



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

**CARRERA: AGRÍCOLA**

**INFORME DEL TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGRÍCOLA**

**MODALIDAD:**

**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA: EFICIENCIA DE VARIAS DOSIS Y FUENTES POTÁSICAS EN  
MAÍZ AMARILLO DURO BAJO CONDICIONES DEL VALLE DEL RIO  
CARRIZAL**

**AUTORES:**

**JHONNY ALEXANDER ANDRADE SALTOS**

**GEMA KATHERINE LOOR BALDERRAMA**

**TUTOR:**

**ING. DUICELA GUAMBI LUIS ALBERTO, Mg. Sc.**

**CALCETA, JULIO 2020**

## DERECHOS DE AUTORÍA

JHONNY ALEXANDER ANDRADE SALTOS y GEMA KATHERINE LOOR BALDERRAMA, 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.



-----  
**JHONNY A. ANDRADE SALTOS**



-----  
**GEMA K. LOOR BALDERRAMA**

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR


ING. DUICELA GUAMBI LUIS ALBERTO, Mg. Sc, certifica haber tutelado el proyecto **EFICIENCIA DE VARIAS DOSIS Y FUENTES POTÁSICAS EN MAÍZ AMARILLO DURO BAJO CONDICIONES DEL VALLE DEL RIO CARRIZAL**, que ha sido desarrollada por **JHONNY ALEXANDER ANDRADE SALTOS** y **GEMA KATHERINE LOOR BALDERRAMA**, 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.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'D. Guambi', is written over a horizontal dashed line.

**ING. DUICELA GUAMBI LUIS ALBERTO, Mg. Sc**


## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EFICIENCIA DE VARIAS DOSIS Y FUENTES POTÁSICAS EN MAÍZ AMARILLO DURO BAJO CONDICIONES DEL VALLE DEL RIO CARRIZAL**, que ha sido propuesto, desarrollado por **JHONNY ALEXANDER ANDRADE SALTOS** y **GEMA KATHERINE LOOR BALDERRAMA**, 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. Cristian Sergio  
Valdivieso López, M. Sc

**MIEMBRO**



ING. Sergio Miguel  
Vélez Zambrano, M.Sc

**MIEMBRO**



ING. Galo Alexander Cedeño García, M. Sc  
**PRESIDENTE**

## AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dió la oportunidad de una Educación Superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día. Al Ing. Galo Cedeño, Ing. Luis Duicela Guambi, al Ing. Byron Zevallos y al Téc. Alfredo Pinargote de la Carrera de Ingeniería Agrícola por el apoyo brindado en esta investigación. A los Catedráticos de la Carrera de Ingeniería Agrícola que en el transcurso de nuestro paso estudiantil nos guiaron y brindaron siempre su apoyo incondicional. Al Ing. Galo Cedeño por su aporte desinteresado en la investigación y a la Ing. Sofía Velásquez por el apoyo incondicional que siempre nos brindó. A los Ingenieros Miembros del Tribunal de la Carrera de Ingeniería Agrícola por su colaboración. A nuestros padres por su apoyo moral y económico que nos permitieron el éxito de nuestro trabajo de tesis. Y a todas las personas que nos ayudaron y colaboraron en la realización de este proyecto quedamos eternamente agradecidos.

## LOS AUTORES



---

**JHONNY A. ANDRADE SALTOS**



---

**GEMA K. LOOR BALDERRAMA**

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a nuestro creador Dios por ser mi principal guía y darme fuerzas para seguir adelante. A mi familia por ser parte de esta meta, pero en especial a mi madre que a pesar de que ya no esté conmigo, sé que desde el cielo siempre estuvo conmigo en los momentos más difíciles nunca me dejó solo, me dio las fuerzas para seguir adelante y este logro se lo dedico principalmente a ella. Le doy gracias también a todas las personas que aportaron con granito de arena durante todo este proceso a mi padre, a mis hermanas que me apoyaron también mucho durante mi carrera universitaria, a mis tíos (a), a mi abuelita que siempre estuvo para mí también brindándome sus consejos y ayuda incondicional. También a las personas que tuve a la oportunidad de conocer durante todo este tiempo, que llegaron a formar parte de vida gracias por estar aquí en estos momentos. A mis amigos que logre obtener durante mi vida estudiantil a los profesores por sus enseñanzas y apoyo durante todo este proceso en mi formación como profesional gracias.



---

**JHONNY A. ANDRADE SALTOS**

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por ser mi guía y darme la fortaleza necesaria para salir adelante, enseñándome a encarar las adversidades y por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. A mis padres Vicente Loor y Marcela Balderrama por ser las personas que me han acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida por ser el pilar fundamental para salir adelante y alcanzar mi meta por eso y mucho más les estoy eternamente agradecida. A mis hermanos Mayra, Javier y Jefferson por estar siempre presentes fomentando en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo de vida. A mi abuelita Isabel Alcívar por sus sabios consejos y a mi familia en general por el apoyo que siempre me brindaron. A mis amigos que fueron mi gran apoyo y con los que compartí muy gratos momentos. A mis profesores, gracias por su apoyo, por su tiempo y sobre todo por los conocimientos impartidos en el desarrollo de mi formación profesional.



