



**Trabajo de titulación o integración curricular bajo la modalidad
de Proyecto de Investigación**

Tema del Anteproyecto:

Evaluación del uso eficiente de nutrientes en dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.)

Nombres y apellidos de autores:

Cedeño Santana Jonathan Javier

Veliz Espinales Mariann Lisbeth

Tutor (a) propuesto:

Ing. Edisson Wilfrido Cuenca Cuenca Dr. Sc.

Línea de investigación:

Soberanía y seguridad alimentaria

Sublínea o proyecto de investigación:

Producción agrícola sostenible

**Universidad Técnica de Manabí
Facultad de Ingeniería Agronómica**

Carrera de Agronomía

Santa Ana, Ecuador

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ingeniero Agrónomo

EDISSON CUENCA CUENCA Ph.D

CERTIFICO:

Que el trabajo de titulación “**Evaluación del uso eficiente de nutrientes en dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.)**” es trabajo original de los egresados, Jonathan Javier Cedeño Santana y Mariann Lisbeth Veliz Espinales, el cual fue realizado bajo mi dirección.

Ing. Edison Cuenca Cuenca PhD.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICACIÓN DEL REVISOR

Ingeniero Agrónomo

CERTIFICO:

Que he revisado, estilo y ortografía del trabajo de titulación “**Evaluación del uso eficiente de nutrientes en dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.)**” elaborado por Cedeño Santana Jonathan Javier y Veliz Espinales Mariann Lisbeth, el presente trabajo de investigación ha sido escrito de acuerdo a las normas ortográficas y sintaxis vigentes en el REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ.

Ing. Francisco Arteaga Alcívar PhD.

REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN

Veliz Espinales Mariann Lisbeth y Cedeño Santana Jonathan Javier 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 de este trabajo investigativo, es de sumo derecho y de propiedad intelectual de los autores.

Cedeño Santana Jonathan Javier

Veliz Espinales Mariann Lisbeth

DEDICATORIA

A Dios por guiarme y cuidarme en cada uno de mis pasos, anhelos y aspiraciones, a mis adorados hijos Elkin, Samir y Zahid por ser mi gran motor para nunca rendirme, a mi amado esposo Kelvin por brindarme siempre su apoyo incondicional, a mi mamá por ser mi ejemplo a seguir, a mi papá, hermanos y de manera especial a mis suegros por haber estado siempre a mi lado brindándome su ayuda oportuna para hacer realidad este sueño.

DEDICATORIA

De manera especial a Dios quien supo guiarme por el buen camino, a mi hija Ahitana por ser ese motor día a día, a mi pareja, a mis padres pues sin ellos no lo hubiese podido lograr, doy gracias a ellos por haberme forzado como la persona que soy en la actualidad, hermanos y amigos por permitirme aprender más de la vida a su lado, **estos son posible gracias a ustedes.**

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su sabiduría, a mis hijos y esposo por su paciencia en este camino recorrido, a mi familia por el ánimo brindado día a día para afrontar las adversidades.

A mi director de titulación Ing. Cuenca Cuenca Edison PhD por su enseñanza brindada para la culminación de este trabajo de investigación.

A la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí FIAG-UTM por convertirme en una profesional del Agro y gracias a cada uno de sus docentes-Investigadores y demás empleados que aportaron significativamente con sus enseñanzas y conocimientos en mi formación.

Gracias a todos quienes estuvieron conmigo para alcanzar este logro.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios y a la Universidad Técnica de Manabí por haberme aceptado y ser parte de ella y haberme abierto la puerta de su seno científico para poder terminar mi carrera la que hoy en día estoy culminando, así como también a los diferentes formadores personas de gran sabiduría que me brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día para llegar al punto al cual hoy me encuentro.

Agradezco, al asesor de mi tesis el Ing. Edison Cuenca Cuenca PhD, por haberme dado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también la agradezco por tener esa paciencia, para guiarme por todo el trayecto de mi tesis.

Muchas gracias a todos esos seres queridos que siempre guardo en mi alma.

Índice general

1	Introducción.....	3
2	Objetivos.....	5
2.1	General	5
2.2	Específicos	5
3	Marco Teórico	6
3.1	Generalidades del cultivo.....	6
3.2	Requerimientos edafoclimáticos	6
3.3	Nutrición del Cultivo.....	7
3.4	Requerimiento nutricional del cultivo.....	7
3.4.1	El Nitrógeno (N)	7
3.4.2	El Fósforo (P).....	8
3.4.3	El Potasio (K).....	8
3.4.4	El calcio (Ca)	9
3.4.5	El Magnesio (Mg).....	9
3.4.6	El azufre (S)	9
3.5	Estudios relacionados a la nutrición y fertilización del maíz.....	10
3.6	Uso eficiente de nutrientes (UEN)	10
3.6.1	Eficiencia de Recuperación del fertilizante (ER).....	11
3.6.2	Factores que afectan el uso eficiente de nutrientes.....	11
4	Metodología.....	13
4.1	Ubicación	13
4.2	Material Genético.....	13
4.3	Tratamientos.....	13
4.4	Delineamiento experimental para cada Híbrido.....	13
4.5	Diseño experimental.....	14
4.6	Manejo del ensayo.....	14
4.6.1	Preparación del terreno	14
4.6.2	Siembra	14
4.6.3	Fertilización	15
4.6.4	Control de plagas y enfermedades	15

4.6.5	Control de malezas.....	15
4.6.6	Cosecha.....	15
4.7	Variables.....	15
4.7.1	Diámetro de tallo (mm) a los 15, 30 y 45 días después de la siembra (\emptyset dds).....	15
4.7.2	Altura de planta (cm) a los 15, 30 y 45 días después de la siembra (dds)	15
4.7.3	Diámetro de mazorca	16
4.7.4	Longitud de mazorca.....	16
4.7.5	Rendimiento (kg ha^{-1})	16
4.7.6	Concentración de nutrientes en granos	16
4.7.7	Eficiencia de recuperación del fertilizante (ERF).....	16
4.7.8	Eficiencia agronómica (EA)	17
4.8	Análisis estadístico de la Información	17
5	Resultados y discusión.....	18
5.1	Parámetros agronómicos en híbridos de maíz.....	18
5.2	Eficiencias del uso de nitrógeno, fosforo y potasio en híbridos de maíz	21
5.3	Concentración de nutrientes en granos de maíz	24
6	Conclusiones.....	27
7	Recomendaciones	28
8	Referencias bibliográficas.	29
9	ANEXOS.....	35

Listas de tablas

Tabla 1. Descripción de los Tratamientos.....	13
Tabla 2. Determinación de muestras de granos	16
Tabla 3. Análisis de varianza de los parámetros agronómicos en los híbridos Advanta y Emblema	18
Tabla 4. Comparación de medias de los parámetros agronómicos en los híbridos Advanta y Emblema bajo diferente dosis de fertilización.....	19
Tabla 5. Prueba de T de los parámetros agronómicos en los híbridos Advanta y Emblema.	20
Tabla 6. Comparación de medias de la eficiencia agronómica y de recuperación de N, P y K en los híbridos de maíz Advanta y Emblema bajo diferente dosis de fertilización	21
Tabla 7. Prueba de T de la eficiencia agronómica y de recuperación de N, P y K en los híbridos de maíz Advanta y Emblema	23
Tabla 8. Análisis de varianza de la concentración de nutrientes en granos de maíz	24
Tabla 9. Comparación de medias de la concentración de nutrientes en granos de maíz	25
Tabla 10. Prueba de T de la concentración de nutrientes en granos de maíz.....	26

Lista de figuras

Figura 1: Preparación del terreno	35
Figura 2: siembra del maíz	35
Figura 3: embaces para la fertilización.....	35
Figura 4: Plagas y enfermedades	36
Figura 5: Cosecha del cultivo	36
Figura 6: Peso de las muestras.....	36
Figura 7: Toma de datos de las variables.	37

Resumen

El uso eficiente de nutrientes en el maíz, al igual que en la mayoría de los cultivos, se convierte en un condicionante importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo que una eficiencia nutricional baja, impacta negativamente la productividad y sustentabilidad en la producción agrícola, por lo que esta investigación tuvo como objetivo evaluar el uso eficiente de nutrientes en dos híbridos (Emblema 777 y Advanta 9735) de maíz (*Zea mays* L.). El experimento se ejecutó en el sitio Mapasingue de la parroquia Colón del cantón Portoviejo de la provincia de Manabí. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cuatro tratamientos más un testigo, para cada híbrido de maíz y cada uno constó de tres repeticiones, totalizando 15 unidades experimentales (UE) por Híbrido. Los tratamientos consistieron en aplicación de dosis crecientes de (kg de NPK ha⁻¹), T1 (105 – 36 – 48), T2 (132 – 46 – 60), T3 (158 – 55 – 72), T4 (184 – 64 – 84) y T5 (TR) testigo. Las variables que se evaluaron fueron; diámetro de tallo, altura de planta, diámetro de mazorca, longitud de mazorca, rendimiento, concentración de nutrientes en granos, eficiencia de recuperación del fertilizante (ERF) y eficiencia agronómica (EA). Los resultados mostraron diferencias significativas en los parámetros de rendimiento para los dos híbridos evaluados. El tratamiento que obtuvo el mejor rendimiento para el advanta fue el que se le aplicó la dosis 105-36-48 kg de N-P-K por hectárea, mientras que el emblema lo obtuvo con la dosis de 132-46-60 kg de N-P-K por hectárea. Así mismo en las eficiencias agronómicas y de recuperación de NPK se obtuvieron los mejores resultados con la menor dosis de fertilización (105-36-48 kg de N-P-K por hectárea) en el híbrido advanta, entre tanto el emblema lo obtuvo con las dosis de 132-46-60 kg de N-P-K por hectárea. Cuando se aplicó las dosis más altas de nutrientes ambos híbridos no tuvieron buenas respuestas en las variables tomadas, lo que sugiere que las dosis de los tratamientos 3 y 4 causaron un desequilibrio de nutrientes en el suelo afectando negativamente a las plantas.

