



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA
DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCION DE CARRERA: INGENIERIA AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO INGENIERO
AGRÍCOLA**

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EFICACIA DE TECNOLOGÍAS DE NUTRICIÓN SOBRE EL
RENDIMIENTO DEL MAÍZ BLANCO PARA CONSUMO EN
FRESCO, CALCETA-MANABÍ**

AUTORES:

**EDGAR VINICIO BASURTO MARCILLO
TEDIS IVAN LÓPEZ VERA**

TUTOR:

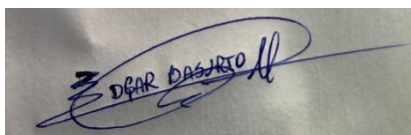
ING. GALO CEDEÑO GARCÍA, Mgs.

CALCETA, NOVIEMBRE 2021

DERECHO DE AUTORÍA

EDGAR VINICIO BASURTO MARCILLO y **TEDIS IVÁN LÓPEZ VERA**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



EDGAR VINICIO BASURTO MARCILLO



TEDIS IVÁN LÓPEZ VERA

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. GALO CEDEÑO GARCÍA, Mg.Sc, certifico haber tutelado el proyecto **EFICACIA DE TECNOLOGÍAS DE NUTRICIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO Y SANIDAD DEL MAÍZ BLANCO PARA CONSUMO EN FRESCO, CALCETA-MANABÍ**, que ha sido propuesto, desarrollado y defendido por **EDGAR VINICIO BASURTO MARCILLO Y TEDIS IVÁN LÓPEZ VERA**, previo a la obtención del título de ingeniero agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. GALO CEDEÑO GARCÍA, M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EFICACIA DE TECNOLOGÍAS DE NUTRICIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO Y SANIDAD DEL MAÍZ BLANCO PARA CONSUMO EN FRESCO, CALCETA-MANABÍ**, que ha sido propuesto, desarrollado y defendido por **EDGAR VINICIO BASURTO MARCILLO Y TEDIS IVÁN LÓPEZ VERA**, previa la obtención del título de ingeniero agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. FREDDY MESIAS GALLO, Mgs
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING. LUIS PARRAGA MUÑOZ, Mgs
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING. GONZALO CONSTANTE TUBAY, Mgs
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por darnos la fortaleza de espíritu para superar cada uno de los obstáculos suscitados durante nuestra formación académica y permitirnos culminarla con éxito.

De bien nacidos es ser agradecidos. Son muchas las personas a las que tenemos que agradecer su trabajo, colaboración y dedicación, sin las cuales no hubiera sido posible la elaboración y culminación de esta investigación.

A nuestros padres que son los pilares fundamentales en nuestra vida, que siempre estuvieron apoyándonos con su esfuerzo y amor durante nuestra formación tanto personal como profesional.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día.

Un trabajo de investigación es siempre fruto de ideas, proyectos y esfuerzos previos que corresponden a otras personas. En este caso nuestros más sinceros agradecimientos al Ing. Galo Cedeño García, con cuyo trabajo estaremos siempre en deuda. Gracias por su amabilidad para facilitarnos, su tiempo y sus ideas.

LOS AUTORES

DEDICATORIA

Quiero dedicar el desarrollo de este gran proyecto, primeramente, a Dios por ser el guía en mi camino de esmero, alegrías, tristezas.

A mis padres Gretty Esperanza Vera Sabando y Tedis Egberto López Espinoza por todo el apoyo brindando en cada momento de mi vida, por su amor incondicional, por su motivación, por sus consejos para hoy ser una persona realizada tanto en mi vida personal, como profesional.

A mis abuelos quienes con sabiduría me guiaron por el buen camino y me dieron todo su apoyo y motivación en momentos difíciles que me han permitido tener una razón para seguir adelante.

A la Ing. Geoconda López por siempre tener tiempo para ayudarme guiarme y enseñarme hacer mejor las cosas, por su apoyo incondicional y por sus sabios consejos para hoy ser una persona responsable en mi vida profesional.

También a cada uno de mis amigos, compañeros y docentes que fueron apoyo incondicional en cada etapa de mi carrera.



TEDIS IVÁN LÓPEZ VERA

DEDICATORIA

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A mi madre María Dolores Marcillo por todo el apoyo brindando en cada momento de mi vida, por su amor incondicional, por su motivación, por sus consejos para hoy ser una persona realizada tanto en mi vida personal, como profesional.

A mis padrinos Manuel y Teresa quienes con sabiduría me guiaron por el buen camino y me dieron todo su apoyo y motivación en momentos difíciles que me han permitido tener una razón para seguir adelante.

A la memoria de mi hijo Eithan Manuel, porque desde el lugar donde se encuentre me da fortaleza a mi hija Layla Nicolle que en cada logro de mi vida está llenándose de bendiciones.

También a cada uno de mis amigos, compañeros y docentes que fueron apoyo incondicional en cada etapa de mi carrera.

EDGAR VINICIO BASURTO MARCILLO

CONTENIDO GENERAL

DERECHO DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA	vii
CONTENIDO GENERAL.....	viii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPITULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICOS	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. ANTECEDENTES DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ.....	4
2.2. FENOLOGÍA DEL MAÍZ.....	5
2.3. ECOFISIOLOGÍA Y PRODUCCIÓN DEL MAÍZ	6
2.4. USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EN LA AGRICULTURA.....	7
2.5. IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN BALANCEADA	9
2.6. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL MAÍZ.....	10
2.7. EXPERIENCIAS DE FERTILIZACIÓN EN MAÍZ.....	12
2.8. FERTILIZACIÓN FOLIAR.....	15
CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	16
3.1. UBICACIÓN	16
3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO.....	16
3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS ¹	16
3.4. ANÁLISIS DEL SUELO DE ESTUDIO.....	16

3.5.	MATERIAL VEGETAL.....	17
3.6.	FACTORES Y NIVELES DE ESTUDIO.....	18
3.7.	DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS.....	19
3.8.	MATERIAL Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	19
3.9.	VARIABLES REPUESTA.....	19
3.9.1.	VARIABLES AGRONÓMICAS.....	19
•	LONGITUD DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS (cm).....	19
•	DIÁMETRO DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS (cm).....	19
•	PESO DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS (g).....	20
•	PRODUCTIVIDAD DE MAZORCAS COMERCIALES CON Y SIN BRÁCTEAS (t ha ⁻¹).....	20
•	EFICACIA DE LAS TECNOLOGÍAS.....	20
3.10.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS TECNOLOGÍAS.....	21
3.11.	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.....	21
•	CONTROL DE MALEZAS.....	21
•	FERTILIZACIÓN EDÁFICA Y NUTRICIÓN FOLIAR.....	22
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		24
4.1.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE VARIABLES AGRONÓMICAS.....	24
4.1.1.	LONGITUD, DIÁMETRO Y PESO DE LA MAZORCA CON BRÁCTEAS.....	24
4.1.2.	LONGITUD, DIÁMETRO Y PESO DE LA MAZORCA SIN BRÁCTEAS.....	25
4.1.3.	NÚMERO DE MAZORCAS COMERCIALES.....	26
4.1.4.	RENDIMIENTO DE MAZORCA CON BRÁCTEAS.....	27
4.1.5.	RENDIMIENTO DE MAZORCA SIN BRÁCTEAS.....	28
4.2.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	31
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		33
5.1.	CONCLUSIONES.....	33
5.2.	RECOMENDACIONES.....	33
BIBLIOGRAFÍA.....		34
.....		45

ANEXOS.....	45
ANEXOS 1.....	46
ANEXOS 2.....	47

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la eficacia de tecnologías de nutrición sobre el rendimiento y sanidad del maíz blanco para consumo en fresco. El experimento se desarrolló durante la época lluviosa del 2020 en localidad Figueroa del cantón Bolívar, Manabí. Los tratamientos evaluados fueron T1: Fertilización NPK, T2: Fertilización NPK + coctel biorregulador, T3: Fertilización NPK + Enmienda mejoradora de suelo + coctel biorregulador, T4: Fertilización Completa + Enmienda mejoradora de suelo + coctel biorregulador, y T5: Tratamiento control. Las principales variables registradas fueron producción de mazorcas comerciales y beneficio económico neto (USD ha⁻¹). Los resultados obtenidos destacan que los tratamientos T2, T3 y T4 alcanzaron la mayor producción de mazorcas comerciales, con incrementos del 31, 36 y 36% en relación al tratamiento control, y 13, 19 y 18% con relación al tratamiento convencional a base de NPK. El mayor beneficio económico neto fue logrado con el tratamiento T2, con 434 USD ha⁻¹. La aplicación del coctel biorregulador como complemento a la fertilización edáfica NPK, es determinante para incrementar el rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz blanco para consumo en fresco.

Palabras claves: *Nutrición foliar, enmiendas, productividad del maíz*

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the efficacy of nutrition technologies on the yield and health of white corn for fresh consumption. The experiment was developed during the rainy season of 2020 in the Figueroa locality of the Bolívar canton, Manabí. The treatments evaluated were T1: NPK fertilization, T2: NPK fertilization + bioregulator cocktail, T3: NPK fertilization + soil improver + bioregulator cocktail, T4: Complete fertilization + soil improver + bioregulator cocktail, and T5: Control treatment. The main variables recorded were commercial ear production and net economic benefit (USD ha⁻¹). The results obtained highlight that treatments T2, T3 and T4 reached the highest production of commercial ears, with increases of 31, 36 and 36% in relation to the control treatment, and 13, 19 and 18% in relation to the conventional treatment based on NPK. The highest net economic benefit was achieved with the T2 treatment, with 434 USD ha⁻¹. The application of the bioregulator cocktail as a complement to the soil NPK fertilization, is decisive to increase the yield and profitability of the cultivation of white corn for fresh consumption.

Keywords: *Foliar nutrition, amendments, corn productivity*

CAPITULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La nutrición en todos los cultivos es necesario, más aún en el cultivo de maíz, donde regularmente es sembrado en terrenos ya sean con pendientes que muchas veces van desde 5, hasta 25 % o más, donde la erosión y la pérdida de nutrientes son muy frecuentes, y a esto se le suma el mal manejo de fertilizantes en el campo por parte de los agricultores generalmente por una escasa o sobre fertilización causando bajos rendimientos, así como no se aprovecha el potencial de rendimiento del híbrido, además del incremento en los costos de producción (Estrada, 2020). Por otra parte, según investigaciones realizadas en suelos de Manabí, se ha determinado bajos contenidos de MO, N, S y varios micronutrientes, lo cual es insuficiente para conseguir altos rendimientos y rentabilidad del cultivo (Motato y Pincay, 2015; Motato et al., 2016, Cedeño et al., 2018a).

