenológicas del cultivo. A continuación se presentan tres marcos de siembra diferentes que permiten lograr tales densidades de siembra:

- 1. 90 cm camellón x 20 cm de narigón (5 plantas/metro lineal): 55,555 plantas / hectárea**
- 2. 70 cm camellón x 25 cm de narigón (4 plantas/metro lineal): 57,142 plantas / hectárea**
- 3. 45 cm camellón x 40 cm de narigón (2-3 plantas/metro lineal): 55,555 plantas / hectárea**

La selección de uno de ellos estará en función de la maquinaria disponible. Siempre que sea posible se utilizará la siembra directa en terraza plana (laboreo mínimo). La profundidad de siembra en suelos arcillosos será de 4-6 cm y en los más ligeros de 5-7 cm. Tanto la uniformidad de la profundidad de siembra como el tamaño de la semilla son de suma importancia para lograr una brotación uniforme, de forma que se eviten plantas atrasadas en el desarrollo.

Para lograr las densidades anteriormente mencionadas es imprescindible el uso de sembradoras de precisión, preferiblemente neumáticas. La regulación de la



máquina antes de iniciar la siembra es una labor indispensable para lo cual no se debe escatimar tiempo y esfuerzo. Deben hacerse tantas pruebas en blanco como sea necesarias hasta estar convencidos de que se logrará el marco y la profundidad de siembra deseados.

2. Fertilización:

La presencia de los elementos nutritivos en las cantidades disponibles suficientes para el desarrollo de la planta, es condición primordial para un rendimiento óptimo del grano. El Nitrógeno es el elemento más importante para el desarrollo del cultivo del maíz en las condiciones de Cuba, debido fundamentalmente a las pérdidas a que se encuentra sometido este nutriente en el trópico por la volatilización, lavado, y fijación por los microorganismos del suelo.

FR-Bt1 consume entre 120 – 150 kg de Nitrógeno para producir rendimientos superiores a las 4 ton/ha de grano seco. El ritmo de acumulación de Nitrógeno en la planta crece casi paralelo a la acumulación de sustancias secas. Precisamente, se orienta que su aplicación debe ser 1/3 de la cantidad total en el momento de la siembra y los restantes 2/3 a los 25 días de sembrado el cultivo. Los restantes elementos bases, el fósforo y el potasio, deberán estar a niveles de 60-100 y 80-120 (kg/ha), respectivamente.

Por tal motivo, cuando no se dispongan de los estudios agroquímicos se utilizarán las siguientes cantidades de nutrientes por hectárea:

Aplicaciones en kg/ ha			
Fertilización de base (siembra)			25 a 30 días
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
45 – 50	80	90	70 – 100



Estos valores se corresponden con las siguientes cantidades de fertilizantes:

- 500 kg / ha de fertilización base (NPK)
- 150 – 200 kg de UREA

3. **Riego:**

El déficit de agua limita los rendimientos en el cultivo del maíz. El consumo de agua varía según el subperíodo de desarrollo de la planta y resultan críticos los de: germinación, brotación, floración y formación del grano. Precisamente este último es donde se produce el mayor consumo diario de agua. El régimen de riego dependerá del tipo de suelo y las condiciones climáticas imperantes. En todo caso, se deberá asegurar que las profundidades de humedecimientos sean de 30 – 40 cm hasta la floración y de 60 cm después que se haya iniciado esta.