Palabras clave: Fertilización, eficiencia agronómica, eficiencia de recuperación del fertilizante.

Abstract

The efficient use of nutrients in corn, as in most crops, becomes an important determinant for plant growth and development, so a low nutritional efficiency negatively impacts productivity and sustainability in agricultural production, so this research aimed to evaluate the efficient use of nutrients in two hybrids (Emblema 777 and Advanta 9735) of corn (*Zea mays* L.). The experiment was carried out at the Mapasingue site in the parish of Colón in the canton of Portoviejo in the province of Manabí. A completely randomized block design (CRBD) was used, with four treatments plus a control, for each maize hybrid and each one consisted of three replications, totaling 15 experimental units (EU) per hybrid. The treatments consisted of application of increasing doses of (kg of NPK ha⁻¹), T1 (105 - 36 - 48), T2 (132 - 46 - 60), T3 (158 - 55 - 72), T4 (184 - 64 - 84) and T5 (TR) control. The variables evaluated were; stem diameter, plant height, ear diameter, ear length, yield, nutrient concentration in grains, fertilizer recovery efficiency (ERF) and agronomic efficiency (EA). The results showed significant differences in yield parameters for the two hybrids evaluated. The treatment that obtained the best yield for the advanta was the one applied with a dose of 105-36-48 kg of N-P-K per hectare, while the emblem obtained it with a dose of 132-46-60 kg of N-P-K per hectare. Likewise, in the agronomic and NPK recovery efficiencies, the best results were obtained with the lowest dose of fertilization (105-36-48 kg of N-P-K per hectare) in the advanta hybrid, while the emblem obtained it with the doses of 132-46-60 kg of N-P-K per hectare. When the highest doses of nutrients were applied, both hybrids did not have good responses in the variables taken, suggesting that the doses of treatments 3 and 4 caused an imbalance of nutrients in the soil, negatively affecting the plants.

Key words: Fertilization, agronomic efficiency, fertilizer recovery efficiency.

1 Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen, pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), es de gran importancia como producto de alimentación directa y como materia prima industrial (Reyes & Ramos, 2018). Los principales países productores de maíz son Estados Unidos 347,05 millones de toneladas, China 260,78, Brasil 101,14, Argentina 56,86, Ucrania 35,88, Indonesia 30,69, India 27,72, México 27,23, Rumanía 17,14, Rusia 14,28, siendo la producción a nivel mundial de maíz de 918.77 millones de toneladas (FAO, 2019), y en el Ecuador con una producción de 1,3 millones de toneladas, siendo la provincia de los Ríos el mayor productor con el 49,3 % de la producción nacional, seguido por la provincia de Manabí con el 21,5 % (INEC, 2020).

El Litoral ecuatoriano es la región con mayor producción de maíz (*Z. mays* L.) del país, debido a su importancia económica y social, este producto de seguridad alimentaria contribuye a la alimentación de la población y es la principal materia prima en la elaboración de alimentos balanceados de consumo animal en Ecuador (Zambrano et al., 2017). Su producción se localiza principalmente en las provincias de Los Ríos (42,2%), superficie cosechada, Manabí (26,6%), Guayas (16,3%) y el resto del país (14,9%) de superficie cosechada (INEC, 2020).

Considerando estos datos, el maíz, es uno de los cultivos de ciclo corto de mayor importancia en el Ecuador, sin embargo, uno de los problemas que presenta es la baja productividad, siendo ampliamente superado por otros países productores (Caicedo & Vasconez, 2017). Dentro de este aspecto, posiblemente la causa de mayor impacto es el uso excesivo de fertilización química y, que a su vez causa pérdidas que favorecen a la carga de nutrientes en arroyos, ríos, contribuyendo a la degradación del suelo por el desbalance que se produce (Carrillo, et al, 2015).

En este sentido, para la fertilización del maíz es común el uso de la urea como principal fuente de nitrógeno, la cual es altamente soluble y necesita niveles adecuado de humedad del suelo para pasar a sus formas asimilables de amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-). En todo caso, es posible mencionar que el nitrógeno es el elemento que más limita el rendimiento del maíz, debido a que el cultivo requiere grandes cantidades de éste y en su mayoría no se encuentra en el suelo de forma disponible (Cool, et al, 2018). El P (fósforo) y K (potasio) influyen significativamente en

la nutrición vegetal ya que éstos en su forma disponible interaccionan con la fase sólida del suelo, y al ser considerados elementos de poca movilidad, llegan principalmente a la raíz por difusión (movimiento de una sustancia de una zona de alta concentración a una área de baja concentración), a diferencia de los más móviles (como el nitrógeno) que a su vez manifiestan las deficiencias más temprano en el ciclo del cultivo porque en las primeras etapas el sistema radicular es poco extenso (Colina, et al, 2017). La adición de P incrementa el rendimiento significativamente en suelos fértiles, pero en suelos que tienen una fertilidad media además del P se requiere adicionar cationes base (K y Ca), puesto que estos nutrientes la planta los extrae en mayor cantidad, es por esto, que, el análisis de suelo para P y K es una herramienta útil para el diagnóstico y debería ser utilizada para decidir las dosis de fertilización. (IPNI, 2013).

La eficiencia de recuperación de un nutriente se verá reflejado en la habilidad que tenga la planta para absorber el fertilizante aplicado, así como la asimilación de éste hacia el fruto (Puentes, et al. 2014). El uso eficiente de nutrientes es un factor muy importante en la producción de los cultivos ya que describe la forma en la que las plantas asimilan los nutrientes necesarios para su ciclo, y que pueden ser determinados a corto, mediano o largo plazo mediante el rendimiento, la eficacia de recuperación de aquellas plantas fertilizadas y las no fertilizadas (García & Espinosa, 2009). Con base en estas consideraciones, es necesario buscar los mecanismos que permitan incrementar los rendimientos del cultivo, uno de ellos podría ser la aplicación correcta de nutrientes partiendo de los requerimientos de la planta, mejorando de esa la eficiencia de uso, mitigando el impacto al suelo y al ambiente (Bautista, et al. 2015).

2 Objetivos

2.1 General

Evaluar el uso eficiente de nutrientes en dos híbridos (Emblema 777 y Advanta 9735) de maíz (*Zea mays* L.).

2.2 Específicos

- Diagnosticar el efecto de cuatro dosis de NPK sobre el crecimiento y el rendimiento de dos híbridos (Emblema 777 y Advanta 9735) de maíz.
- Determinar la eficiencia agronómica y de recuperación de nitrógeno, fósforo y potasio en dos híbridos (Emblema 777 y Advanta 9735) de maíz.
- Analizar el efecto de la concentración de nutrientes en granos sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

3 Marco Teórico

3.1 Generalidades del cultivo.

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es originario de México posteriormente se esparció por otros sitios del continente americano (Acosta, 2009). El maíz ha sido considerado como uno de los productos de gran importancia económica a nivel mundial, ya sea para la alimentación y materia prima para la industria (Valenzuela et al. 2019). Pertenece a la familia botánica de las gramíneas, tribu maideas. Poseen un sistema radicular desarrollado inicialmente a partir de la radícula de la semilla, aunque el crecimiento de las mismas disminuye después de la emergencia, su tallo es robusto formado por nudos y entrenudos distantes entre sí, es circular hasta la inflorescencia masculina que corona la planta, tiene entre 15 a 30 hojas, las cuales son alargadas, con un borde un poco áspero y ondulado, y desde el punto de donde nace el pedúnculo que sostiene a la mazorca, el grano es un fruto independiente llamado cariopside y consta de tres partes: pericarpio, embrión y endosperma (CENTA, 2018).

Dentro del cultivo de maíz se puede encontrar una gran variedad en cuanto al color del grano, su textura, composición y apariencia y entre los que destacan se encuentran el duro, dentado, harinoso, dulce y reventón. Y económicamente hablando los que destacan sea como grano o forraje son los tres primeros antes mencionados, ya que son parte de la dieta de animales que posteriormente producen carne y cabe mencionar que a nivel mundial diariamente el ser humano consume algo derivado de esta especie (INTA, 2017).

3.2 Requerimientos edafoclimáticos

Para que el maíz se desarrolle y se obtenga buenos rendimientos en la producción, las condiciones climáticas óptimas son pluviosidad: 650 a 1300 mm/año, temperatura: 18 °C a 30 °C, humedad relativa: 65 a 85%, altitud: 0 –2.500 msnm y viento moderado, además el maíz requiere suelos francos, franco-arcilloso, franco-limoso, sin embargo a pesar de estas exigencias de cultivo éste logra adaptarse con facilidad a las condiciones desfavorable y llegar a tener un excelente rendimiento (Cuesta, 2018).

3.3 Nutrición del Cultivo

La fertilización en el maíz es una de las prácticas indispensable para lograr altos rendimientos (Echeverría y García 2005) y para que las plantas expresen su máximo potencial de crecimiento es necesario que estos estén a su disposición. Los nutrientes minerales tienen funciones esenciales y específicas en el metabolismo de las plantas y pueden funcionar como constituyentes de estructuras orgánicas, activadores de reacciones enzimáticas, carga portadores y osmorreguladores (Álvarez et al. 2010).

3.4 Requerimiento nutricional del cultivo

Según un estudio realizado en México sobre Eficiencia agronómica de fertilización al suelo de macro nutrientes en híbridos de maíz se evidenció que las dosis óptimas para obtener altos rendimientos en el cultivo corresponden a una aplicación en Kg/ha de 240 N, 90 P₂O₅, 80 K₂O, 380 CaO, 50 MgO y 60 S (Zamudio et al. 2015).