El maíz (*Zea mays* L.) es el segundo cultivo más importante a nivel mundial, se pronostica que para el año 2020 superará al trigo y arroz, para posesionarse como el principal cultivo a escala mundial (Jones, 2009). En este sentido, es de vital importancia para el país en términos de seguridad alimentaria, generación de ingresos y empleo para miles de familias dependientes de este rubro agrícola (MAG, 2017b). La producción de maíces blancos en estado de choclo es una alternativa social y económicamente rentable para pequeños agricultores de los valles irrigables del Litoral ecuatoriano (Alarcón et al., 2019). La producción de maíz blanco en el cantón Loja ascendió a 4878,2 t anuales cultivadas en una superficie de 5462,7 ha; la oferta potencial para el 2021 será de 46533 t/año (Ávila, 2018). Actualmente, el INIAP ha liberado para el litoral ecuatoriano la variedad de maíz blanco para consumo en choclo INIAP-543 QPM, la misma que presenta un buen potencial de rendimiento, el mismo que podría incrementarse con adecuados planes de nutrición, más aún cuando de antemano se conoce que los suelos del valle de río carrizal poseen contenidos bajos de algunos nutrientes esenciales que podrían limitar la producción.

En este contexto, la presente investigación propone que la integración de tecnologías nutricionales basadas en aplicación de enmiendas orgánica-minerales, fertilización edáfica equilibrada y uso de cocteles foliares con micronutrientes y fitorreguladores, contribuyen a mejorar la productividad y retorno económico del cultivo, por lo que estas tecnologías deberían ser validadas bajo condiciones locales. Por lo expuesto se plantea la siguiente interrogante ¿Podría la aplicación combinada de varias tecnologías nutricionales incrementar la productividad y rentabilidad del maíz para consumo en fresco?

1.2. JUSTIFICACIÓN

A pesar de que existen varios estudios científicos a nivel global que validan la efectividad de la integración de tecnologías nutricionales para incrementar la productividad y rentabilidad del maíz, estas han sido dirigidas mayormente para maíz duro seco de grano, por lo que en maíces blancos para consumo en choclo existe escasa información relacionada a la temática, más aún en el valle de río carrizal que se caracteriza por ser una importante zona productora de choclo, y donde está claramente diagnosticado que los suelos presentan diferentes problemas nutricionales que pueden limitar la producción del cultivo. En este sentido, la presente propuesta de investigación plantea validar la efectividad de tecnologías nutricionales en maíz blanco para consumo en choclo, con la finalidad de contribuir a potenciar el la productividad y rentabilidad del cultivo en el valle de río carrizal, donde al igual que en otras zonas productoras de Manabí, la producción de choclo generalmente se desarrolla en sistemas de agricultura familiar. Por lo anteriormente expuesto, la investigación se justifica plenamente.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la eficacia de tecnologías de nutrición sobre el rendimiento del maíz blanco para consumo en fresco.

1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICOS

- Cuantificar la eficacia de cuatro tecnologías nutricionales en el rendimiento del maíz blanco para consumo en fresco.
- Establecer las ventajas económicas de varias tecnologías nutricionales en maíz blanco para consumo en fresco.

1.4. HIPÓTESIS

La tecnología de nutrición propuesta incrementara significativamente el rendimiento del maíz blanco para consumo en fresco.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ

El maíz (*Zea mays*) es una planta gramínea anual, originaria de México, introducida en Europa durante el siglo XVI, después de la invasión española. La migración de este cereal permitió desarrollar nuevas variedades de maíces. Tanto así que, la producción mundial de maíz durante 2010, fue estimada en 818 millones de toneladas, aproximadamente. Estados Unidos (320 Tm) es el principal productor, siguiéndole de muy lejos China (170 Tm) y la Unión Europea (55 Tm) (Pliego, 2016).

Por otro lado Ecuador registra rendimientos de $5,62 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ el cual es significativamente bajo en relación a otros países americanos como EEUU, Argentina y Brasil que presentan rendimientos promedios de 10.7, 6.6 y $5.2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente. La diferencia en rendimiento de Ecuador es abismal si la comparamos con los rendimientos promedios de Israel, Kuwait y Jordania con 34.1, 30.8 y 16.2 Tm/ha , respectivamente (FAO, 2015).

Ecuador registra una siembra anual de 262.351 ha de maíz duro y 73.570 ha de maíz suave, en los que respecta a la costa. Anualmente la sierra produce un promedio de 1.474.048 t de maíz amarillo duro y 43.284 TM de maíz suave. La mayor superficie maicera del país se concentra en las provincias de Los Ríos, Manabí y Guayas con 262351, 98802 y 42283 has respectivamente (ESPAC, 2017; MAG, 2017a). Además, que en el Ecuador se conocen 29 razas de maíz. Esta diversidad existente tiene relación con la historia y la geografía del país, ya que muchas de ellas han sido introducidas del norte y del sur (durante la conquista de los Incas) produciéndose innumerables cruzamientos entre razas (Valverde, 2015).

La provincia de Manabí, es una de las provincias de mayor contribución al

agregado productivo de este cereal en el país. El maíz es una de las fuentes de ingresos y empleo de suma significación para la sociedad manabita. Según datos del ESPAC, (2017). Manabí representa el 36 % de la producción y un rendimiento de 6.54 t.ha^{-1} , equivalente a 82.000 mil ha, registrando una producción de más de 536.864 mil toneladas para el año 2017, llegando a mostrar considerables rendimientos a los obtenidos por el promedio nacional (López, 2018).

El maíz es de gran importancia socioeconómica a nivel mundial el cual es utilizado para la alimentación humana y animal, además de ser utilizado en la producción de almidón industrial y alimenticio, en la elaboración de edulcorantes, dextrinas, aceite y otros productos derivados de su proceso de fermentación, como son el etanol, el alcohol industrial, el dióxido de carbono (CO_2), diversos aminoácidos, antibióticos y plásticos, y como sustituto del petróleo y sus derivados que son recursos no renovables (Grande y Orozco, 2013).

2.2. FENOLOGÍA DEL MAÍZ

La fenología tiene como propósito estudiar y describir de manera integral los diferentes eventos fenológicos que se dan en las especies vegetales dentro de ecosistemas naturales y con su interacción con el medio ambiente (Granados y Sarabia, 2013). El desarrollo fenológico del maíz se refiere al ritmo de crecimiento vegetativo y reproductivo expresado en función de los cambios morfológicos y fisiológicos de la planta, relacionados con el ambiente. Conocer el comportamiento fenológico del cultivo permitirá pronosticar y aplicar eficientes prácticas agronómicas como el riego, la nutrición y control de plagas y enfermedades (Below, 2004; Valdez et al., 2012; Kar y Kumar, 2015).

Las observaciones fenológicas, son importantes porque son la base de la implementación de los sistemas agrícolas, permitiéndoles a los agricultores que obtengan con su aplicación una mayor eficiencia en la planificación y programación de las diferentes actividades agrícolas conducentes a incrementar

la productividad y producción de los cultivos (Izarra y López, 2012).

Cuadro 2.1. Etapas de desarrollo del maíz

Etapas	Días	Características
VE	5	El coleóptilo emerge de la superficie del suelo
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja.
VN		Es visible el cuello de la hoja número "n". ("n" es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; "n" generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.)
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panícula.
R0	57	Antesis o floración masculina. El polen se comienza a arrojar
R1	59	Son visible los estigmas
R2	71	Etapas de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión
R3	80	Etapas lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco
R4	90	Etapas lechosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	102	Etapas dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una "línea de leche" cuando se observa el grano desde el costado.
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

Fuente: CIMMYT (2004).

2.3. ECOFISIOLOGÍA Y PRODUCCIÓN DEL MAÍZ

La eco fisiología vegetal aporta al conocimiento de los procesos y mecanismos determinantes del crecimiento y desarrollo de los cultivos, siendo necesario su comprensión para aumentar la producción de manera sostenible y para orientarnos en las prácticas de manejo del cultivo más apropiadas (INTA, 2015).

Según Montoro & Ruíz (2017) las principales características eco-fisiológicas que afectan al crecimiento y desarrollo de los maíces dulces. Son los principales los factores que afectan a la germinación de las semillas, como son la baja tasa de

germinación y el escaso vigor que muestra en el proceso germinativo y están dificultades están relacionadas:

- Insuficiente energía para el proceso, debido a la reducida concentración de almidón.
- Baja actividad de las enzimas amilasas durante la germinación, por lo que poseen una escasa habilidad para movilizar las reservas.
- Bajo potencial osmótico, lo que implica una rápida tasa de imbibición de agua por parte de las semillas.
- Temperatura en el proceso germinativo siendo óptimo 16-24°C

La temperatura controla la duración del ciclo del cultivo de maíz entre la siembra y la madurez fisiológica, mientras que el fotoperiodo afecta el tiempo entre la emergencia y la floración. Estos dos factores tienen una gran influencia sobre el desarrollo del ciclo ontogénico del cultivo en función de la elección de la fecha de siembra (INTA, 2015).

Los rendimientos de maíz están ascendiendo en forma sostenida en las últimas décadas. La notable mejora genética lograda potencializar el rendimiento y la tolerancia a estrés y enfermedades; siendo la responsable de ese crecimiento, acompañada por mejoras en el manejo de los cultivos (fertilización, herbicidas, mecanización, etc.). El resultado final del cultivo es la consecuencia de las múltiples interacciones que tiene con el ambiente que lo rodea, el cual varía en el tiempo y el espacio. El propio cultivo también presenta patrones temporales de cambios (Fornatec, 2018).

2.4. USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EN LA AGRICULTURA

La eficiencia de uso de los nutrientes o fertilizantes describe como las plantas o los sistemas de producción utilizan los nutrientes. Estos índices pueden

estudiarse teniendo en cuenta el tiempo involucrado en la evaluación: corto, mediano o largo plazo. La eficiencia se puede estudiar desde los rendimientos de los cultivos, la recuperación en planta y la extracción de nutrientes por el sistema (Ciampitti y García 2008).

La eficiencia puede verse a corto o largo plazo y puede basarse en el rendimiento, recuperación o remoción. Entre las expresiones más comunes de la eficiencia de los fertilizantes está la eficiencia de recuperación (ER). Las definiciones de ER pueden variar dependiendo del compartimiento considerado en la recuperación (toda la planta, biomasa sobre suelo, porción cosechada) y las fuentes de nutrientes tomadas en cuenta (fertilizantes, residuos de corral, mineralización, deposición atmosférica) (Bruulsema et al., 2004).

La naturaleza y conducta de un nutriente en el suelo es importante para determinar la eficiencia. Los nutrientes con potencial de acumulación en el suelo, como P y K, pueden verse a corto plazo, sin embargo, se prestan más para que su eficiencia y recuperación sean evaluadas a largo plazo. Por otro lado, la eficiencia de N generalmente se evalúa en el corto plazo, o en un solo ciclo de crecimiento, debido a la naturaleza transitoria del N inorgánico (potencial de volatilización, desnitrificación y lixiviación) (Stewart, 2007).