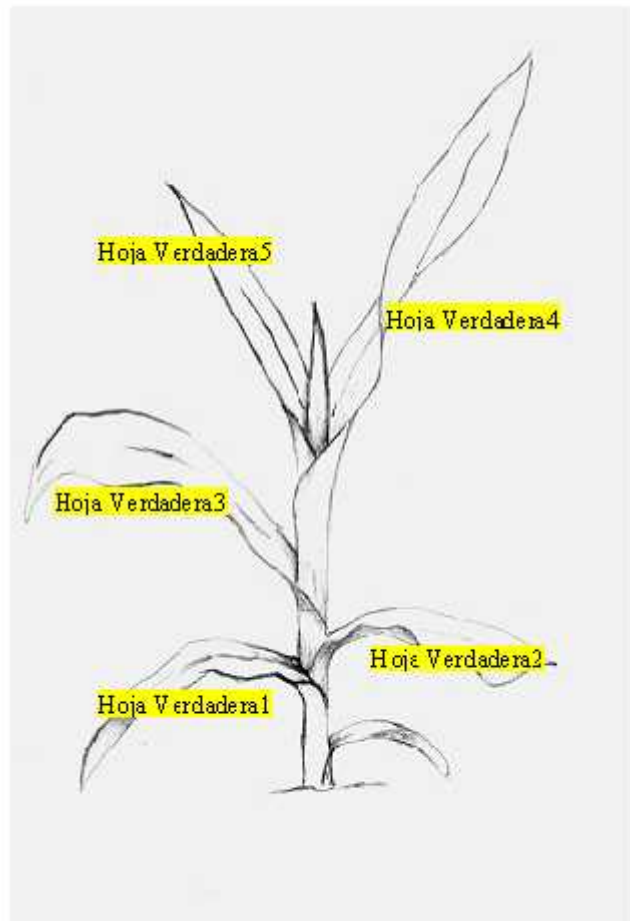
Sin embargo, es importante recordar que si se producen excesos (además de perderse el vital líquido) en los suelos de mal drenaje se puede producir la asfixia de las plantas, que si fuera prolongada puede llegar a producir la muerte.

4. **Control de las Malezas:**

Se ha establecido que el tiempo crítico de competencia de las malezas con el maíz es durante los primeros 30 días y las que germinan después que el maíz ha completado su fase inicial de crecimiento (posterior a los 30 días) tienen un efecto insignificante sobre los rendimientos.



FR-Bt1 es tolerante al herbicida glufosinato de amonio, en cualquiera de sus variantes comerciales. Esta característica le permite seguir creciendo aún si el campo fuese tratado con este herbicida para el control de las malezas. Sin embargo, esta tolerancia solo se manifiesta en las etapas iniciales del crecimiento (hasta alcanzar cinco hojas verdaderas, apreciándose el cuello de las cuatro primeras. Las plantas suelen adquirir esta apariencia entre los 14-16 días posteriores a la germinación).





Por tal motivo, si se fuera a utilizar este herbicida para el control de malezas durante la reventazón, este solo deberá aplicarse en la etapa indicada y a cantidades entre 1,5 – 2,25 Litros/ha, con una solución final entre 250 – 300 Litros. Las cantidades de herbicidas a aplicar estarán en dependencia del nivel de enyerbamiento y siguiendo las recomendaciones de la dirección de Sanidad Vegetal.

Para lograr una aspersión uniforme del producto, es recomendable el uso de máquinas asperjadoras. Nuevamente, la regulación de la máquina antes de iniciar el proceso es una labor indispensable para lo cual no se debe escatimar tiempo y esfuerzo. Deben hacerse tantas pruebas en blanco como sean necesarias hasta estar convencidos de que se logra cubrir el área con el volumen de solución final antes fijado de 300 L/ha. La aplicación del herbicida deberá seguir las normas técnicas establecidas para este tipo de producto, que incluyen: observar que el producto no haya caducado en el momento de la aplicación, aplicar en horas tempranas del día cuando la planta mantiene una buena hidratación, no aplicar cuando esté lloviendo o exista amenaza inminente de lluvia, no regar el campo hasta pasadas ocho horas de la aplicación del producto, etc. No se realizará ninguna otra labor al cultivo para el control de malezas (ej., aporque).

Por último, el manejo de las malezas en la siembra posterior se realizará con herbicidas diferentes al glufosinato de amonio y que varían según el cultivo de rotación (ej., papa, soya).