3.4.1 El Nitrógeno (N)

Es uno de los elementos indispensables para el normal crecimiento del maíz (Portugal y Torres 2018), cuando es absorbido por la planta se acumula en las hojas como nitrato, el cual es el encargado de automatizar la síntesis del complejo hormonal del crecimiento; además es el componente principal de la mayoría de los aminoácidos que integran las proteínas, interviene en la formación de la clorofila y las vitaminas (Alcantara 2016). A través de la fertilización el aporte de nitrógeno al suelo debe de ser suficiente para no limitar la producción, sin ser excesivo para no aumentar las posibilidades de contaminación con exceso de nitratos (Cantera, 2018).

Este macro elemento favorece la expansión foliar y en general aporta al crecimiento de la planta, sin embargo, su deficiencia reduce el área foliar de la planta y por ende reduce su rendimiento, este déficit se pronuncia por un amarillamiento generalizado en toda la planta por la destrucción existente en los cloroplastos. La deficiencia de nitrógeno afecta severamente la fenología del cultivo ya que retarda su etapa vegetativa y la reproductiva (INTA, 2017).

El nitrógeno es asimilado por las plantas en forma catiónica de amonio NH₄⁺ o aniónica de nitrato NO₃⁻. Y a pesar de su amplia distribución en la naturaleza se encuentra en forma inorgánica por lo que no se pueden asimilar directamente. Por otra parte, cabe recalcar que

existen formas gaseosas del N, pero son muy pequeñas y difíciles de detectar como óxido nitroso (N₂O), óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO₂), amoníaco (NH₃) y nitrógeno molecular presente en la atmósfera del suelo (N₂) (FAO, 2022).

3.4.2 El Fósforo (P)

Es otro de los elementos que juega un papel importante en la transferencia de energía, esencial para la fotosíntesis, procesos químico-fisiológicos, diferenciación de las células y el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. Este elemento, que es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad (Arboleda, 2016), si es suministrado de una manera adecuada incrementa el índice de área foliar, y la mayor intercepción de radiación que se transforma en biomasa e incrementa el rendimiento de grano. También aumenta la tolerancia a situaciones de estrés y menor incidencia y severidad de enfermedades (Ferraris y Couretot 2013).

El fósforo es, luego del N, el nutriente más relevante en la nutrición del cultivo. El diagnóstico de la fertilidad fosfatada se basa en el análisis de muestras de suelo del horizonte superficial utilizando un extractante pre-siembra que determina el nivel de P Bray-1 a 0-20 cm. adaptado a los suelos del área en evaluación. La deficiencia del P disminuye el crecimiento de los cultivos y la expansión foliar, así como también retrasa la formación de los órganos reproductivos y además la formación de granos será restringida (Ferraris & Rotondaro, 2016).

3.4.3 El Potasio (K)

Representa el 4% del extracto seco de la planta, y tiene muchas funciones como la síntesis de carbohidratos y de proteínas, la mejora del régimen hídrico de la planta y además aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad, aumenta la resistencia a las enfermedades, incrementa los rendimientos, interviene en la elongación celular y no forma compuestos orgánicos. Sin embargo, las altas dosis de potasio producen efectos negativos en la germinación de las semillas, el crecimiento de las plantas, y pueden causar antagonismo sobre la absorción de magnesio, aumentar las pérdidas por lixiviación y restringir la actividad enzimática asociada con la absorción de nitrógeno por la planta (Meneses, et al, 2017).

3.4.4 El calcio (Ca)

El calcio es un nutriente que permite que las plantas puedan utilizar el nitrógeno amoniacal, el cual facilita al crecimiento reproductivo, además éste permite una mejor regulación del estrés sea cual sea su causa. Es un elemento necesario para algunas enzimas, aunque entre las funciones de mayor importancia se encuentran el fortalecimiento de las paredes celulares, así como la regulación de la permeabilidad de la membrana y de igual manera da mayor fortaleza a las plantas ante el ataque de plagas y enfermedades. Cabe mencionar que este elemento tiene limitada su movilidad dentro de las plantas, éste ingresa por las raíces desde la solución del suelo dirigiéndose a las partes aéreas de las plantas por medio de xilema, su deficiencia puede causar rotura de membranas, falta de desarrollo de yemas terminales y apicales (Bataller, 2014).

3.4.5 El Magnesio (Mg)

Es un nutriente esencial, ya que influye dentro de la síntesis, transporte y almacenamiento de compuestos, como los carbohidratos, proteínas y grasas, comprende el 2% de la corteza terrestre. Las plantas lo absorben desde la solución del suelo como ión. Es un elemento que forma parte estructural de la clorofila ya que es imprescindible el proceso fotosintético, así como para la fijación del CO₂ como coenzima porque tiene efecto activador de enzimas y además contiene propiedades hidratantes que influyen en la eficacia del balance hídrico. El magnesio interviene en el llenado de grano en el maíz, si se presentara la ausencia de éste, existiría un atrofiamiento de los granos, debido a que no hay transportación eficiente de carbohidratos hacia la mazorca, su deficiencia causa clorosis internerval en hojas jóvenes (Mikkelsen, 2010).

3.4.6 El azufre (S)

Es un elemento esencial para la formación de las proteínas, interviene en la formación de componentes de aceites (glúcidos y glucosinolatos) en la síntesis de vitaminas, además cumple un rol importante en la fijación de nitrógeno en leguminosas. El azufre que absorben las plantas proviene en 90 % de la mineralización de la materia orgánica, por ende, si no hay presencia de la misma en el suelo, no se tendrá una buena dotación de este elemento y la tasa de liberación será baja. Mencionado esto es importante realizar aplicaciones de fertilizantes azufrados (INTA, 2017).

3.5 Estudios relacionados a la nutrición y fertilización del maíz.

En una investigación realizada en México sobre el diagnóstico en el manejo de la nutrición mineral y de residuos del sistema de cultivo de maíz para identificar oportunidades de su uso eficiente, se demostró que en el contenido de N, P y K en la biomasa vegetativa y en los granos, resalta un incremento de N en la biomasa producida ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$) contrarios al P y K, debido a la reducida aplicación de éstos. Por lo que actualmente el P y K no son factores limitantes, contrario al N, ya que el suelo solo aporta el 11 % del nitrógeno total disponible (Flores, et al, 2019).

En Ecuador se estudió la eficiencia de la fertilización nitrogenada y la variación en la absorción de macronutrientes por efecto de 4 dosis de nitrógeno en un híbrido de maíz. Se evaluó el rendimiento de grano para determinar el peso húmedo de grano cosechado (PHG) en 4 hileras de 4 metros de longitud ($12,8 \text{ m}^2$), se midió el porcentaje de humedad del grano a la cosecha (HG), y se demostró que con dosis de 132 kg ha^{-1} de N se obtuvo mayor eficiencia de recuperación de N ($0,5 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$) e incrementó la absorción de CaO y MgO ($20,4$ y $18,4 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente). Con la aplicación de $198 \text{ kg de N ha}^{-1}$, mejoró la extracción de P_2O_5 ($39,1 \text{ kg ha}^{-1}$), K_2O ($35,8 \text{ kg ha}^{-1}$) y S ($3,0 \text{ kg ha}^{-1}$) (Remache, et al, 2017).

En otra investigación realizada en nuestro país se evaluó la incidencia de la omisión de nutrientes, sobre la absorción de nutrientes, rendimiento y calidad de semilla, en la formación de un híbrido de maíz, empleando siete tratamientos de omisión de N, P, K, Mg, S, Zn y B, uno de fertilización completa, uno bajo recomendación técnica y un testigo absoluto. Y como resultado se encontró que el mayor rendimiento fue de 2134 kg ha^{-1} de semilla obtenido con la omisión de S, las omisiones no afectaron el vigor de la semilla y la EA fue $6,31 \text{ kg kg}^{-1}$ de N; $19,05 \text{ kg kg}^{-1}$ de P; $12,64 \text{ kg kg}^{-1}$ de K; $9,31 \text{ kg kg}^{-1}$ de S; $15,30 \text{ kg kg}^{-1}$ de Mg; $25,56 \text{ g kg}^{-1}$ de Zn y $144,44 \text{ g kg}^{-1}$ de B (Hasang, et al, 2018).

3.6 Uso eficiente de nutrientes (UEN)

El uso eficiente de nutrientes generalmente describe qué tan bien las plantas o un sistema de producción usan los nutrientes. Entre las expresiones más comunes de la eficiencia de los fertilizantes está la eficiencia de recuperación (ER) ya que los rastrojos dan un gran aporte de algunos elementos al suelo por medio de la descomposición, la cual la planta también absorbe

aquellos nutrientes y estos mismos se tendría que tomar en cuenta para la respectiva fertilización, para luego aplicar los nutrientes faltantes o los requeridos por la planta. Estas 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) (Ciampitti y García, 2008).

3.6.1 Eficiencia de Recuperación del fertilizante (ER)

La eficiencia de recuperación de los nutrientes va a depender de la forma y cantidad que éstos se aplican a la planta y de igual manera va influir la capacidad fisiológica que tenga el cultivo. Un claro ejemplo es el caso del nitrógeno que tiene un estimado de ER correspondiente al 50%, mientras que aquellos que son fosfatados menos de un 10%, en los que son potásicos poseen cerca del 40%, y si hablamos de los micronutrientes, éstos tienen un aproximado de entre el 5 y 10 % de eficiencia de recuperación (Castro et al. 2006).

3.6.2 Factores que afectan el uso eficiente de nutrientes

3.6.2.1 Textura

El tipo de suelo ideal para el cultivo de maíz es de textura intermedia, de franco a franco-arcilloso, ya que para el maíz los suelo deben tener buen drenaje y además de ser aireados, ya que éste es uno de los cultivos menos tolerantes a la baja difusión de aire en el suelo (JICA, 2019).