Este mismo autor señala, que entre las prácticas adecuadas de manejo de la nutrición de los cultivos se encuentra la de aplicar nutrientes en dosis, época y localización correctas. La dosis correcta es cuando el rendimiento de la mayoría de los cultivos es específico del sitio y época del año y dependen del cultivar, prácticas de manejo y clima, etc. Además, es necesario una mayor sincronización entre la demanda del cultivo y el suplemento de nutrientes del suelo para mejorar la eficiencia de uso de los nutrientes. La colocación de fertilizantes siempre ha sido una importante consideración en el manejo de nutrientes. El determinar el lugar correcto puede ser tan importante como determinar la dosis correcta de aplicación. Existen numerosas opciones de

localización, pero la mayoría generalmente se relacionan con aplicaciones superficiales o subsuperficiales de nutrientes ya sea en banda o al voleo antes o después de la siembra. Gonzales et al. (2016) menciona que la correcta recomendación de la dosis de fertilización mejora la eficiencia de los fertilizantes y reduce los riesgos de contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

La adopción de las mejores prácticas de manejo (MPM) para el uso de los fertilizantes es necesaria para incrementar y estabilizar los rendimientos y promover la sustentabilidad de la producción agropecuaria (Ciampitti et al., 2010).

2.5. IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN BALANCEADA

Según García (2009), el rendimiento de maíz está determinado principalmente por el número final de granos logrados por unidad de superficie, el cual es función de la tasa de crecimiento del cultivo alrededor del período de floración. Por lo tanto, para alcanzar altos rendimientos, el cultivo va con la disponibilidad de nutrientes, especialmente a partir del momento en que los nutrientes son requeridos en mayores cantidades (aproximadamente 5-6 hojas desarrolladas), asegura un buen desarrollo y crecimiento foliar y una alta eficiencia de conversión de la radiación interceptada. Los nutrientes disponibles en el suelo generalmente limitan la producción de maíz, siendo necesario conocer los requerimientos del cultivo y la oferta del suelo para determinar las necesidades de fertilización.

El manejo eficiente de la nutrición en el cultivo de maíz es uno de los pilares fundamentales para alcanzar rendimientos elevados sostenidos en el tiempo y con resultados económicos positivos, no sólo en el mismo cultivo de maíz, sino en los que participan en su rotación, ya que por los elevados volúmenes de rastrojos dejados por el maíz, facilitan el reciclado de nutrientes y mejoran las condiciones físicas del suelo, y cuando el cultivo sucesor es soja, mejora la

eficiencia de la fijación simbiótica del N. Los nutrientes que limitan en mayor medida la productividad del cultivo son el nitrógeno, el fósforo y más recientemente el azufre (Melgar y Torres, 2012).

La fertilización química es una práctica agronómica común en el cultivo del maíz; una carencia nutricional puede reducir entre 10 y 30 % el rendimiento, antes de que aparezcan síntomas claros de la deficiencia. La inversión en la fertilización del maíz representa aproximadamente el 30 % de los costos de la producción de las áreas con riego y hasta el 60 % en áreas de secano, la que reduce las utilidades de los agricultores e influye en la degradación de la fertilidad del suelo. Para resolver ambos problemas, se está imponiendo el redimensionamiento del uso de las tecnologías, sugiriéndose el uso de biofertilizante (8–10) y estimuladores de crecimiento (Morejón et al., 2017).

2.6. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL MAÍZ

Un aspecto importante a considerar en la producción agrícola, es el adecuado suministro de nutrientes para satisfacer los requerimientos del cultivo (Álvarez et al., 2016) de maíz que es una planta con capacidad de crecimiento rápido y alta producción que requiere cantidades considerables de nutrimentos, en el siguiente cuadro se presenta las principales necesidades de algunos elementos nutritivos para el cultivo de maíz híbrido de alta producción (Deras, 2012).

La nutrición es la práctica agronómica a la cual responde más el cultivo de maíz, es indispensable para la productividad, y por ende, en la economía y seguridad alimentaria de la población. Esta gramínea, en América tropical ha tenido problemas de productividad que se atribuyen a la pérdida de fertilidad del suelo, al uso de variedades de baja producción y prácticas productivas que degradan el suelo y contaminan el ambiente (García y Espinosa, 2009).

Cuadro 2.2. Elementos nutritivos necesarios para el maíz destacando que los nutrimentos que se absorben en mayores cantidades son los macroelementos y elementos secundarios (Deras, 2012).

ELEMENTO	KG/HA
* Nitrógeno	187
* Fósforo	38
* Potasio	192
* Calcio	38
* Magnesio	44
* Azufre	22
Cobre	0.1
Zinc	0.3
Boro	0.2
Hierro	1.9
Manganeso	0.3
Molibdeno	0.01

El maíz requiere altas cantidades de N para la formación del grano ya que su ausencia o insuficiencia determina una baja productividad (Mendoza et al., 2006). Además, la demanda de nitrógeno aumenta conforme la planta se desarrolla, cuando se aproxima el momento de la floración, la absorción de este elemento crece rápidamente, en tal forma que, al aparecer las flores femeninas, la planta ha absorbido más de la mitad del total extraído durante todo el ciclo (Rosales, 2017).

El suministro de N de síntesis química es justificado por la adopción de tecnologías que basan su máxima capacidad productiva en el uso de estos agroquímicos. En el cultivo de maíz se ha demostrado un efecto proporcional de los rendimientos conforme se incrementan los niveles de fertilización (Álvarez et al., 2003). La eficiencia de aprovechamiento de la fertilización nitrogenada en ambientes de clima errático, ya que en un ciclo lluvioso la dosis óptima fue de 180 kg ha⁻¹ de N en comparación a una temporada árida en el cual el óptimo fue de un tercio o 60 kg ha de N (Carneiro et al., 2013).

Según Ciampitti et al. (2007), dicen que el requerimiento de N del cultivo de maíz varía con el rendimiento del cultivo y los factores que gobiernan la determinación

del mismo (clima, genotipo, prácticas de manejo). Asimismo, como ocurre con el N, para el caso del fósforo (P), la fertilización fosfatada debería relacionarse con la capacidad del suelo para satisfacer la máxima demanda de este nutriente por el cultivo

El fósforo (P) es después del nitrógeno, el segundo elemento más importante para el crecimiento de las plantas, la producción de los cultivos y su calidad; además, es uno de los nutrimentos que más limita la producción agrícola en los trópicos (Gordon et al., 2016). Aunque la cantidad de Fósforo en la planta de maíz es baja en comparación con el Nitrógeno y el Potasio, este es un elemento importante para la nutrición del maíz, y las mayores concentraciones se presentan en los tejidos jóvenes, además ayuda en el desarrollo radicular (Rosales, 2017).

El Potasio estimula la actividad de la invertasa, peptasa y catalasa, promueve la formación y translocación de azúcares y da resistencia a enfermedades (Natareno, 2017). Las deficiencias de potasio aparecen en las hojas más bajas con amarillamiento y necrosis en sus márgenes. Los síntomas aparecen después de la sexta hoja. Dada la movilidad de este elemento dentro de la planta y si la deficiencia persiste, los síntomas progresan hacia arriba de la planta (Larqué et al., 2017).

2.7. EXPERIENCIAS DE FERTILIZACIÓN EN MAÍZ

De acuerdo a la investigación de Mera y López (2018), donde evaluaron siete tratamientos que fueron: Fosfato di amónico (DAP), Fosfato mono amónico (MAP), Micro Essential SZ (MESZ), 15-15-15 y 10-30- 10, todos colados como arrancadores. Los resultados mostraron que el fertilizante Micro Essentials SZ (MESZ) colocado como arrancador a lado y debajo de la semilla obtuvo el mayor rendimiento con 256 qq ha^{-1} , en contraste a los demás fertilizantes fosfatados arrancadores y a los tratamientos testigo convencional con 220 qq ha^{-1} y con

omisión de P con 132 qq ha⁻¹. De manera similar, el tratamiento a base de MESZ colocado como arrancador fue el que obtuvo el mayor beneficio neto con 1620 USD ha⁻¹, puesto que obtuvo el mayor incremento de rendimiento y menor incremento de los costos que varían en relación a los demás tratamientos evaluados como arrancadores y tratamientos testigos.

En cambio, Mendoza y Mejía (2019), evaluaron el efecto de fertilizantes de nitrógeno mejorado sobre la producción de híbridos de maíz (Hércules, Insignia 105 y DK 7088) de alto rendimiento. La aplicación se la realizó en tres frecuencias determinadas por la edad fisiológica del cultivo: 1.- 100 en VE (emergencia); 2.- 50% VE y 50% en V6 (sexta hoja verdadera); 3.- 20% Ve, 40% V6 y 40% V10 (diez hojas verdaderas). El rendimiento no lo influenció los fertilizantes de Nitrógeno mejorado ni el fraccionamiento de aplicación, respondiendo únicamente al efecto de los híbridos utilizados, siendo el Hércules con una producción de 13 tm por hectárea. El índice de clorofila fue mayor con el uso de Novatec-45, fertilizante caracterizado por contener un inhibidor de la ureasea. En conclusión, el uso de fertilizantes de liberación controlada del nitrógeno no causó un aporte significativo en el rendimiento de los híbridos de maíz.

De acuerdo con Cedeño et al., (2018b), su investigación se basó en determinar el efecto de la nutrición foliar complementada con micronutrientes y fitorreguladores sobre el rendimiento del maíz amarillo duro. Los tratamientos fueron: T1) fertilización edáfica + nutrición foliar complementada con micronutrientes y fitorreguladores, y T2) fertilización edáfica sin nutrición foliar complementaria. La aplicación foliar fue realizada en las etapas fenológicas V6 (hoja 6), V12 (hoja 12) y V18 (hoja 18). La nutrición foliar complementada con micronutrientes y fitorreguladores mostró efectos significativos ($p \leq 0,05$) sobre el rendimiento, que en promedio produjo 11,27 t ha⁻¹ en relación al tratamiento testigo (fertilización edáfica) con un rendimiento de 8,77 t ha⁻¹, lo cual representó un 28% de incremento productivo.

Motato et al. (2016), su investigación se basó en conocer el efecto de la

fertilización con N y complementada con otros nutrientes deficientes en el suelo y determinar la dosis óptima de nitrógeno para el maíz INIAP H-603. Se utilizaron 0-100-150- 200 y 250 kg/N. ha⁻¹, con y sin la fertilización complementaria [dos aplicaciones de Biol y 50 kg. ha⁻¹ de Nutrimenores II (Zn 4%, Mn 2,5%, Cu 1%, B₂O₃ 1,5%, y S 5%). La productividad del maíz, fue evidentemente influenciada en términos positivos por la fertilización con N y en forma complementaria; los análisis de correlación mostraron que más del 99% del incremento de producción es causado por la fertilización con N. La superioridad en los rendimientos con los niveles más altos (200 y 250 kg/N. ha⁻¹) confirman que un material genéticamente mejorado requiere de una nutrición elevada para manifestar su potencial productivo; por ello, los análisis de estimación permiten establecer en 200 kg/N.ha⁻¹ la DON, tomando en consideración las EA encontradas.

Colina y Veas (2019), mencionan que investigaron dos híbridos de maíz (ADV-9313 y S-505) y cuatro programas de fertilización. Los resultados demuestran que el mayor rendimiento de grano se obtuvo en el híbrido ADV-9313 sembrado a 62 500 plantas/ha y fertilizado con el Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) con 10166,67 kg/ha. Además, el mismo material mostró la mayor utilidad y beneficio neto. La eficiencia agronómica demuestra que el DK-76508 sembrado a 95 238 plantas/ha y fertilizado con el Programa 1 (Folizyme GA 1,0 L/ha + Rood Feed 1,0 L/ha), tuvo la mejor tasa de asimilación.