5. Cosecha y post-cosecha:

La cosecha de FR-Bt1 debe hacerse cuando la semilla haya acumulado suficiente materia de reserva. Para grano, esta se realizará cuando el mismo tenga entre 18–22% de humedad (125-130 días posteriores a la siembra de primavera).

La cosecha podrá realizarse manual, semi-mecanizada o mecanizada. Esta última tiene la ventaja de utilizar una combinada que realiza las operaciones de arranque de mazorcas, despaje y desgrane, pudiendo cosechar de 0,8-1ha/h.

El proceso de secado se iniciará antes de las 24 horas de haber cosechado el grano debiéndose rebajar la humedad hasta valores inferiores al 15% para su limpieza y almacenamiento o consumo directo en la fabricación de piensos.

Si la cosecha es en forma de grano tierno esta se realizará de forma manual, preferiblemente en horas tempranas. La mazorca cosechada no debe quedar expuesta al sol más de 24 horas sin distribuir al consumidor ya que el calor y los largos periodos de almacenamientos alteran la composición del grano y el maíz se torna amargo, ácido o agrio.

6. Manejo de la insecto resistencia

Al ser FR-Bt1 una planta auto-insecticida frente a la palomilla del maíz, se corre el riesgo de aparición de la insecto resistencia (mutantes dentro de la población de palomilla del maíz, que por alguna afectación metabólica pudieran sobrevivir a la exposición a las proteínas insecticidas Cry). Si se establece una población de dichos mutantes en el campo de FR-Bt1, se corre el riesgo de perder la tecnología.

Con vistas a disminuir la probabilidad de aparición de insecto resistencia en los campos de FR-Bt1, se deberá seguir de manera inviolable la siguiente estrategia



que ha demostrado ser efectiva en el Mundo desde la liberación comercial de los primeros eventos transgénicos auto-insecticidas. Esta consiste en:

1. La siembra de FR-Bt1 en primavera deberá llevarse a cabo preferiblemente entre finales de Marzo y el mes de Abril para asegurar que el cultivo tenga suficiente desarrollo y sea menos atractivo al ataque de la palomilla del maíz en el momento pico de la incidencia de la plaga entre los meses de Mayo y Junio.
2. La siembra de FR-Bt1 deberá estar acompañada de la siembra del 10% del área con cualquier variedad no transgénica de maíz que servirá de **REFUGIO** para el manejo del riesgo de aparición de la insecto resistencia.
3. La siembra del **REFUGIO** deberá realizarse simultáneamente con la siembra de FR-Bt1.
4. El área **REFUGIO** deberá estar ubicada a una distancia de 500 a 1000 mts del área más alejada de FR-Bt1, asegurando de esta forma que en 1 km a la redonda se encuentren ambas áreas.
5. Con el objetivo de maximizar el efecto protector de la insecto resistencia del área **REFUGIO**, tanto el maíz FR-Bt1 como la variedad convencional deben tener un manejo agronómico similar, excepto por la utilización del glufosinato de amonio en FR-Bt1.
6. En el área **REFUGIO**, no se usarán insecticidas químicos, ni aquellos basados en *Bacillus thuringiensis* para el control de la palomilla del maíz.
7. Al terminar la cosecha, tanto en el área sembrada con FR-Bt1 como en el área **REFUGIO** deberá realizarse un pase de grada como mínimo para causar la muerte de las pupas de palomilla del maíz que puedan estar enterradas en el suelo.



8. El maíz FR-Bt1 siempre deberá ser rotado (no sembrar maíz sobre maíz) y preferentemente con otro cultivo no hospedante de la palomilla del maíz como soya, papa, frijol o tomate.
9. Durante todo el ciclo del cultivo, deberá estimularse la utilización de enemigos naturales que ayudan al control de la palomilla del maíz como parte de las herramientas del manejo integrado de plagas.

Formas en que pudiera sembrarse el **Refugio** (dependiendo de la escala del campo y la maquinaria)