3.6.2.2 Capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC)

Para el establecimiento de un cultivo es importante conocer el tipo de suelo, ya que un suelo con bajo CIC indica baja habilidad de retener nutrientes, por lo que el nivel de CIC indica la habilidad que tienen los suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes beneficiosos para la planta. Su importancia radica en que con ella se puede conocer el porcentaje de saturación de bases o cantidad relativa de bases en el suelo lo cual determina su fertilidad (FAO, 2022).

3.6.2.3 Materia orgánica

El manejo de la materia orgánica es extremadamente importante porque cumple un rol en casi todos los aspectos de la calidad del suelo. La materia orgánica del suelo está compuesta de

residuos de animales y de plantas, y sustancias de producto de su descomposición, y la mayoría de los suelos agrícolas contiene una proporción bastante pequeña de materia orgánica (generalmente menos del 5%), pero, aunque sea una pequeña cantidad tiene gran influencia sobre las funciones vitales (funciones sin las que el suelo no puede producir) del suelo (IICA, 2016). La materia orgánica mejora la estructura de los suelos y ayuda a mantener el suelo aireado para que crezcan adecuadamente las raíces contribuye mejor a la utilización del agua, alimenta a los microorganismos y a otros organismos vivos del suelo, promueve la fertilidad, de igual manera la actividad biológica que ayuda a combatir las plagas (Cruz, et al. 2020).

3.6.2.4 *Clima*

La agricultura en gran parte depende de las condiciones climáticas, y para obtener un adecuado crecimiento y producción del cultivo de maíz es necesario tener en cuenta el ambiente en el que se desarrolla el cultivo, así como la disponibilidad y captación de la radiación solar, el agua y los nutrientes que son factores básicos para el crecimiento de la planta y su supervivencia (Ahumada, et al. 2014).

3.6.2.5 *Temperatura*

Para la germinación del cultivo la temperatura optima oscila entre los 18 y 20 °C, mientras que para su crecimiento necesita entre 20 y 30 °C, el periodo crítico se sitúa durante y después de la floración (Aguilar, et al. 2015).

3.6.2.6 *pH*

De manera general los suelos óptimos para el cultivo de maíz son los de textura franca, que sean fértiles con buen drenaje, con una alta capacidad de retención del agua, y un pH que oscila entre los 5.5 y 7.8. En el caso que disminuya o aumente el pH podría perjudicar la disponibilidad de ciertos elementos y se produciría una toxicidad o carencia (JICA, 2019).

4 Metodología

4.1 Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en la finca del señor Ángel Cedeño la cual se encuentra ubicada en el sitio Mapasingue de la Parroquia Colón, Cantón Portoviejo, Provincia de Manabí, localizada geográficamente entre las coordenadas 1°10'15.9" de latitud Sur y 80°25'56.2" de longitud Oeste (INHAMI, 2017).

4.2 Material Genético

Dos híbridos de maíz (*Z. mays* L.), Emblema 777 y Advanta 9735, genotipos apropiados por su alto rendimiento para la zona en estudio.

4.3 Tratamientos

En la tabla 1 se muestra las dosis crecientes de NPK, las cuales fueron elaboradas a partir de la recomendación nutricional sugerida por Remache, et al. (2017), cada híbrido de maíz fue un ensayo independiente, y llevo los siguientes tratamientos:

Tabla 1. Descripción de los Tratamientos

Tratamiento	Dosis de nutrientes (kg de NPK ha ⁻¹)
1	105.6 – 36.8 – 48
2	132 – 46 – 60
3	158.4 – 55.2 – 72
4	184.8 – 64.4 – 84
5	Sin aplicación

4.4 Delineamiento experimental para cada Híbrido

Número de tratamientos	5
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	15
Distanciamiento entre unidades experimental	1m
Longitud de la unidad experimental	5m
Ancho de la unidad experimental	3m

Área total de la unidad experimental	15 m ²
Área útil de la unidad experimental	8m ² (4m x 2m)
Área total del ensayo	360 m ² (20m x 18m)
Distancia entre hileras	0,80m
Distancia entre plantas	0,40m
Número de plantas /sitio	2
Densidad poblacional	62 500 plantas ha ⁻¹

4.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cinco tratamientos para cada híbrido de maíz y cada uno constó de tres repeticiones, totalizando 15 unidades experimentales (UE) por Híbrido.

4.6 Manejo del ensayo

4.6.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno se empezó primeramente haciendo la limpieza del respectivo terreno, la cual había residuos de la cosecha del año anterior, después de esto se procedió a la labranza del suelo se lo hizo con uno solo pase de romplow para así dejan en buenas condiciones para el trabajo de siembra (Figura1).

4.6.2 Siembra

Es conveniente tratar las semillas antes de ser sembradas con un insecticida que les proteja al momento de su germinación de cualquier tipo de artrópodos o cortadores de las plántulas. Consecutivamente después del tratamiento de la semilla se realizó a la siembra del maíz de forma manual, a una distancia de 0,40cm entre planta y de 0,80 m entre hileras, luego se procedió a poner cabuyas para así ser más exacto al momento de hacer los orificios y luego proceder a sembrar (Figura 2).

4.6.3 Fertilización

La fertilización se realizó en tres fraccionamientos, a los 10, 25 y 45 días después de la emergencia aplicando la tercera parte de la dosis total en cada una de esas fracciones en los respectivos tratamientos (figura 3)

4.6.4 Control de plagas y enfermedades

La plaga que se presentó durante la etapa vegetativa del cultivo fue el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) la cual fue tratada con el insecticida Luger (figura 4)

4.6.5 Control de malezas

Para controlar la maleza se realizó la primera fumigación con un herbicida denominado Gramoxone, el cual se aplicó (10ml) por cada litro de agua, de igual manera se utilizó amina monte (6.25ml) por cada litro de agua, posterior a la siembra se realizó la fumigación para la maleza (Figura). Posterior a la fumigación a los 12 días hubo la presencia de maleza la cual se la hizo de forma manual y también se le hizo con la intervención del Gramoxone nuevamente (9.38ml) la cual es un herbicida post emergente de contacto, no selectivo especialmente para la aplicación de malezas en gramíneas.

4.6.6 Cosecha

La cosecha es una de las últimas fases del cultivo de maíz, la cuales fueron colectadas y separadas cada tratamiento con sus respectivas repeticiones, para luego ser pesadas y medidas y obtener los respectivos datos de cada una de ellas (Figura 5)

4.7 Variables

4.7.1 Diámetro de tallo (mm) a los 15, 30 y 45 días después de la siembra (Ø dds)

Se obtuvo con la ayuda de un calibrador, a los 5 cm sobre la superficie del suelo.

4.7.2 Altura de planta (cm) a los 15, 30 y 45 días después de la siembra (dds)

Se midió utilizando un flexómetro, desde la base del tallo hasta el ápice de la planta.

4.7.3 Diámetro de mazorca

Se obtuvo mediante la utilización de un calibrador, rodeando el mismo por toda la circunferencia de la mazorca.

4.7.4 Longitud de mazorca

Para obtener la longitud de la mazorca se utilizó un flexómetro, colocándolo desde la base de la mazorca hasta la parte superior (Figura 7).

4.7.5 Rendimiento (kg ha^{-1})

Para la determinación de esta variable se usaron las mazorcas cosechadas en 10 plantas de cada UE. La medición se ejecutó cuando la mazorca de maíz se encuentre en su madurez fisiológica (aproximadamente a los 120 días después de la siembra) con un 14% de humedad. Posteriormente se separaron los granos de la mazorca para tomar el peso de ellos y finalmente transformar estos valores en unidades de kg ha^{-1} . (figura 6)

4.7.6 Concentración de nutrientes en granos

La tabla 2 detalla el método de extracción y determinación para los elementos que se analizarán en el grano.

Tabla 2. Determinación de muestras de granos

Elemento	Método de extracción	Método de determinación
Nitrógeno (N)	Kjeldhal	Destilación alcalina o titulación
Fósforo (P)	Molibdato - Vanadato	Colorimetría
Potasio (K)	Digestión con HCL 6M o nítrica-perclórica	Espectrofotometría de absorción Atómica

4.7.7 Eficiencia de recuperación del fertilizante (ERF)

Esta eficiencia se calculó mediante la fórmula propuesta por Baligar, et al. (2001).

$$ERF (\%) = \frac{EN (f) - EN (t)}{NA} \times 100$$

Dónde:

EN (f)= Extracción de nutrientes (granos) de los tratamientos fertilizados.

EN (t)= Extracción de nutrientes (granos) del tratamiento sin fertilizar.

NA= Cantidad de nutriente aplicado por medio del fertilizante

4.7.8 Eficiencia agronómica (EA)

Se determinó con la fórmula usada por Baligar, et al. (2001).

$$EA = \frac{R(f) - R(t)}{NAF} Kg. Kg - 1$$

Dónde:

R (f)= Rendimiento (grano 14% humedad) del tratamiento fertilizado.

R (t)= Rendimiento (grano 14% humedad) del tratamiento sin fertilizar.

NAF= Cantidad del nutriente aplicado con el fertilizante

4.8 Análisis estadístico de la Información

El análisis de datos se lo efectuó mediante ANOVA, y prueba de comparación de medias LSD con un alfa de 0.05 para los resultados de cada híbrido. Además, se realizó una prueba de T para la comparación de los resultados entre los híbridos, ambos procesos estadísticos fueron realizados con el software informático *InfoStat*.

5 Resultados y discusión

5.1 Parámetros agronómicos en híbridos de maíz

A continuación, se detallan los resultados del análisis de varianza de los parámetros agronómicos en los híbridos Emblema 777 y Advanta 9735.