Según Anchundia (2015), en su investigación determino el efecto de las diferentes combinaciones y dosis del fertilizante Yara en el comportamiento agronómico del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) Pioneer 30F35. Se utilizó como fuente los fertilizantes. YaraMila Unik 16-16-16; YaraMila Hydram 19-4-19-Mg 3; S-1.8; B0.1; Zn-0.1; YaraMila 27-5-5; y YaraMila Nitrobor 15,4; 25,6 CaO; B 0,3%. El mayor rendimiento de grano lo presentó el tratamiento 5 con la siguiente combinación de nutrimentos (N-180.20, P₂O₅-40, K₂O-117.5, CaO-12, 80, MgO-9.00, S-5.40, B-0.45, y Zn0.30); y 3) El tratamiento 5 (N-180.20, P₂O₅-40, K₂O-117.5, CaO-12, 80, MgO-9.00, S-5.40, B-0.45, y Zn-0.30) fue el que presentó, la

mayor Tasa de Retorno Marginal (216%).

En una investigación reciente desarrollada por Motato et al., (2016) reportaron que la fertilización nitrogenada del maíz amarillo duro con micronutrientes promovió un mayor uso eficiente del nitrógeno y rendimiento del cultivo en zonas maiceras de Manabí. Según Cedeño et al. (2018a) el maíz amarillo duro alcanza su mayor rendimiento cuando la fertilización edáfica se complementó con aplicaciones foliares de fitorreguladores y micronutrientes, en relación a la fertilización edáfica tradicional.

Varias investigaciones han determinado que el uso de enmiendas orgánicas-minerales aplicadas al suelo mejoran notablemente la fertilidad física, química y biológica del suelo, el uso eficiente de nutrientes y el rendimiento del cultivo (Obregón et al., 2016; Barrera et al., 2017; Iglesias et al., 2018; Sosa y García, 2018). En este sentido, la metodología de investigación participativa como herramienta de validación ha sido utilizada con éxito en varios países, donde la finalidad es hacer partícipe a los productores del proceso de investigación y la posterior selección de las tecnologías más eficaces (Gutiérrez, 2010; Albicette y Chiappe, 2012).

2.8. FERTILIZACIÓN FOLIAR

La fertilización foliar, que es la nutrición a través de las hojas, se utiliza como un complemento a la fertilización al suelo. Bajo este sistema de nutrición la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrimentos, algunos componentes de ésta participan en la absorción de los iones (Trinidad y Aguilar, 1999). En cambio, Ashoub et al. (1996), mencionan que al aplicar una fertilización de 190 a 286 kg N ha⁻¹ más 1 ó 2 aplicaciones foliares de 72 mg L⁻¹ de Zn o de 84 mg L de Mn, y el de ambos en combinación, se incrementó el rendimiento de grano de maíz al aumentar de una a dos las aplicaciones de Zn o Mn, y más aún con una combinación de ambos elementos.

CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en los predios de CIIDEA (Centro de Investigación e Innovación Y Desarrollo Agropecuario) de la ESPAM MFL (Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”), ubicada en el sitio El Limón, del cantón Bolívar, de la provincia de Manabí, situada a una altitud de 15 msnm y geográficamente entre las coordenadas 00°49'23" Latitud Sur, 80°11'01" Longitud Oeste¹.

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La investigación fue desarrollada en un periodo de tres meses.

3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS¹

- Precipitación anual: 986,19 mm¹
- Temperatura media anual: 26, 27°C
- Humedad relativa: 82,23%
- Heliofanía: 1043, 96 horas/sol/año

3.4. ANALISIS DEL SUELO DE ESTUDIO

A continuación, se presenta los resultados del análisis de suelo realizado previo al establecimiento de los ensayos.

¹ Datos tomados en la estación meteorológica del INANMI, situada en la ESPAM MFL correspondiente al periodo; enero 2011 febrero 2019

Cuadro 3.1. Interpretación de análisis de suelo.

Interpretación de análisis de suelo					
Elemento	Unidad	Valor	CIIDEA		
			Bajo	Medio	Alto
NH ₄	ppm	12	B		
P		23			A
K	meq/100 mL	1,07			A
Ca		20			A
Mg		5			A
S		10		M	
Zn	ppm	1,5	B		
Cu		12.1			A
Fe		25		M	
Mn		14.5		M	
B		0,27	B		
MO		%	2,8	M	
pH	-----	6,1	Ligeramente ácido		

3.5. MATERIAL VEGETAL

Se utilizó una variedad mejorada de maíz INIAP 543-QPM para consumo en fresco. Que presenta las siguientes características.

Cuadro 3.2. Descripción de factores y niveles

Descriptorios	Datos agronómicos
Tipo de variedad	Libre polinización
Altura de planta (cm)	
Altura de inserción de mazorca (cm)	
Floración femenina (días)	Precoz
Acame de raíz (%)	Resistente
Acame de tallo (%)	Resistente
Tipo de mazorca	Cónica-cilíndrica
Cobertura de mazorca	Buena
Longitud de mazorca (cm)	
Diámetro de mazorca (cm)	
Color del grano	Blanco
Textura del grano	Dentado
Peso 1000 semillas (g)	

Cosecha en choclo	75-80 días
Ciclo vegetativo	120 días
Proteína total (%)	
Triptófano (%)	
Lisina (%)	
Índice de calidad	
<i>Puccinia sorghi</i>	Infección débil
<i>Cercospora zea-maydis</i>	Infección débil
<i>Helminthosporium maydis</i>	Infección moderada
<i>Curvularia lunata</i>	Infección moderada

3.6. FACTORES Y NIVELES DE ESTUDIO

Se evaluaron tres factores tecnológicos que fueron: Fertilización edáfica (A); B Enmienda mejoradora de suelo (B) y Coctel de biorreguladores (C), con dos niveles para cada factor tecnológico, utilizando la metodología del Experimento +1. En las tablas 3.1 y 3.2 se detallan los factores, niveles y arreglos de tratamientos

Cuadro 3.3. Descripción de factores y niveles

Factores tecnológicos	Niveles	
	1	2
(A) Fertilización edáfica	NPK	Completa
(B) Enmienda mejoradora de suelo	Sin Enmienda	Con Enmienda
(C) Coctel biorregulador	Sin biorregulador	Con biorregulador

Cuadro 3.4. Matriz de combinaciones de factores y niveles

Tratamientos	Factores (A: B:C) y niveles (1:2)		
	A	B	C
T1	A ₁	B ₁	C ₁
T2	A ₁	B ₁	C ₂
T3	A ₁	B ₂	C ₂
T4	A ₂	B ₂	C ₂
T5	Tratamiento testigo		

3.7. DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS

- **T₁** = Fertilización NPK
- **T₂** = Fertilización NPK + coctel biorregulador
- **T₃** = Fertilización NPK + Enmienda mejoradora de suelo + coctel biorregulador
- **T₄** = Fertilización Completa + Enmienda mejoradora de suelo + coctel biorregulador
- **T₅** = Control

3.8. MATERIAL Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos, cuatro repeticiones y 20 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó de parcelas de 24 m² (6m x 4m), donde se establecieron seis hileras distanciadas entre sí a 0,80 m, y dentro de cada hilera las plantas se sembraron a 0,30 m entre sí, simulando una densidad de 41666 plantas ha⁻¹.

3.9. VARIABLES REPUESTA

3.9.1. VARIABLES AGRONÓMICAS

- **LONGITUD DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS (cm)**

Esta variable se determinó al momento de la cosecha, donde del área útil se tomó cinco mazorcas comerciales al azar, a las cuales se le registro la longitud desde la base al ápice de la mazorca con la ayuda de una cinta métrica.

- **DIÁMETRO DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS (cm)**

Al momento de la cosecha, tomando cinco mazorcas comerciales al azar del área útil de cada tratamiento, y con la ayuda de un calibrador se registró el diámetro en el tercio medio de la mazorca.

- **PESO DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS (g)**

El peso de mazorca se ejecutó al momento de la cosecha, donde del centro de la parcela se tomó cinco mazorcas comerciales al azar, a las cuales se le registro el peso con ayuda de una balanza de precisión.

- **PRODUCTIVIDAD DE MAZORCAS COMERCIALES CON Y SIN BRÁCTEAS (t ha⁻¹)**

Se registró el peso de todas las mazorcas comerciales del área útil y luego se extrapolo a hectárea.

- **CANTIDAD DE MAZORCAS COMERCIALES (Mazorcas ha⁻¹)**

La cantidad de mazorcas comerciales se determinó al momento de la cosecha donde se contabilizó el número de mazorcas comerciales por parcela útil y luego se extrapoló a hectárea

- **EFICACIA DE LAS TECNOLOGÍAS**

Se estableció al momento de la cosecha en base al rendimiento de mazorcas comerciales, con la siguiente ecuación:

$$Eficacia (\%) = \frac{Rc - Rs}{Rc} \times 100$$

Donde:

Rc = Rendimiento de tratamientos con tecnologías

Rs = Rendimiento del tratamiento control

3.10. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS TECNOLOGÍAS

El análisis económico se realizó a través de la estimación del beneficio neto de las tecnologías propuestas. Para esto se estimó los costos que varían por tratamiento (CqV), los que estuvieron en función del costo de las alternativas tecnológicas (fertilización, enmiendas y biorreguladores), aplicaciones y costo unitario de insumos (U\$\$ kg⁻¹ o L⁻¹) y costo de la mano de obra. En el tratamiento Testigo, el costo que varía será cero (CqV=0). Con los datos de rendimiento (mazorcas comerciales ha⁻¹) y precio unitario de venta (U\$\$ almud⁻¹ de mazorcas comerciales) se calculó los ingresos brutos. Con base en la diferencia entre los rendimientos de cada tratamiento y el testigo se estimó el efecto de la aplicación de las alternativas tecnológicas. Con los datos de costos e ingresos donde se calculó los beneficios netos (Duicela y Ponce, 2015).

3.11. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

- **CONTROL DE MALEZAS**

- **Pre-emergencia**

Se aplicó la mezcla de los herbicidas Atrazina-80 + pendimetalin en dosis de 1.5 + 3 litros ha⁻¹. En cuanto a la presencia de malezas al momento de la siembra, se incluyó a la mezcla anteriormente descrita 1.5 litros de glifosato.

- **Post-emergencia**

En presencia de hoja ancha o coquito, luego del tratamiento en pre-emergencia, se aplicó Bentazon + MCPA en dosis de 1.5 litros ha⁻¹ de cada uno, a partir de la segunda o tercera hoja del cultivo hasta que el maíz teniendo como máximo cinco hojas. En presencia de mayor número de malezas gramíneas, se utilizó el herbicida nicosulfuron (ACCENT) en dosis de 20 a 30 g ha⁻¹, adicionando 200 a 300 mL de un surfactante.