En la tabla 3 se observan los resultados de las cinco variables para los dos híbridos. En el diámetro de tallo se muestra que en advanta fue altamente significativo en la comparación entre los tratamientos y la del testigo versus el resto, mientras que para el híbrido emblema fue significativo para el tratamiento, y altamente significativo en la comparación del testigo versus el resto de tratamientos que se aplicó fertilización.

Tabla 3. Análisis de varianza de los parámetros agronómicos en los híbridos Advanta y Emblema

F. Variación	Diámetro de tallo (mm)		Longitud de planta (cm)		Diámetro de mazorca (mm)		Longitud de mazorca (cm)		Rendimiento (Kg/ha)	
	F.Calc	p-value	F.Calc	p-value	F.Calc	p-value	F.Calc	p-value	F.Calc	p-value
Advanta										
Repetición	5,12	0,0371	15,05	0,0019	3,13	0,0992	5,79	0,0278	1,67	0,247
Tratamiento	60,19	<0,0001	150,32	<0,0001	7,91	0,007	19,31	0,0004	85,84	<0,0001
Testigo vs resto	125,08	<0,0001	254,05	<0,0001	12,68	0,0074	42,94	0,0002	214,13	<0,0001
C:V (%)	1,38		0,2		1,15		1,66		4,2	
Emblema										
Repetición	5,27	0,0346	8,78	0,0096	8,22	0,0115	5,86	0,0271	0,95	0,4267
Tratamiento	26,98	0,0001	93,32	<0,0001	84,34	<0,0001	26,06	0,0001	110,84	<0,0001
Testigo vs resto	9,08	<0,0001	197,65	<0,0001	243,89	<0,0001	77,64	<0,0001	359,47	<0,0001
C:V (%)	1,47		0,71		0,51		0,82		3,1	

p > 0,05: no significativo; p ≤ 0,05: significativo; p < 0,0001 altamente significativo

En la variable longitud de planta fue altamente significativo en la comparación entre los tratamientos como en la comparación del testigo versus el resto, tanto para Advanta como para Emblema. Para el diámetro de mazorca se evidenció que, en el tratamiento y el testigo versus el resto, en advanta no se encontró significancia, mientras que el emblema es altamente significativo en el tratamiento, así como en el testigo versus el resto. Por ende, el emblema muestra mayor significancia estadística.

Para la longitud de mazorca el Advanta fue significativo para tratamiento y testigo versus el resto, mientras que en el Emblema fue significativo en el tratamiento y altamente significativo en el testigo versus el resto de tratamientos.

Mientras que para la variable rendimiento fue altamente significativo para el tratamiento como para el testigo versus el resto tanto para el Advanta como para Emblema, por lo tanto, no hay diferencia estadística significativa para ambos híbridos

Los resultados encontrados en esta investigación coinciden con los reportados por Rosado et al., (2018), quienes indican que la fertilización edáfica incrementa el desarrollo y rendimiento del maíz. Por otra parte, Karajallo y Acosta (2018) reportó que la utilización del nitrógeno incrementa el rendimiento em maíz en relación a plantas que no se le aplica fertilizantes. Las plantas obtienen un mejor desarrollo debido a que la adición de nutrientes en diversas proporciones aumenta la concentración de estos en el suelo y estos a su vez son utilizados por el cultivo para su desarrollo (Mancero et al., 2019).

En la tabla 4 se detalla la comparación de medias de los híbridos estudiados bajo diferentes dosis de fertilización, los resultados obtenidos detallan que para advanta fue altamente significativo, los resultados más altos fueron obtenidos en la primera dosis en las variables diámetro de tallo, longitud de planta y longitud de mazorca, mientras que no hay diferencia significativa entre la primera y segunda dosis para las variables diámetro de mazorca y rendimiento.

Tabla 4. Comparación de medias de los parámetros agronómicos en los híbridos Advanta y Emblema bajo diferente dosis de fertilización

Dosis	Diámetro de tallo (mm)	Longitud de planta (cm)	Diámetro de mazorca (mm)	Longitud de mazorca (cm)	Rendimiento (Kg/ha)
Advanta					
105-36-48	24,55 ± 0,09 a	248,93 ± 0,9 a	4,83 ± 0,13 a	19,07 ± 0,70 a	11230 ± 518 a
132-46-60	23,56 ± 0,75 b	245,27 ± 1,1 b	4,73 ± 0,01 ab	18,13 ± 0,23 b	11174 ± 641 a
158-55-72	22,79 ± 0,08 c	243,60 ± 0,4 c	4,68 ± 0,02 b	17,93 ± 0,11 b	8804 ± 248 b
184-64-84	21,91 ± 0,27 d	241,80 ± 0,3 d	4,66 ± 0,01 b	17,77 ± 0,05 b	8535 ± 156 b
Emblema					
105-36-48	22,72 ± 0,20 c	235,60 ± 1,4 d	4,71 ± 0,02 d	18,77 ± 0,15 c	9365 ± 116 c
132-46-60	24,19 ± 0,66 a	253,33 ± 4,3 a	4,89 ± 0,03 a	19,40 ± 0,2 a	11591 ± 273 a
158-55-72	23,47 ± 0,07 b	247,07 ± 3,3 b	4,84 ± 0,02 b	18,97 ± 0,05 b	10850 ± 310 b
184-64-84	23,24 ± 0,13 bc	241,40 ± 0,8 c	4,77 ± 0,01 c	19,03 ± 0,05 b	10436 ± 473 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Y en el caso del emblema los mejores resultados se obtuvieron en la segunda dosis para todas las variables, por lo tanto, cuando se aplica nutrientes hasta 132-46-60 kg de NPK por hectárea el rendimiento se incrementa, mientras que dosis más altas causan un desequilibrio entre los nutrientes en el suelo, lo que conlleva a que la planta los absorba en menor medida, en este sentido Meneses et al., (2017) encontró que las dosis más altas de potasio aplicado al suelo no fueron favorables debido a que se redujo el rendimiento del maíz. Y en relación a la fertilización, según Gómez et al., (2016) sugiere que la aplicación de bajas dosis de fosforo es adecuado para obtener rendimientos significativos además de ser económicamente viable.

En la tabla 5 se muestra que con la primera dosis aplicada a ambos híbridos hubo significancia en el diámetro del tallo, longitud de planta y el rendimiento, mientras que en el diámetro de mazorca y longitud de mazorca no hay significancia. En el caso de la segunda dosis hay significancia en longitud de planta, diámetro de mazorca y longitud de mazorca, ya que en el diámetro y rendimiento no hubo significancia alguna. Para la tercera dosis la significancia se evidenció en el diámetro del tallo, diámetro de mazorca, longitud de mazorca y en el caso de longitud de planta no es significativa. Y finalmente en la última dosis fue significativo el diámetro del tallo, diámetro de mazorca y rendimiento, y no significativo para longitud de planta, mientras que la longitud de mazorca fue altamente significativa.

Tabla 5. Prueba de T de los parámetros agronómicos en los híbridos Advanta y Emblema.

Variables	Híbridos	Dosis							
		105-36-48		132-46-60		158-55-72		184-64-84	
		Promedio	p-value	Promedio	p-value	Promedio	p-value	Promedio	p-value
Diámetro de tallo (mm)	Advanta	24,55	0,0001	23,56	0,3412	22,79	0,0005	21,91	0,0017
	Emblema	22,72		24,19		23,47		23,24	
Longitud de planta (cm)	Advanta	248,93	0,0002	245,27	0,0363	243,6	0,217	241,8	0,5012
	Emblema	235,6		253,33		247,07		241,4	
Diámetro de mazorca (mm)	Advanta	4,83	0,1891	4,73	0,0013	4,68	0,0007	4,66	0,0005
	Emblema	4,71		4,89		4,84		4,77	
Longitud de mazorca (cm)	Advanta	19,07	0,5098	18,13	0,002	17,93	0,0002	17,77	<0,0001
	Emblema	18,77		19,4		18,97		19,03	
Rendimiento (Kg/ha)	Advanta	11230	0,0037	11174	0,3588	8804	0,0009	8535	0,0027
	Emblema	9365		11591		10850		10436	

$p > 0,05$: no significativo; $p \leq 0,05$: significativo; $p < 0,0001$ altamente significativo

Aguirre y Alegre (2015), coinciden en que tanto la altura de planta como la producción de biomasa, representada en forma de peso de materia seca, son indicadores utilizados en la

evaluación de la eficiencia agronómica de los tratamientos. Lo cual concuerda con lo realizado en esta investigación, que junto con otras variables son importantes al momento evaluar el comportamiento agronómico de un cultivo en base a su fertilización.

5.2 Eficiencias del uso de nitrógeno, fósforo y potasio en híbridos de maíz

La eficiencia agronómica de N-P-K y la eficiencia de recuperación de N-P-K mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos (Tabla 6).

La mayor eficiencia agronómica de nitrógeno, fósforo y potasio para el híbrido advanta se presentó cuando se aplicó la dosis 1 (105-36-48 kg de NPK/ha). Por cada kilogramo de nitrógeno, fósforo y potasio aplicado se incrementó el rendimiento en 68,96 kg, 197,9 kg y 151,72 kg de grano de maíz. Mientras que para el híbrido Emblema la mayor eficiencia agronómica de nitrógeno, fósforo y potasio se presentó cuando se aplicó la dosis 2 (132-46-60 kg de NPK/ha). Por cada kilogramo de nitrógeno, fósforo y potasio aplicado se incrementó el rendimiento en 53,7 kg, 154,1 kg y 118,14 kg de grano de maíz.

Tabla 6. Comparación de medias de la eficiencia agronómica y de recuperación de N, P y K en los híbridos de maíz Advanta y Emblema bajo diferente dosis de fertilización

Dosis	EAN (kg/kg)	EAP (kg/kg)	EAK (kg/kg)	ERN (%)	ERP (%)	ERK (%)
Advanta						
105-36-48	68,96 ± 4,91 a	197,90 ± 14,09 a	151,72 ± 10,80 a	90,17 ± 4,478 a	80,12 ± 9,41 a	57,44 ± 7,51 a
132-46-60	54,75 ± 4,86 b	157,11 ± 13,94 b	120,45 ± 10,69 b	63,86 ± 13,76 b	64,26 ± 6,27 b	42,95 ± 7,71 b
158-55-72	30,66 ± 1,56 c	87,98 ± 4,49 c	67,45 ± 3,44 c	24,52 ± 6,19 c	30,25 ± 1,99 c	19,24 ± 2,25 c
184-64-84	24,83 ± 0,84 c	71,24 ± 2,42 c	54,62 ± 1,85 c	18,83 ± 3,93 c	21,11 ± 2,25 c	11,94 ± 2,28 c
p-value	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,0001	0,0002
C:V (%)	6,74	6,74	6,74	15,3	10,64	14,44
Emblema						
105-36-48	44,47 ± 2,36 b	127,61 ± 6,78 b	97,83 ± 5,19 b	53,31 ± 8,79 b	33,73 ± 11,79 b	22,03 ± 6,99 b
132-46-60	53,70 ± 3,52 a	154,10 ± 10,11 a	118,14 ± 7,75 a	76,07 ± 7,19 a	55,13 ± 7,91 a	41,43 ± 2,16 a
158-55-72	37,97 ± 1,95 c	108,95 ± 5,61 c	83,53 ± 4,3 c	45,94 ± 11,11 b	39,03 ± 6,24 ab	27,45 ± 4,31 b
184-64-84	30,31 ± 2,56 d	86,97 ± 7,35 d	66,67 ± 5,63 d	26,87 ± 2,41 c	27,35 ± 3,29 b	19,69 ± 2,28 b
p-value	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0018	0,0066	0,0052
C:V (%)	1,78	1,78	1,78	15,92	21,67	14,52

EAN: Eficiencia Agronómica de Nitrógeno; EPN: Eficiencia Agronómica de Fósforo; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Por otra parte, los mejores resultados para la eficiencia de recuperación de nitrógeno, fósforo y potasio para el híbrido advanta fueron encontradas cuando se aplicó la dosis 1 (105-36-48 kg de NPK/ha). De 105 kg de N aplicado, la planta recuperó 95 kg, lo que indica que hubo una pérdida

de 10 kg de nitrógeno. En el caso del fósforo, se aplicó 36 kg, de los cuales la planta recuperó 29 kg, dejando una pérdida de 7 kg de P. Por último, de los 48 kg de potasio aplicado, la planta recuperó 26 kg, perdiéndose 22 kg de K.

Para el híbrido emblema, los valores más altos para eficiencia de recuperación de nitrógeno, fósforo y potasio se presentaron cuando se aplicó la dosis 2 (132-46-60 kg de NPK/ha). De 132 kg de N aplicado, la planta recuperó 100 kg, lo que indica que hubo una pérdida de 32 kg de nitrógeno. En el caso del fósforo, se aplicó 46 kg, de los cuales la planta recuperó 25 kg, dejando una pérdida de 21 kg de P. Por último, de los 60 kg de potasio aplicado, la planta recuperó 25 kg, perdiéndose 35 kg de potasio.

Remache et al., (2017), reporta valores inferiores en la recuperación de N en relación a los encontrados en esta investigación. Se asume que los resultados de recuperación son altos, debido a las buenas características que el suelo en estudio presenta. En relación a lo anterior Zamudio et al., (2015), menciona que con un estado nutricional óptimo del suelo, y un adecuado plan de fertilización se obtiene mayor eficiencia agronómica y por ende se obtendrá mayor rendimiento, sin necesidad de realizar una fertilización intensiva.

Hinton et al., (2015) mencionan que la ineficiencia en el uso de fertilizantes nitrogenados ha conducido a la adopción de diferentes prácticas de manejo que están relacionadas con la dosis adecuada, la fuente apropiada y los tiempos o épocas de aplicación del nutriente dentro del ciclo de crecimiento del cultivo, tendientes al aumento en el rendimiento y reducción en el costo de producción y la contaminación ambiental. En este sentido podemos deducir que concuerda con este trabajo, en que la base de un buen rendimiento y concentración de nutrientes en los granos depende del plan de fertilización y momento adecuado de aplicación.

Además, se puede observar que ambos híbridos tuvieron una respuesta diferente, lo cual evidencia la influencia del genotipo en función de la dosis de nutrientes aplicados, lo cual concuerda con lo sugerido por Romero et al. (2016), quienes indican que el uso de nutrientes difiere entre los genotipos.

Por otra parte, tanto en el híbrido advanta y emblema, las mayores dosis aplicadas no fueron las que tuvieron los mejores resultados, en este sentido Apaez et al. (2013), sugieren que a mayor cantidad de fertilizante se disminuye la eficiencia en la absorción de nutrientes, lo que puede

atribuirse a que una mayor adición de nutrientes cambia las relaciones los minerales que se encuentran en la solución del suelo, pudiendo originarse un antagonismo.

La tabla 7 detalla la prueba de T de la eficiencia agronómica y de recuperación de N, P y K para Advanta y Emblema en cuatro dosis aplicadas a cada híbrido, en la que se muestra que en la primera dosis para ambas variables es significativo en N, P y K el advanta, mientras que en la segunda dosificación no hay diferencia significativa alguna en las variables de ambos híbridos. Por lo tanto, el Advanta presenta mayor eficiencia agronómica y de recuperación.

Tabla 7. Prueba de T de la eficiencia agronómica y de recuperación de N, P y K en los híbridos de maíz Advanta y Emblema

Variables	Híbridos	Dosis							
		105-36-48		132-46-60		158-55-72		184-64-84	
		Promedio	p-value	Promedio	p-value	Promedio	p-value	Promedio	p-value
EAN (kg/ha)	Advanta	68,96	0,0015	54,75	0,7775	30,66	0,0072	24,83	0,0245
	Emblema	44,47		53,7		37,97		30,31	
EAP (kg/ha)	Advanta	197,9	0,0015	157,11	0,7775	87,98	0,0072	71,24	0,0245
	Emblema	127,61		154,1		108,95		86,97	
EAK (kg/ha)	Advanta	151,72	0,0015	120,45	0,7775	67,45	0,0072	54,62	0,0245
	Emblema	97,83		118,14		83,53		66,67	
ERN (%)	Advanta	90,17	0,0029	63,86	0,2449	24,52	0,0434	18,83	0,0391
	Emblema	53,31		76,07		45,94		26,87	
ERP (%)	Advanta	80,12	0,006	64,26	0,1927	30,25	0,081	21,11	0,0535
	Emblema	33,73		55,13		39,03		27,35	
ERK (%)	Advanta	57,44	0,0039	42,95	0,7592	19,24	0,0431	11,94	0,0142
	Emblema	22,03		41,43		27,45		19,69	

p > 0,05: no significativo; p ≤ 0,05: significativo; p < 0,0001 altamente significativo

Sosa y García (2018) observo en la eficiencia del uso de nitrógeno (N), que este elemento favorece la mayor eficiencia de recuperación (ER), caracterizado por la alta solubilidad en presencia de humedad, cuya disponibilidad de N es absorbida rápidamente por la planta en los diferentes estadios de crecimiento. En este sentido Expósito et al., (2014), detalla que un aumento en la eficiencia agronómica en fosforo (P), puede ser atribuido a la disponibilidad del mineral en el suelo, a través del valor de P extractable al momento de la siembra, y como el P está en directa relación con el costo de fertilización, se traduce directamente en mejoras en el retorno económico de este rubro.

5.3 Concentración de nutrientes en granos de maíz

En la tabla 8 se muestra el análisis de varianza de la concentración de nutrientes en granos de maíz, donde el híbrido Advanta tanto en el efecto entre los tratamientos y la comparación del testigo versus el resto de tratamientos tuvo diferencias significativas para los porcentajes de fósforo, calcio y magnesio, mientras que las concentraciones de nitrógeno y potasio no fueron significativas.

En el caso del Emblema en la comparación entre los tratamientos presentó significancia en las concentraciones de nitrógeno, potasio y calcio, mientras que en fósforo y magnesio no se encontró diferencias significativas. En la comparación del testigo versus el resto de tratamientos hubo diferencias significativas en las concentraciones de todos los nutrientes (N, P, K, Ca y Mg).

Tabla 8. Análisis de varianza de la concentración de nutrientes en granos de maíz

F. Variación	Nitrógeno (%)		Fósforo (%)		Potasio (%)		Calcio (%)		Magnesio (%)	
	F.Calc	p-value	F.Calc	p-value	F.Calc	p-value	F.Calc	p-value	F.Calc	p-value
Advanta										
Repetición	0,04	0,9563	0,61	0,5684	0,21	0,8177	0,64	0,5509	0	>0,9999
Tratamiento	3,19	0,0762	7,95	0,0069	1,52	0,2833	11,57	0,0021	4,54	0,033
Testigo vs resto	2,88	0,1283	27,36	0,0008	3,19	0,112	7,71	0,024	7,71	0,024
C:V (%)	5,6		4,2		10,51		0,74		8,37	
Emblema										
Repetición	0,5	0,6227	0,39	0,6891	0,98	0,4152	0,47	0,6406	0,86	0,457
Tratamiento	11,07	0,0024	3,08	0,0822	4,76	0,0292	20,31	0,0003	4,3	0,0579
Testigo vs resto	22,13	0,0015	9,12	0,0165	8,19	0,0211	69,26	<0,0001	11,72	0,009
C:V (%)	6,21		7,64		4,67		2,23		5,59	

p > 0,05: no significativo; p ≤ 0,05: significativo; p < 0,0001 altamente significativo

Según reportes de Puentes et al., (2016), indican que hay influencia de las dosis de nutrientes aplicados a los cultivos sobre la concentración de nutrientes en los órganos de la planta, por lo cual en esta investigación se puede afirmar que las diferencias significativas entre los tratamientos y en la comparación del testigo versus tratamientos, fue el resultado del uso de las diferentes dosis de nutrientes aplicados al cultivo.