- **FERTILIZACIÓN EDÁFICA Y NUTRICIÓN FOLIAR**

La fertilización se realizó en base a un análisis de suelo y la demanda nutricional del cultivo. En los cuadros 3.5 y 3.6, se muestran las dosis de fertilización tanto para los tratamientos de fertilización completa y fertilización básica NPK, respectivamente. La dosis de NPK la cual fue la misma para todos los tratamientos de fertilización, excepto para el tratamiento control.

Cuadro 3.5. Plan de fertilización establecido para tratamientos de fertilización completa.

Fertilizantes	Cantidad (kg ha ⁻¹)	kg ha ⁻¹					g ha ⁻¹		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	Zn	B	
MESZ	100	12	40	-	-	10	1000	250	
Korn Kali	100	-	-	40	3	2	-	-	
Kmag	100	-	-	22	18	22	-	-	
Urea	300	138	-	-	-	-	-	-	
Total	600	150	40	62	21	34	1000	250	

Cuadro 3.6. Plan de fertilización establecido para tratamientos de fertilización básica NPK

Fertilizantes	Cantidad (kg ha ⁻¹)	kg ha ⁻¹		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
DAP	87	16	40	-
Muriato de K	103	-	-	62
Urea	291	134	-	-
Total	481	150	40	62

La urea se aplicó en tres fracciones y proporciones, según lo recomendado por García y Espinoza (2009), la primera se realizó en etapa fenológica VE (emergencia) colocando el 20% del fertilizante, los dos restantes fueron aplicadas en las etapas V6 (hoja 6) y V10 (hoja 10) con el 40% de la urea en cada aplicación. El fertilizante fosfatado fue aplicado en su totalidad a la siembra

a la emergencia del cultivo (VE). El resto de fertilizantes fueron aplicados en dos fracciones y proporciones, el 50% en la etapa VE y el resto en la etapa V6.

La nutrición foliar con coctel biorregulador se realizó con micronutrientes y fitorreguladores a base un *mix* de quelatos de micronutrientes de bajo peso molecular (metalosatos) y un fitorregulador trihormonal comercial a base de citocininas (100 ppm), ácido giberélico (56 ppm) y ácido 3-indol butírico (56 ppm) en dosis de 1 L ha⁻¹. El coctel foliar se aplicó en las etapas fenológicas V6 (hoja 6), V12 (hoja 12) y V18 (hoja 18).

La enmienda mejoradora de suelo estuvo conformada por 50% de una enmienda mineral y 50% de una enmienda orgánica, que se aplicó en dosis de 1 t ha⁻¹ y se colocó en banda al momento de la emergencia del cultivo (VE).

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE VARIABLES AGRONÓMICAS

4.1.1. LONGITUD, DIÁMETRO Y PESO DE LA MAZORCA CON BRÁCTEAS

En la Tabla 4.1, se observa, que los tratamientos de fertilización evaluados influenciaron significativamente ($p \leq 0.05$) las variables longitud, diámetro y peso de mazorcas con brácteas, donde todos los tratamientos de fertilización superaron ampliamente al tratamiento control. El mayor promedio numérico de longitud, diámetro y peso de mazorcas con brácteas fue logrado con el tratamiento T4, sin embargo, desde el punto de vista estadístico fue similar a los tratamientos T2 y T3. Esta situación, indica que bajo las condiciones agroecológicas donde se desarrolló el experimento, cualquier tratamiento de fertilización es eficaz para promover el desarrollo de la mazorca con brácteas.

Tabla 4.1. Efecto de varios tratamientos de fertilización sobre la longitud, diámetro y peso de mazorca con brácteas de maíz para consumo en fresco. Calceta, Manabí, Ecuador, 2020.

Tratamientos	Longitud de mazorca con brácteas (cm)	Diámetro de mazorca con brácteas (mm)	Peso de mazorca con brácteas (g)
T1: F. NPK	30,87 b ^{1/}	53,47 b	334,76 ab
T2: F. NPK + Coctel foliar	30,26 b	55,10 b	350,50 ab
T3: F. NPK + Enmienda + Coctel foliar	28,92 b	56,82 b	355,64 ab
T4: F. Completa + Enmienda + Coctel foliar	31,15 b	57,55 b	377,92 b
T5: Control	25,09 a	45,52 a	289,81 a
Promedio	29,25	53,69	341,73
p-valor ANOVA	0,0015	0,0003	0,0267
C.V. %	5,75	5,02	9,58

^{1/} Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error.

Estos resultados concuerdan con Morejón et al. (2017) quienes manifiestan que en los tratamientos donde se aplicó el 100 % de la fertilización NPK, fertilizante mineral con el HMA (hongos micorrícicos arbusculares) y un estimulador de crecimiento, se obtuvieron promedios superiores en relación al tratamiento donde se aplicó el 50 % de NPK sin los bioproductos.

4.1.2. LONGITUD, DIÁMETRO Y PESO DE LA MAZORCA SIN BRÁCTEAS

En la Tabla 4.2, se evidencia que los tratamientos de fertilización evaluados influenciaron significativamente ($p \leq 0.05$) la longitud, diámetro y peso de mazorcas sin brácteas, donde todos los tratamientos de fertilización superaron ampliamente al tratamiento control. El mayor promedio de longitud, diámetro y peso de mazorcas sin brácteas fue logrado con el tratamiento T4, que superó significativamente a los tratamientos T2 y T3. Estos resultados demuestran que bajo las condiciones agroecológicas donde se desarrolló el experimento, la fertilización completa mejora el desarrollo de las mazorcas sin brácteas, al promover mayor desarrollo de los granos y la coronta, en relación a las brácteas.

Tabla 4.2. Efecto de varios tratamientos de fertilización sobre la longitud, diámetro y peso de mazorca sin brácteas de maíz para consumo en fresco. Rocafuerte, Manabí, Ecuador, 2020.

Tratamientos	Longitud de mazorca sin brácteas (cm)	Diámetro de mazorca sin brácteas (mm)	Peso de mazorca sin brácteas (g)
T1: F. NPK	20,50 ab ^{1/}	44,91 b	212,20 ab
T2: F. NPK + Coctel foliar	20,70 ab	45,84 b	235,15 bc
T3: F. NPK + Enmienda + Coctel foliar	21,39 ab	46,32 b	243,90 bc
T4: F. Completa + Enmienda + Coctel foliar	22,75 b	48,15 b	261,52 c
T5: Control	17,25 a	37,63 a	185,54 a
Promedio	20,52	44,57	227,66
p-valor ANOVA	0,0223	0,0001	0,0014
C.V. %	7,64	4,10	8,68

^{1/} Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error.

Los datos encontrados son similares a los expuestos por Gutiérrez (2012), quien señala que el crecimiento y peso de la mazorca, se debe a un buen manejo de fertilización y cuidados adecuados de las plantas, incluyendo la regulación de los procesos de maduración. Resultados similares también fueron reportados por Barragán et al. (2018) quienes obtuvieron incrementos en longitud y diámetro de mazorcas en maíz que recibieron fertilización foliar complementaria con micronutrientes y bioestimulantes.

4.1.3. NÚMERO DE MAZORCAS COMERCIALES

La producción de mazorcas comerciales fue influenciada significativamente ($p < 0.05$) por los tratamientos de fertilización evaluados, donde todos los tratamientos de fertilización superaron ampliamente al tratamiento control. En la Figura 4.1, se aprecia que los tratamientos T3 y T4 alcanzaron la mayor producción de mazorcas con 38913 y 38762, respectivamente, que representa un incremento del 36% con relación al tratamiento control que produjo 24840 mazorcas comerciales.

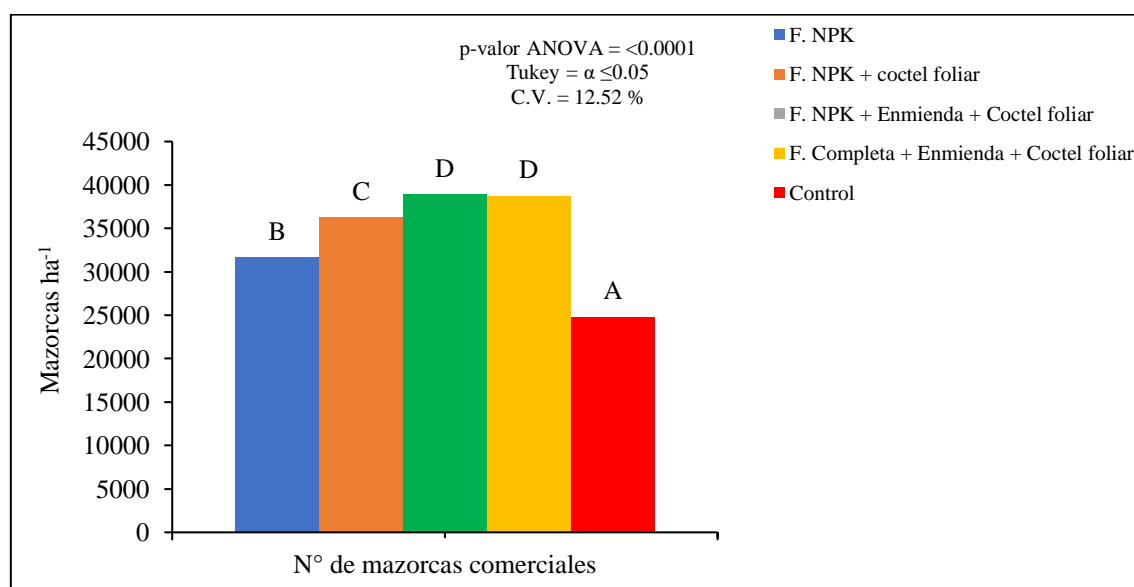


Figura 4.1. Efecto de varios tratamientos de fertilización sobre la producción de mazorcas comerciales de maíz para consumo en fresco. Calceta, Manabí, Ecuador, 2020.

Por otra parte, en la tabla (4.3) se observan los incrementos de producción de mazorcas con respecto al tratamiento de fertilización convencional a base de NPK (T1) y el tratamiento control (T5), donde se evidencia un claro aumento porcentual del número de mazorcas en los tratamientos que recibieron aplicación foliar y enmiendas orgánico-minerales. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Cedeño et al. (2018b), quienes reportaron que el maíz amarillo duro alcanza mayor rendimiento cuando la fertilización edáfica se complementó con aplicaciones foliares de fitorreguladores y micronutrientes, en relación a la fertilización edáfica tradicional. Resultados similares fueron también reportados por Carrillo et al. (2008) quienes reportaron mayor producción de mazorcas en baby corn con la adición de bioestimulantes y citocininas al plan de fertilización edáfico.

Tabla 4.3. Incremento de la producción de mazorcas comerciales de maíz con los tratamientos de fertilización edáfica y cocteles foliares, en relación al tratamiento control y fertilización convencional NPK. Calceta, Manabí, Ecuador, 2020.

Tratamientos	N° de mazorcas comerciales ha ⁻¹	Incremento de mazorcas en relación al control (%)	Incremento de mazorcas en relación al tratamiento NPK
T2: F. NPK + Coctel foliar	36258	31	13
T3: F. NPK + Enmienda + Coctel foliar	38913	36	19
T4: F. Completa + Enmienda + Coctel foliar	38762	36	18
T1: F. NPK	31701	22	---
T5: Control	24840	---	---

4.1.4. RENDIMIENTO DE MAZORCA CON BRÀCTEAS

El rendimiento de mazorcas con bràcteas fue influenciado significativamente ($p \leq 0.05$) por los tratamientos de fertilización evaluados. Los tratamientos T3 y T4 alcanzaron el mayor rendimiento de mazorcas con bràcteas, con 13.83 y 14.64 t ha⁻¹, respectivamente, que representa un incremento del 48 y 51% con relación al tratamiento control que alcanzó un rendimiento de 7.19 t ha⁻¹.

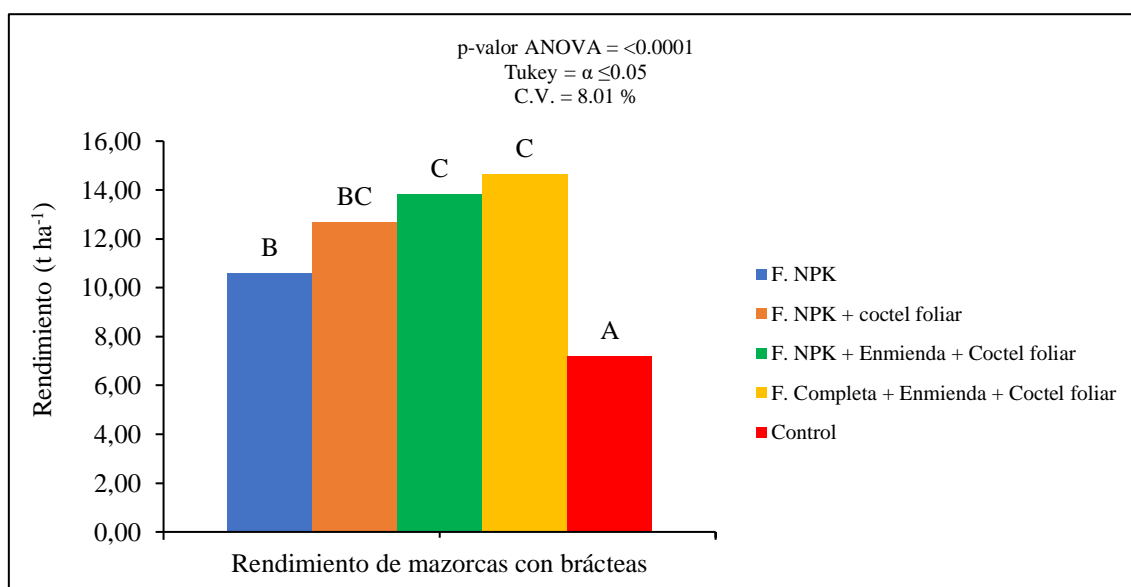


Figura 4.2. Efecto de varios tratamientos de fertilización sobre el rendimiento de masa de mazorcas comerciales con brácteas de maíz para consumo en fresco. Calceta, Manabí, Ecuador, 2020.

En la tabla (4.4), se aprecian los incrementos de producción de mazorcas con brácteas, con respecto al tratamiento de fertilización convencional a base de NPK (T1) y el tratamiento control (T5), donde se obtuvo un amplio aumento porcentual del rendimiento de mazorcas con brácteas en los tratamientos que recibieron aplicación foliar y enmiendas orgánico-minerales.

Tabla 4.4. Incremento del rendimiento de masa de mazorcas comerciales con brácteas de maíz con los tratamientos de fertilización edáfica y cocteles foliares, en relación al tratamiento control y fertilización convencional NPK. Calceta, Manabí, Ecuador, 2020.

Tratamientos	Rendimiento de masa de mazorcas comerciales con brácteas (t ha ⁻¹)	Incremento de mazorcas en relación al control (%)	Incremento de mazorcas en relación al tratamiento NPK
T2: F. NPK + coctel foliar	12,69	43	16
T3: F. NPK + Enmienda + Coctel foliar	13,83	48	23
T4: F. Completa + Enmienda + Coctel foliar	14,64	51	28
T1:F. NPK	10,6	32	
Control	7,19		

4.1.5. RENDIMIENTO DE MAZORCA SIN BRÁCTEAS

El rendimiento de mazorcas sin brácteas también fue afectado de forma significativa ($p < 0.05$) por los tratamientos de fertilización validados. La Figura 4.3, muestra que los tratamientos T3 y T4 también alcanzaron el mayor rendimiento de mazorcas sin brácteas, con 9.50 y 10.14 t ha⁻¹, respectivamente, los cual representó un incremento del 51 y 54% con relación al tratamiento control que alcanzó un rendimiento de 4.61 t ha⁻¹.

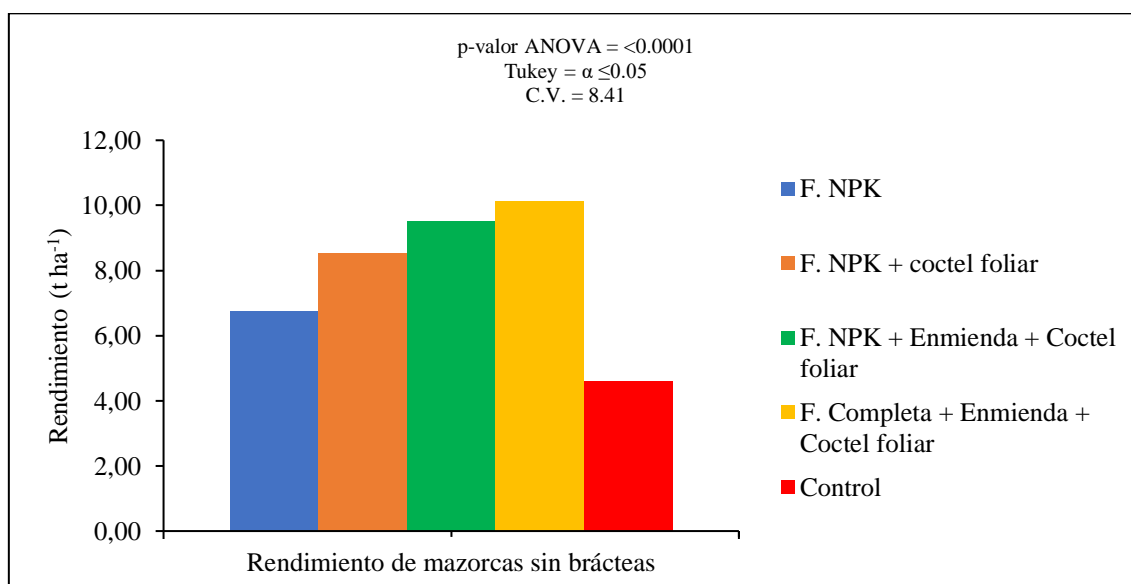


Figura 4.3. Efecto de varios tratamientos de fertilización sobre el rendimiento de masa de mazorcas comerciales sin brácteas de maíz para consumo en fresco. Calceta, Manabí, Ecuador, 2020.

En la tabla (4.5), se ilustran los incrementos de producción de mazorcas sin brácteas con respecto al tratamiento de fertilización convencional a base de NPK (T1) y el tratamiento control (T5), donde se logró un significativo incremento porcentual del rendimiento de mazorca sin brácteas en los tratamientos que recibieron aplicación foliar y enmiendas orgánico-minerales.

Tabla 4.5. Incremento del rendimiento de masa de mazorcas comerciales sin brácteas de maíz con los tratamientos de fertilización edáfica y cocteles foliares, en relación al tratamiento control y fertilización convencional NPK. Calceta, Manabí, Ecuador, 2020.

Tratamientos	Rendimiento de masa de mazorcas comerciales sin brácteas (t ha ⁻¹)	Incremento de mazorcas en relación al control (%)	Incremento de mazorcas en relación al tratamiento NPK
T2: F. NPK + Coctel foliar	8,52	46	21
T3: F. NPK + Enmienda + Coctel foliar	9,5	51	29
T4: F. Completa + Enmienda + Coctel foliar	10,13	54	33
T1: F. NPK	6,74	32	---
T5: Control	4,61	---	---

Los resultados obtenidos en rendimiento coinciden con los encontrados por Carrillo et al. (2008), Obregón et al. (2016), Motato et al. (2016), Kanton et al. (2016), Barragán et al. (2018) y Cedeño et al. (2018b) quienes reportaron incrementos significativos del crecimiento, rendimiento y uso eficiente de nutrientes en varios ensayos de maíz que recibieron tratamientos de fertilización edáfica complementada con enmiendas orgánico-minerales, aplicación de cocteles foliares compuestos por micronutrientes, hormonas y otras sustancias bioactivas.

En este sentido, Carrillo et al. (2008) incrementaron la cantidad de mazorcas ha⁻¹ de baby corn hasta 97321 con aplicación de citocininas y bioestimulantes foliares, en relación a los demás tratamientos. Por su parte, Barragán et al. (2018) lograron rendimientos de hasta 7.19 t ha⁻¹, con aplicación foliar complementaria de nutrientes y bioestimulantes, en relación con la fertilización edáfica básica. Kanton et al. (2016) obtuvieron rendimientos de maíz más elevados con formulaciones de fertilizantes que contenían micronutrientes, en relación con los otros fertilizantes basados únicamente en macronutrientes. Motato et al. (2016) concluyeron que fertilización complementaria con biol y micro elementos, tuvo efectos significativos en el incremento del rendimiento y uso eficiente de nitrógeno en maíz. Por otra parte, Obregón et al. (2016) reportaron que la aplicación de zeolita natural (clinoptilolita) incrementó el rendimiento de granos de maíz hasta en 43.5% en plantas no fertilizadas y hasta en 3.4% en plantas fertilizadas con respecto al testigo, mostrando su capacidad de retención del N en el suelo. Finalmente, Cedeño et al. (2016) reportaron que la aplicación

complementaria de micronutrientes y fitoreguladores incrementaron el rendimiento del maíz en un 28% con respecto al tratamiento de fertilización edáfica convencional.

Posiblemente los efectos positivos encontrados en esta investigación, se deban a que los tratamientos complementarios de fertilización foliar con micronutrientes y biorreguladores mejoren el desempeño metabólico de las plantas, que puede llegar a ser deficiente en los suelos donde se desarrolló el experimento, donde previamente se determinó carencia de varios microelementos. En este sentido, de acuerdo a varios autores, se ha descrito el rol fisiológico que ejercen los micronutrientes y biorreguladores en el desempeño fisiológico de las plantas y en este caso el cultivo del maíz (Kirkby y Romheld, 2008a, b y c; Babaeian et al., 2011; Farooq et al., 2012). Así mismo, investigaciones especializadas describen que el uso de biorreguladores es una práctica común que permite incrementar la producción de cereales y granos mediante la modificación de procesos que involucran crecimiento, desarrollo y tolerancia a estreses abióticos (Yang et al., 2013; Kurepin et al., 2013; Liu et al., 2016).