La tabla 9 muestra el comportamiento de la concentración de nutrientes en los granos de Maíz. Para el Advanta se puede observar que la dosis 1 (105-36-48 kg de NPK/ha) fue la que obtuvo la mayor concentración de nutrientes, sin embargo, estadísticamente los resultados de la dosis 1 no

difieren de los resultados de la dosis 2 (132-46-60 kg de NPK/ha) y 3 (158-55-72 kg de NPK/ha) para el caso del fósforo y magnesio, mientras que para el calcio la dosis 1 y 2 son iguales.

En el híbrido emblema se puede observar que la dosis 2 fue la que obtuvo la mayor concentración de nutrientes, sin embargo, estadísticamente los resultados de la dosis 2 son similares a los resultados de la dosis 1 y 3 para el caso de la concentración de nitrógeno, mientras que para potasio y calcio la dosis 2 es igual a los resultados de las dosis 3 y 4 (184-64-84 kg de NPK/ha)

Tabla 9. Comparación de medias de la concentración de nutrientes en granos de maíz

Dosis	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Calcio (%)	Magnesio (%)
Advanta					
105-36-48	2,37 ± 0,057	0,72 ± 0,015 a	0,66 ± 0,02	1,15 ± 0,005 a	0,29 ± 0,025 a
132-46-60	2,23 ± 0,115	0,72 ± 0,01a	0,64 ± 0,03	1,15 ± 0,015 a	0,26 ± 0,01 ab
158-55-72	2,10 ± 0,1	0,71 ± 0,015 ab	0,62 ± 0,03	1,12 ± 0,005 b	0,26 ± 0,015 ab
184-64-84	2,10 ± 0,1	0,68 ± 0,015 b	0,58 ± 0,025	1,12 ± 0,005 b	0,23 ± 0,02 b
Emblema					
105-36-48	2,05 ± 0,132 a	0,55 ± 0,06	0,56 ± 0,045 b	1,01 ± 0,03 b	0,17 ± 0,015
132-46-60	2,20 ± 0,099 a	0,61 ± 0,055	0,63 ± 0,025 a	1,07 ± 0,01 a	0,18 ± 0,01
158-55-72	1,98 ± 0,175 ab	0,60 ± 0,035	0,60 ± 0,03 ab	1,06 ± 0,03 ab	0,18 ± 0,01
184-64-84	1,75 ± 0,05 b	0,57 ± 0,004	0,58 ± 0 ab	1,05 ± 0,02 ab	0,18 ± 0

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Según los resultados obtenidos, el advanta presenta mayor concentración de nutrientes en los granos de maíz con relación al híbrido emblema. También se observa que cada híbrido de maíz tiene diferentes requerimientos nutricionales para poder expresar su mayor rendimiento, es así que, aunque el emblema no obtuvo las mayores concentraciones en ciertos nutrientes, su rendimiento fue similar al advanta, coincidiendo con lo sugerido Baligar et al., (2001), quienes indican que cada material tiene diferentes requerimientos nutricionales para obtener sus máximos rendimientos.

Por otra parte, los valores encontrados de las concentraciones de N, P y K en los granos de los híbridos de maíz (Advante y Emblema) en los diferentes tratamientos, fueron superiores a los encontrados por Yato y Orihuela (2015).

En la tabla 10 se muestra, la prueba de T de la concentración de nutrientes en granos de maíz, la cual detalla que, en la primera dosis fue significativo tanto para Advanta como para Emblema la

aplicación de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y magnesio (Mg), mientras que, en la aplicación de la segunda y tercera dosis, solo hay significancia para el fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg), y en el caso de la última dosis fue significativo el nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Por ende, en comparación de ambos híbridos se concluye que el Advanta posee mayor concentración de nutrientes en los granos de maíz.

Tabla 10. Prueba de T de la concentración de nutrientes en granos de maíz

Variables	Híbridos	Dosis							
		105-36-48		132-46-60		158-55-72		184-64-84	
		Promedio	p-value	Promedio	p-value	Promedio	p-value	Promedio	p-value
Nitrógeno (%)	Advanta	2,37	0,0191	2,23	0,7247	2,1	0,3739	2,1	0,0056
	Emblema	2,05		2,2		1,98		1,75	
Fósforo (%)	Advanta	0,72	0,0099	0,72	0,0235	0,71	0,0075	0,68	0,0003
	Emblema	0,55		0,61		0,6		0,57	
Potasio (%)	Advanta	0,66	0,021	0,64	0,5423	0,62	0,4601	0,58	0,7621
	Emblema	0,56		0,63		0,6		0,58	
Calcio (%)	Advanta	1,15	0,0015	1,15	0,002	1,12	0,0351	1,12	0,0055
	Emblema	1,01		1,07		1,06		1,05	
Magnesio (%)	Advanta	0,29	0,002	0,26	0,0006	0,26	0,002	0,23	0,0494
	Emblema	0,17		0,18		0,18		0,18	

$p > 0,05$: no significativo; $p \leq 0,05$: significativo; $p < 0,0001$ altamente significativo

Martínez et al., (2017), evaluaron el contenido de nutrientes en los granos de maíz (*Z. mays* L.) en la que concluyeron que la concentración de fósforo y calcio fue alta, mientras que el contenido de potasio y magnesio fue más bajo, cabe destacar que la concentración de fósforo y calcio en los granos de maíz, es influenciada por las aportaciones de fertilizantes al suelo. Y en este sentido los resultados están relacionados a los obtenidos en este trabajo, aunque con respecto al nitrógeno el porcentaje de concentración fue superior a todos los minerales evaluados.

6 Conclusiones

1. Las diferentes dosis de fertilizante de NPK aplicadas en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.) presentaron un efecto significativo a lo largo de su ciclo en las variables agronómicas, así como también en el rendimiento de grano (kg ha^{-1}) destacándose el Advanta 9735, con la dosis de 105 – 36 – 48 kg de N-P- K por hectárea y el emblema con 132 – 46 – 60 kg de N-P- K por hectárea.
2. Las mejores Eficiencias Agronómicas y de recuperación de nutrientes las presentó la dosis 105 – 36 – 48 kg de N-P- K por hectárea, para el híbrido Advanta 9735, mientras que para el híbrido emblema la obtuvo la dosis 132 – 46 – 60 kg de N-P- K por hectárea, lo que sugiere la diferencia nutricional en los híbridos de maíz.
3. La mayor concentración de nutrientes en los granos la obtuvo el Advanta, ya que presentó las mejores absorciones de los elementos N, P, K, Ca y Mg con las dosis 105 – 36 – 48 kg de N-P- K por hectárea, en relación al Emblema, que mostró sus mejores valores con la segunda dosificación (132 – 46 – 60 kg de N-P- K), evidenciando de ésta forma que cada híbrido posee diferentes requerimientos nutricionales para expresar su mayor rendimiento de granos.

7 Recomendaciones

1. Realizar futuras investigaciones de los híbridos estudiados con dosis similares en otro tipo de suelo y ambiente para de esa manera establecer el comportamiento del cultivo en zonas distintas.
2. Difundir estos resultados a la comunidad científica, para dar a conocer la importancia del uso eficiente de los fertilizantes en el cultivo de maíz (*Z. mays* L.), para evitar abusos que incidan en la contaminación ambiental, garantizando el uso de los recursos de manera eficiente.
3. Probar otros híbridos de maíz que también tengan buen rendimiento, con la finalidad de determinar el requerimiento nutricional adecuado para ellos.

8 Referencias bibliográficas.

1. Acosta R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. Cultivos tropicales, 30(2), 00-00. ISSN 0258-5936
2. Aguilar C., Escalante J., Aguilar I., Apolinar J., Contreras V., Santos A. (2015). Rendimiento y rentabilidad de maíz en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno, en clima cálido. Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 18, núm. 2, 2015, pp. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/939/93941388004.pdf>
3. Aguirre, G., y Alegre, J. (2015). Use of non-conventional sources of nitrogen in corn (*Zea mays* L.) fertilization in cañete (Perú). I: yield and N, P and K uptake. Ecología Aplicada, 14(2), 2015. ISSN 1726-2216
4. Ahumada R., Velásquez A., Flores G., Romero J. (2014). Impactos potenciales del cambio climático en la producción de maíz Investigación y Ciencia, vol. 22, núm. 61
5. Alcantara D. (2016). Manejo de la fertilización de maíz (*Zea mays* L.) en el valle santa catalina.
6. Álvarez D., Gómez D., León S., & Gutiérrez A. (2010). Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. Agrociencia, 44(5), 575-586.
7. Apaez, P., Escalante, J., Ramírez, P., Koch, S., Sosa, E. & Olalde, V. (2013). Eficiencia agronómica de nitrógeno y fósforo en la producción de frijol chino en espaldera de maíz. Terra Latinoamericana, Chapingo 31(4), 285-293.
8. Arboleda M. (2016). Respuesta del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego, a la aplicación de fertilizantes edáficos biológicos, complementarios a la fertilización química.
9. Baligar, V.C., Fageria, N.K. & He, Z.L. (2001). Nutrient use efficiency in plants. Communications in Soil Science and Plant Analysis 32(7), 921-950. Doi: 10.1081/CSS-100104098