Así mismo, el uso de enmiendas orgánico-minerales ha permitido mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de suelo colindante a la rizósfera, lo cual promueve un mejor desarrollo del sistema radical y por ende mejor exploración del suelo y uso eficiente de los nutrientes por parte de la planta (Martínez et al., 2008; Arteaga et al., 2014).

4.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

En el análisis económico mostrado en la (Tabla 4.6), se puede observar que los tratamientos T2 (Fertilización NPK + coctel foliar) y T3 (Fertilización NPK+ enmienda + coctel foliar) obtuvieron el mejor beneficio económico neto. Desde el punto vista agronómico el tratamiento T3 (Fertilización NPK + Enmienda mejoradora de suelo + coctel biorregulador) se presenta como la mejor opción

técnica, debido a que alcanzó el mayor incremento de producción comercial con 94 almud de mazorcas y un beneficio neto de 397 USD ha⁻¹. Sin embargo, la mejor opción económica es el tratamiento T2 (Fertilización NPK + coctel foliar), dado que a pesar de presentar un incremento de producción comercial de 76 almud de mazorcas menor al tratamiento T3, su beneficio económico neto fue mayor con 434 USD ha⁻¹, lo cual denota una menor inversión en fertilizantes y jornales producto de aplicaciones, y por ende mayores ingresos económicos netos.

Tabla 4.6. Análisis económico del manejo fisionutricional en maíz blanco para consumo en fresco. Calceta, Ecuador, 2020.

Tratamientos	Costos totales	Costos que no varían en los tratamientos. Cf = Preparación de terreno, semillas, siembra, Control plagas y malezas y cosecha	Costo que varía por el manejo fisionutricional (US\$ ha ⁻¹). Cqv = costo de fertilizantes, fertilización, coctel foliar,	Incremento de los costos que varían con respecto al testigo (US \$ ha ⁻¹): Icqy = Cqv n - Cqv 10	Rendimiento (Almud ha ⁻¹). RTn	Incrementos de los rendimientos respecto al testigo (Almud ha ⁻¹). IR = RTn - RT5	Precio unitario de venta (US \$ Almud ⁻¹): Pc	Incremento de los ingresos en relación al testigo (US \$ ha ⁻¹). Iing = IR * Pc	Ingresos totales (US \$ ha ⁻¹). IT = RTn * Pc	Beneficio neto del uso del manejo fisionutricional (US \$ ha ⁻¹). BNT n = Iing - Icqy
Beneficio económico neto. Calceta – Manabi 2020										
T1	932	639	293	293	211	46	12	549	2536	256
T2	1118	639	479	479	242	76	12	913	2901	434
T3	1368	639	729	729	259	94	12	1126	3113	397
T4	1453	639	814	814	258	93	12	1114	3101	300
T5	639	639	0	0	166	0	12	0	1987	0

T1: Fertilización NPK; T2: Fertilización NPK + coctel biorregulador; T3: Fertilización NPK + Enmienda mejoradora de suelo + coctel biorregulador; T4: Fertilización Completa + Enmienda mejoradora de suelo + coctel biorregulador; T5: control.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La fertilización foliar a base de micronutrientes y biorreguladores, y la aplicación de enmiendas fueron efectivas para complementar la fertilización básica NPK y potenciar la productividad de maíz para consumo en fresco.
- La fertilización NPK complementada con coctel foliar a base de micronutrientes y biorreguladores fue la tecnología de fertilización más eficiente desde el punto de vista económico, dado que presento mayor ingreso económico neto producto de la fertilización.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para las condiciones agroecológicas donde se desarrolló el experimento, es suficiente aplicar una fertilización básica edáfica con NPK, complementada con cocteles foliares a base de micronutrientes y biorreguladores durante las fases fenológicas VE, V6 y V10.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, D.; Limongi, J.; Zambrano, E. y Navarrete, J. 2019. Desarrollo de una variedad de maíz tropical de grano blanco con calidad de proteína para consumo en fresco. *Avances en Ciencias e Ingeniería* 11(17): 30 – 39. Recuperado 23 de mayo del 2021 de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/1101>
- Álvarez, J. Muñoz, R; Huerta, E; Nahed, J.2016. Balance parcial de nitrógeno en el sistema de cultivo de maíz (*Zea mays L.*) con cobertura de leguminosas en Chiapas, México. *Universidad de Costa Rica. Agronomía Costarricense*, vol. 40, núm. 1, pp. 29-39. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43646210002.pdf>
- Alvarez, R., H.S. Steinbach, C.R. Alvarez, y S. Grigera. 2003. Recomendaciones para la fertilización nitrogenada de trigo y maíz en la pampa ondulada. *Informaciones Agronómicas* 18:14-19. https://www.researchgate.net/publication/242774710_Recomendaciones_para_la_fertilizacion_nitrogenada_de_trigo_y_maiz_en_la_Pampa_Ondulada
- Anchundia, C. (2015). "Efecto de diferentes dosis de fertilizantes yara en el comportamiento agronómico del híbrido de maíz (*Zea mays L.*) PIONNER 30F35 en el cantón Balzar, Provincia del Guayas". Tesis de la facultad en Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil, Guayas. <https://docplayer.es/115815682-Universidad-de-guayaquil-facultad-de-ciencias-agrarias-carrera-ingenieria-agronomica.html>
- Ashoub, M; Hassanein, M; Abdel, A; Shahin, M; Gohar, M. (1996). Influence of irrigation, nitrogen, zinc and manganese fertilization on yield and yield components of maize. *Ann. Agric. Sci. Cairo* 41(2):697-711. Recuperado el 27 de mayo del 2021 de, <https://www.redalyc.org/pdf/610/61025412.pdf>

- Arteaga, M., N. Garcés, F. Guridis y J. Pino. 2014. Una revisión sobre indicadores integradores para evaluar el impacto de las sustancias húmicas sobre el sistema suelo-agua de lixiviación (I). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 23(3): 83-88. Recuperado el 27 de mayo del 2021 de, <https://www.redalyc.org/pdf/932/93231384011.pdf>
- Ávila, M. 2018. Estrategias de mercadeo comercialización de maíz blanco (*Zea mays* L.) en el Cantón Loja, Provincia De Loja. Universidad Nacional De Loja. Facultad Agropecuaria Y De Recursos Naturales Renovables. Carrera De Ingeniería Agronómica. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/20571>
- Babaeian, M.; Heidari, M. and Ghanbari, A. 2011. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Iranian Journal of Crop Science* 12(4): 377 – 391. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/723>
- Barragán, L.; Rosero, C.; Campi, D.; Auhing, J.; Canchignia, H. 2018. Respuesta morfológica de cuatro híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.) por fertilización edáfica y edáfica-foliar. *Ciencia y Tecnología* 11(1): 55-61. <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/221>
- Below, F. 2004. Fisiología, nutrición y fertilización nitrogenada del maíz. *Informaciones Agronómicas* 54: 3 – 9. Recuperado el 27 de enero del 2021 de, [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/D757CEE6B1516328852579A30074B16B/\\$FILE/Fisiologia,%20nutrici%C3%B3n%20y%20fertilizaci%C3%B3n%20nigrogenada%20d el%20ma%C3%ADz.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/D757CEE6B1516328852579A30074B16B/$FILE/Fisiologia,%20nutrici%C3%B3n%20y%20fertilizaci%C3%B3n%20nigrogenada%20d el%20ma%C3%ADz.pdf)
- Bruulsema, T.W., P.E. Fixen, and C.S. Snyder. 2004. Fertilizer nutrient recovery in sustainable cropping systems. *Better Crops*. 88(4):15-17.

https://www.researchgate.net/publication/292753439_Fertilizer_nutrient_recovery_in_sustainable_cropping_systems

Carneiro, A.; Telmo, J.; Villalba, H.; Oswin, E.; Pivotto, B ; Santi, A.; Benítez, L.; Asterio E.; Menefee, D. and Kunz, J. 2013. Efficiency of nitrogen fertilizer applied at corn sowing in contrasting growing seasons in Paraguay. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo, Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo.* 37(6):1641-1650. Recuperado el 27 de enero del 2021 de, <https://www.redalyc.org/pdf/1802/180229291020.pdf>

Carrillo, M.; Cedeño, J.; Medina, P. 2008. Efectos de un activador metabólico, citocininas y densidades de plantas sobre el rendimiento de “Baby Corn” y grano de maíz (*Zea mays* L.), santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Revista Tsafique* 1: 1 – 11. <https://revistas.ute.edu.ec/index.php/tsafiqui/article/view/9>

Cedeño, F., Cargua, J., Cedeño, J., Mendoza, J., López, G y Cedeño, G. 2018a. Aplicación foliar de micronutrientes y fitorreguladores comocomplemento de la fertilización edáfica en maíz amarillo duro. *Revista La Técnica.* 7(19): 13-24. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6544943.pdf>

Cedeño, J.; Cedeño, G.; Alcívar, J.; Cargua, J.; Cedeño, F.; Cedeño, G.A. y Constante, G. 2018b. Incremento del rendimiento y calidad nutricional del arroz con fertilización NPK complementada con micronutrientes. *Scientia Agropecuaria* 9(4): 503 – 509. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2077-99172018000400005&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2004. Etapas de crecimiento del maíz. México. (En línea). Disponible en <http://maizedoctor.cimmyt.org/index.php/es/empezando/9?task=view>. <https://www.cimmyt.org/es/>

- Ciampitti I.A. y F.O. García. 2007. Requerimientos nutricionales, absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I Cereales, Oleaginosos e Industriales. Informaciones Agronómicas N° 33, Archivo Agronómico N° 11. <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1083>
- Ciampitti, A., y García, F. 2008. Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. Revista Horizonte A. 4(18): 22-28. http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/cangue032_ernst.pdf
- Ciampitti, I., García, F & Boxler, M. 2010. Nutrición de Maíz: requerimientos y Absorción de nutrientes. Revista Informaciones Agronómicas. 4: 12-18. [http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/2EB470FD702C566D85257984005754F1/\\$FILE/14.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/2EB470FD702C566D85257984005754F1/$FILE/14.pdf)
- Colina, M y Veas, A. (2019). Respuesta agronómica de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a programas de nutrición foliar complementarios a fertilización edáfica, en la zona de Pueblo viejo. Tesis de la facultad en Ciencias Agropecuarias Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6186/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000075.pdf;jsessionid=49C99C71368E9BFA108698C23CB0922C?sequence=1>
- Deras, H. (2012). Guía técnica del cultivo de maíz. San Miguel, El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>
- Duicela, L. y Ponce, L. (2015). Uso de fungicidas sistémicos en el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) en la provincia de Manabí. La Técnica 15: 6–17. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/531>
- Estrada M, 2020. Efecto de tres programas de nutrición en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en tres híbridos Emblema, Advanta y Gladiador, en el Cantón Montalvo, Provincia Los Ríos. Universidad Católica De Santiago

De Guayaquil. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15555/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-176.pdf>

ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua). 2017. Informe Ejecutivo ESPAC 2017. EC. Recuperado de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2015. Dirección de estadística FAOSTAT. Recuperado de: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/S>

Farooq, M.; Wahid, A. and Siddique, K. 2012. Micronutrient application through seed treatments - a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 12(1): 125 – 142. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162012000100011

Forrateg. (2018). Ecofisiología del maíz. Recuperado el 21 de Enero de 2020, de Forrateg Web site: <https://www.forrateg.com.ar/manuales/pdfs/203-20180523185233-pdfEs.pdf>

García, F. (2009). Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz [archivo PDF]. Recuperado de <http://www.fertilizando.com/articulos/Criterios-Manejo-Fertilizacion-Cultivo-Maiz.pdf>

García, J.P., 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. [http://www.ipni.net/publication/ia-laahp.nsf/0/F6C2CDE6735C18CF852579A0006B1E93/\\$FILE/Efecto%20del%20Fraccionamiento%20de%20Nitr%C3%B3geno%20en%20la%20Productividad%20.....pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-laahp.nsf/0/F6C2CDE6735C18CF852579A0006B1E93/$FILE/Efecto%20del%20Fraccionamiento%20de%20Nitr%C3%B3geno%20en%20la%20Productividad%20.....pdf)

- Gonzales, A; Figueroa, U; Preciado, P; Núñez, G; Luna, J; Antuna, O. 2016. Uso eficiente y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero en suelos diferente. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.7 Núm.2. p. 301-309. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000200301
- Gordon, R; Franco, J; Villareal, J; Smith, T. 2016. Manejo de la fertilización fosforada en el cultivo de maíz, El Ejido, Panamá 2004-2013 *Agronomía Mesoamericana*, vol. 27, núm. 1, pp. 95-108. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43743010009.pdf>
- Granados, R. y Sarabia, A. 2013. Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(3): 435 – 446. <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263127575008.pdf>
- Grande, C. y Orozco, B. 2013. Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Científica Guillermo de Ockham*. 11(1): 97 – 110. <https://revistas.usb.edu.co/index.php/GuillermoOckham/article/view/604>
- Gutiérrez, C. 2012. Potasio y calcio aplicado al suelo y su influencia en la productividad y calidad en hortalizas. México: Recuperado de: <http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio2/Ponencia02.pdf>
- Iglesias, S.; Alegre, J.; Salas, C. y Egüez, J. 2018. El rendimiento del maíz (*Zea mays L.*) mejora con el uso del biochar de eucalipto. *Scientia Agropecuaria* 9(1): 25– 32. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172018000100003
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ar.). 2015. El cultivo de maíz en San Luis. *Información técnica* N° 188. p 7.

https://www.researchgate.net/publication/281273477_El_cultivo_de_maiz_en_San_Luis

Izarra, W. y López, F. 2012. Manual de observaciones fenológicas. Servicio Nacional de meteorología e hidrología (SENAMI). Lima, PE. 98 p. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>

Jones, T. 2009. "Maize tissue culture and transformation: the first 20 years", Chapter 2: in *Molecular Genetic Approaches to Maize Improvement*. Eds A.L. Krizand and B.A. Larkins (Heidelberg: Springer). pp 7–27. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-68922-5_2

Kanton, R.; Prasad, P.; Mohammed, A.; Bidzakin, J.; Ansoba, E.; Asungre, P.; Lamini, S.; Mahama, G.; Kusi, F.; Sugri, I. 2016. Organic and Inorganic Fertilizer Effects on the Growth and Yield of Maize in a Dry Agro-Ecology in Northern Ghana. *Journal of Crop Improvement* 30(1): 1–16. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15427528.2015.1085939>

Kirkby, E. y Romheld, V. 2008a. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad (Primera parte). *Informaciones Agronómicas* 68: 1 – 6. [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/3FA84D0333FEDEAA852579A0006BF733/\\$FILE/Micronutrientes%20en%20la%20Fisiolog%C3%ADa%20de%20las%20Plantas.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/3FA84D0333FEDEAA852579A0006BF733/$FILE/Micronutrientes%20en%20la%20Fisiolog%C3%ADa%20de%20las%20Plantas.pdf)

Kirkby, E. y Romheld, V. 2008b. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad (Segunda parte). *Informaciones Agronómicas* 69: 9 – 13. <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/MicronutrientesenlaFisiolog%C3%ADadelasPlantasII.pdf>

Kurepin, L.; Ozga, J.; Zaman, M. and Pharis, R. 2013. The Physiology of Plant Hormones in Cereal, Oilseed and Pulse Crops. *PS&C Prairie Soils & Crops Journal* 6: 7 – 23. <https://prairiesoilsandcrops.ca/articles/volume-6-2-print.pdf>

- Larqué, B; Limón, A; Irizar M; Díaz, M. 2017. Fertilización química del maíz, su impacto en el rendimiento y en los costos de producción. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Centro de investigación regional. Campo experimental Valle de México. Folleto técnico. Num. 2.
- Liu, Y.; Liang, H.; Liu, D.; Wen, X, and Liao, Y. 2016. Effect of polyamines on the grain filling of wheat under drought stress. *Plant Physiol Biochem* 100(1):13-29. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26812255/>
- López, B. 2018. Análisis de la producción de maíz en la provincia de Manabí y su aporte al desarrollo local. Periodo 2012-2017. Trabajo de titulación, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Económicas, Guayaquil. Recuperado el 21 de enero de 2020, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/34266/1/LOPEZ%20MARCILLO.pdf>.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2017a. Resumen estadístico de Maíz duro seco. Boletín Situacional N° 3. <https://fliphtml5.com/ijia/hcvn/basic>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2017b. Boletín situacional del cultivo. SINAGAP, Superficie, producción y rendimiento, maíz duro seco. Consultado en línea (noviembre 13 del 2019). Recuperado de: http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/boletin_situacional_maiz_duro_2017.pdf
- Martínez, E., J. Fuentes y E. Acevedo. 2008. Soil organic carbon and soil properties. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 8(1):68-96. https://www.researchgate.net/publication/286287830_Soil_organic_carbon_and_soil_properties
- Melgar, R y Torres, M. (2012). Manejo de la Fertilización en Maíz [archivo PDF]. Recuperado de

<http://www.fertilizando.com/articulos/Manejo%20de%20la%20Fertilizacion%20en%20Maiz.asp>

Mendoza, M; Mosqueda, C; Rangel, A; López, A.; Rodríguez, S; Latournerie, L.; Moreno, E. 2006. Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz Normal y QPM. *Agricultura Técnica en México* 32(1):89-99.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000100009

Mendoza, R y Mejía, R. (2019). “Fertilizantes de nitrógeno mejorado sobre el rendimiento en híbridos de maíz (*Zea mays*)”. Tesis de la facultad Ingeniería Agronómica Universidad Técnica de Manabí, Santa Ana, Manabí.

Mera, A y López, J. (2018). Efectividad de fertilizantes arrancadores fosfatados sobre la productividad del maíz amarillo duro en el Valle del Río Carrizal. Tesis de la facultad de Ingeniería Agrícola Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, Bolívar.
<http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/782>

Montoro, A., & Ruíz, M. (2017). Ecofisiología del cultivo de maíz dulce (*Zea mays* L. var. *saccharata*). *Avances en Horticultura-Review*, 156-160.
https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/4402/1/NTA_CRMendoza-SanJuan_EEASanJuan_Montoro_A_Ecofisiologia_cultivo_ma%C3%ADz_dulce.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Morejón, M., Herrera, J., Ayra, C., González, P., Rivera, R., Fernández, Y., Peña, E., Téllez, P., Rodríguez, C & De la NovalPons, M. (2017). Alternativas en la nutrición del maíz transgénico FR-B T 1 de (*Zea mays* L.): respuesta en crecimiento, desarrollo y producción. *Revista Cultivos Tropicales*. 38(4): 146-155. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000400020

- Motato, N. y Pincay, J. 2015. Calidad de los suelos y aguas para riego en áreas cacaoteras de Manabí. *La Técnica* 14: 6 – 23.
https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/14_pag_6-23
- Motato, N.; Pincay, J.; Avellán, M.; Falcones, M. y Aveiga, E. 2016. Fertilización del híbrido experimental de maíz INIAP H-603, con base en la eficiencia agronómica del nitrógeno. *ESPANCIENCIA* 7(2): 109 – 116.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4871>
- Natareno, F. 2017. Evaluación de tres fuentes de potasio en tres híbridos de maíz dulce (*Zea mays*, Poaceae) en la concentración de sólidos solubles Joyabaj, Quiché. Universidad Rafael Landívar. Facultad de ciencias Ambientales y agrícolas.
<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2017/06/14/Natareno-Francisco.pdf>
- Obregón, N.; Díaz, J.; Daza, C. y Aristizabal, H. 2016. Efecto de la aplicación de zeolita en la recuperación de nitrógeno y el rendimiento de maíz. *Acta Agron.* 65 (1): 24-30. <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169943143005.pdf>
- Pliego, E. 2016. Panorama Cultural.com.co. Recuperado el 21 de enero de 2020, de El periódico cultural de la Costa Caribe: <https://www.panoramacultural.com.co/gastronomia/3676/el-maiz-su-origen-historia-y-expansion>.
- Rosales, A. (2017). Fertilización del cultivo de maíz. *Revista Agro Estrategias.* 18(4): 221-242. <http://www.agroestrategias.com/pdf/Cultivos%20-%20Fertilizacion%20de%20Maiz.pdf>
- Sosa, B. y García, Y. 2018. Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz fertilizado de forma orgánica y mineral. *Agronomía Mesoamericana* 29(1). DOI: <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.27127>.
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v29n1/1659-1321-am-29-01-00215.pdf>

- Stewart, W. (2007). Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. Informaciones Agronomicas. International Plant Nutrition Institute. N° 67. P. 5-10. [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/40ad1eee26c802f005257a5300510c6d/\\$FILE/ATTCNQIX.pdf/Consideraciones%20en%20el%20uso%20eficiente%20de%20nutrientes.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/40ad1eee26c802f005257a5300510c6d/$FILE/ATTCNQIX.pdf/Consideraciones%20en%20el%20uso%20eficiente%20de%20nutrientes.pdf)
- Trinidad, A; Aguilar, D; 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. Terra Latinoamericana, vol. 17, núm. 3, pp. 247-255. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317309.pdf>
- Valverde, M. (2015). Caracterización e identificación de razas de maíz en la provincia del Azuay. Tesis maestría, Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cuenca. Recuperado el 21 de Enero de 2020, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22897/1/Tesis.pdf>
- Yang, W.; Cai, T.; Ni, Y.; Li, Y.; Guo, J. Peng, D.; Yang, D.; Yin, Y. and Wang, Z. 2013. Effects of exogenous abscisic acid and gibberellic acid on filling process and nitrogen metabolism characteristics in wheat grains. Australian Journal of Crop Science 7(1): 58 –.

ANEXOS

ANEXOS 1



Control químico de maleza



ANEXOS 2

Fertilización



Corte de plantas para evaluar



Cosecha



Evaluación de las variables de longitud, diámetro y peso de mazorca de maíz