10. Bataller V. (2014). El calcio y su asimilación por parte de las plantas. Recuperado de: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/DialnetElCalcioYSuAsimilacionPorParteDeLasPlantas-4813146.pdf>
11. Bautista A., Domínguez, G., & Rodríguez M. (2015). Efecto de bocashi y fertilizantes de liberación lenta en algunas propiedades de suelos con maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(1), 217-222.
12. Caicedo L. & Vasconez G. (2017). Absorción y particionamiento de nutrientes en tres híbridos nacionales de maíz (*Zea mays* L.) en la Zona Central del Litoral Ecuatoriano (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
13. Cantera, G. (2018). Evaluación de la producción de maíz bajo riego gravitacional fertilizado con dos fuentes de nitrógeno: urea y urea de liberación lenta (Doctoral dissertation).
14. Carrillo M.; Cedeño J.; Aldean A.; Dávila S. (2015). Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz, en Santo Domingo de los Colorados y Patricia Pilar. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. (UTE) Universidad Tecnológica Equinoccial.
15. Castro-Luna, I.; Gavi-Reyes, F.; Peña-Cabriales, J.J.; Núñez-Escobar, R.; Etchevers-Barra, J.D. (2006). Eficiencia de recuperación de N y K de tres fertilizantes de lenta liberación.
16. CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). (2018). Cultivo de maíz (*Zea mays* L.)
17. Ciampitti I. & García, F. (2008). Balance y Eficiencia de Uso de los nutrientes en Sistemas Agrícolas. IPNI (International Plant Nutrition Institute).
18. Colina, E., Castro, C., Sánchez, H., & Troya, G. (2017). Evaluación de fertilizantes de liberación controlada con fertilización convencional, sobre el rendimiento de maíz duro (*zea mays*) en la zona de Febres-Cordero, Provincia de los Ríos. *Revista Alfa*, 1(3), 88-97.
19. Cool Loor, G. A., Moncayo, M., & Javier, J. (2018). Efectividad de fuentes nitrogenadas de liberación controlada sobre el rendimiento del maíz amarillo duro en el valle del río carrizal (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL).

20. Cruz, W., Rodríguez, L., Salas, M., Hernández, V., Campos, R., Chávez, M., & Gordillo, A. (2020). Effect of organic matter and cation exchange capacity on the acidity of soils cultured with corn in two regions of Chiapas, Mexico
21. Cuesta K. (2018). Aplicación de tres fertilizantes edáficos en el cultivo de maíz *Zea mays* L (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).
22. Echeverría, H. & García, O. (2005). Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos (No. 631.8). INTA.
23. Expósito, G., Balboa, G., Cerliani, C., y Balboa, R. (2014). Eficiencia agronómica del fosforo en maíz afectada por la fertilización con zinc.
24. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2019). Obtenido de <http://www.fao.org/statistics/es/>
25. FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2022). Portal de Suelos de la FAO. Propiedades químicas.
26. Ferraris & Rotondaro, (2016). Estrategias de manejo de fosforo y zinc en maíz. Caracterización de su comportamiento agronómico.
27. Ferraris, I., & Couretot A. (2013). Fertilizantes fosforados en maíz: comparación de fuentes, dosis y formas de localización. Proyecto Regional Agrícola, Cerban.
28. Flores-Sánchez, D., Navarro-Garza, H., & Pérez-Olvera, M. A. (2019). Nutrient balance in maize cropping systems and challenges for their sustainability. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 11(2), 97–109. doi: 10.5154/r.inagbi.2017.11.017
29. García, J & Espinosa, J. (2009). Herramientas para Mejorar la Eficiencia de Usos de Nutrientes en Maíz. IPNI (International Plant Nutrition Institute)
30. Gómez, N., Palemón, A., Reyes, G., Hernández, C., Cantú, M., Juárez, P., Álvarez, A. (2016). Rendimiento de grano y características fenotípicas de maíz: efecto de ambiente y

- dosis de fertilización. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2016, vol.7, n.8, pp.1801-1813. ISSN 2007-0934.
31. Hasang Morán, E. S., Carrillo Zenteno, M., Durango Cabanilla, W. D., & Morales Intriago, F. L. (2018). Omisión de nutrientes: eficiencias de absorción, rendimiento y calidad de semilla en la formación de un híbrido de maíz. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia E Investigación*. ISSN 2528-8083, 3(11), 33-45.
 32. Hinton, N. J., Cloy, J. M., Bell, M. J., Chadwick, D. R., Topp, C. F., y Rees, R. M. (2015). Managing fertiliser nitrogen to reduce nitrous oxide emissions and emission intensities from a cultivate Cambisol in Scotland. *Geoderma* 4 (1), 55 – 65.
 33. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2016). Manejo de la materia orgánica para la producción disponible.
 34. INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). (2020). Boletín técnico de encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2020. Unidad de Estadísticas Agropecuarias.
 35. INHAMI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). (2017). Información tomada directamente de la Estación meteorológica La Teodomira. Santa Ana – Ecuador.
 36. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (2017). Maíz: por qué fertilizar con azufre.
 37. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (2017). Producción de maíz dulce. Ediciones INTA - Buenos Aires
 38. IPNI. (International Plant Names Index). (2013). Manejo nutricional para alta productividad de cultivos e impacto ambiental reducido.
 39. JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón). (2019). Guía técnica del cultivo de maíz. Guía técnica cultivo de maíz. /Javier Ortigoza Guerreño, Carlos Antonio López Talavera, Jorge Daniel González Villalba. – San Lorenzo, Paraguay: FCA, UNA, 2019.

40. Karajallo, J. C., & Acosta Aguayo, A. I. (2018). Efecto de la aplicación de nitrógeno, e inoculación con bacterias promotoras de crecimiento sobre el cultivo de maíz.
41. Mancero, M. Y. B., Beltran, L. C. C., & Quiroga, L. M. S. (2019) Influencia de la Fertilización en la Calidad del Suelo de Cultivo de Maiz-Caso Loreto.
42. Martínez, M., Ortiz, R., & Raigón, M. (2017). Phosphorus, potassium, zinc, iron, sodium, calcium and magnesium, contents and their variability analysis in Cuban maize accessions. ISSN 1819-4087
43. Meneses, N., Mendoza-Cortez, J. W., & CecílioFilho, A. B. (2017). Fertilización potásica del maíz dulce en suelo con alta disponibilidad de potasio. *Agrociencia (Uruguay)*, 21(2), 54-58.
44. Mikkelsen, R. (2010). International Plant Names Index. Fuentes de magnesio (IPNI).
45. Portugal, J., & Torres, F. (2018). Evaluación de la eficiencia de fertilización nitrogenada con la aplicación de inhibidor de la ureasa (NBPT) sobre el rendimiento en grano de maíz (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales).
46. Puentes-Páramo, Y. J., Menjivar-Flores, J. C., & Aranzazu-Hernández, F. (2016). Concentración de nutrientes en hojas, una herramienta para el diagnóstico nutricional en cacao. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2), 329-336.
47. Puentes-Páramo, Yina; Menjivar-Flores, Juan; Aranzazu-Hernández, Fabio. (2014). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) *Bioagro*, vol. 26, núm. 2, mayo-agosto, 2014, pp. 99-106
48. Remache, M., Carrillo, M., Mora, R., Durango, W., & Morales, F. (2017). Absorción de macronutrientes y eficiencia del N, en híbrido promisorio de maíz. *Patricia Pilar, Ecuador. Agronomía Costarricense*, 41(2), 103-115.
49. Reyes A. & Ramos I. (2018). Comercialización de maíz *Zea mays* L. en el cantón Colonche provincia de Santa Elena (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).

50. Romero, L.M., Murillo, C.F., García, S.M., Guerrero, J.J., Puentes, Y.J. & Menjivar, J.C. (2016). Eficiencia de uso de nutrientes en ají tabasco (*Capsicum frutescens* L.) y habanero (*Capsicum chinense* Jacq. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7(2), 121-127.
51. Rosado, L. B., Guillen, C. R., Ortiz, D. C., Arcos, J. A., & Martínez, H. C. (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.
52. Sosa-Rodrigues, Breno Augusto y García-Vivas, Yuly Samanta. (2018). Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz fertilizado de forma orgánica y mineral. *Agronomía Mesoamericana*, 29 (1), 215-227. ISSN 2215-3608. San Pedro Jan./Apr. 2018
53. Valenzuela, J., Bolaños A., Gualato, P., Chávez, C., & Vizúete, S. (2019). Caracterización morfológica y agronómica de dos genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en la zona media de la parroquia Malchinguí. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(1).
54. Yato, G. A., & Orihuela, J. A. (2015). Uso de fuentes no convencionales de nitrógeno en la fertilización del maíz (*Zea mays* L.), en Cañete (Perú). I: rendimiento y extracción de N, PYK. *Ecología Aplicada*, 14(2), 157-162.
55. Zambrano, E. E. Z., Andrade, J. R. F. L., Cobeña, F. D. A., Linzan, J. P. V., Caicedo, M., Egüez, J., & Mendoza, J. L. Z. (2017). Interacción genotipo ambiente de híbridos de maíz bajo temporal en Manabí y Los Ríos, Ecuador. *Revista ESPAMCIENCIA*, 8(1), 7-14
56. Zamudio B., Tadeo M., Espinosa A., Martínez J., Celis D., Valdivia R., Zaragoza J. (2015). Agronomic efficiency of soil fertilization of macro nutrients in corn hybrids. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263142146011.pdf>
57. Zamudio, B., Tadeo, M., Espinosa, A., Martínez, J., Celis, D., Valdivia, R., & Zaragoza, J. (2015). Eficiencia agronómica de fertilización al suelo de macro nutrimentos en híbridos de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2015, vol.6, n.7, pp.1557-1569. ISSN 2007-0934.

9 ANEXOS



Figura 1: Preparación del terreno



Figura 2: siembra del maíz



Figura 3: embaces para la fertilización



Figura 4: Plagas y enfermedades



Figura 5: Cosecha del cultivo



Figura 6: Peso de las muestras



Figura 7: Toma de datos de las variables.