---

**GEMA K. LOOR BALDERRAMA**

## CONTENIDO GENERAL

<b>DERECHOS DE AUTORÍA.....</b>	<b>ii</b>
<b>CERTIFICACIÓN DE TUTOR .....</b>	<b>iii</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>vi</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>vii</b>
<b>CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPITULO I. ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
1.1.    PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2.    JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3.    OBJETIVOS .....	2
1.3.1.    OBJETIVO GENERAL .....	2
1.3.2.    OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.4.    HIPOTESIS .....	3
<b>CAPITULO II. MARCO TEORICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. ANTECEDENTES DEL CULTIVO DE MAÍZ EN EL MUNDO, LATINOAMÉRICA Y ECUADOR .....	4
2.2. EL MAÍZ EN LATINOAMÉRICA .....	4
2.3. EL MAÍZ EN EL ECUADOR .....	5
2.4. USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EN CEREALES Y MAÍZ .....	5
2.5. EXPERIENCIAS EN LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA DE MAÍZ.....	6
2.6. FUNCIONES FISIOLÓGICAS DEL POTASIO EN LAS PLANTAS .....	7
2.7. FUNCIONES Y ALGUNAS CUALIDADES DEL POTASIO EN LA PLANTA .....	7
2.8. CARACTERIZACIÓN DE FUENTES POTÁSICAS .....	8
2.8.1. KORN KALI .....	8
2.8.2. YARAMILLA HYDRAN .....	8
2.8.3. SULFATO DE POTASIO.....	9
2.8.4. MURIATO DE POTASIO .....	9
<b>CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÒGICO.....</b>	<b>10</b>
3.1. LOCALIZACIÓN.....	10
3.2. MATERIAL VEGETAL.....	10
3.3. FACTORES EN ESTUDIO.....	10



3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	11
3.5. VARIABLES DE RESPUESTA.....	11
3.5.1. VARIABLES MORFOLÓGICAS .....	11
3.5.2. VARIABLES DEL COMPONENTE RENDIMIENTO.....	12
3.5.3. VARIABLES DE USO EFICIENTE DE NUTRIENTES.....	13
3.6. ANÁLISIS DE DATOS .....	13
3.7. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	13
3.8. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	14
3.9. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO .....	14
3.9.1. FERTILIZACIÓN.....	14
3.10. PROTECCIÓN DEL CULTIVO.....	19
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>20</b>
4.1. Altura de la planta. ....	25
4.2. Número de hileras de granos mazorca <sup>-1</sup> .....	25
4.3. Número de grano por hilera <sup>-1</sup> .....	26
4.4. Número de granos mazorca <sup>-1</sup> .....	27
4.5. Peso de granos mazorca <sup>-1</sup> .....	27
4.6. Peso de 1000 granos del maíz .....	28
4.7. Rendimiento de grano del maíz.....	29
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>36</b>
CONCLUSIONES .....	36
RECOMENDACIONES .....	36
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>40</b>

## CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

### Tablas:

<b>Tabla 1.</b> Índices agronómicos para la eficiencia de uso de nutrientes de uso de nutrientes. Adaptado de Dobermann, (2007); Snyder y Bruulsema, (2007).....	6
<b>Tabla 2.</b> Análisis del contenido nutricional del fertilizante Korn-Kali. ....	8
<b>Tabla 3.</b> Análisis del contenido nutricional del fertilizante YaraMilla Hydran. ....	9
<b>Tabla 4.</b> Plan de fertilización en función de los niveles de potasio y la fuente Korn Kali. ....	15
<b>Tabla 5.</b> Plan de fertilización en función de los niveles de potasio y la fuente Yaramilla Hydran. ....	16
<b>Tabla 6.</b> Plan de fertilización en función de los niveles de potasio y la fuente Sulfato de Potasio. ....	17
<b>Tabla 7.</b> Plan de fertilización en función de los niveles de potasio y la fuente Muriato de Potasio.....	18
<b>Tabla 8.</b> Principales estadígrafos y eficacia de los tratamientos de fertilización potásica del maíz amarillo duro en la localidad de El Limón, Manabí, Ecuador, 2019.....	20
<b>Tabla 9.</b> Principales estadígrafos y eficacia de los tratamientos de fertilización potásica del maíz amarillo duro en la localidad de El Morro, Manabí, Ecuador, 2019. ....	21
<b>Tabla 10.</b> Significancia estadística de las variables evaluadas como respuesta del maíz amarillo duro a varias fuentes y dosis de potasio, en la localidad del Morro, Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.....	23
<b>Tabla 11.</b> Significancia estadística de las variables evaluadas como respuesta del maíz amarillo duro a varias fuentes y dosis de potasio, en la localidad El Limón, Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.....	24
<b>Tabla 12.</b> Análisis económico de las aplicaciones de fertilizantes potásicos en maíz amarillo duro en la localidad El Limón, Calceta, Ecuador, 2019.. ....	33
<b>Tabla 13.</b> Análisis económico de las aplicaciones de fertilizantes potásicos en maíz amarillo duro en la localidad El Morro, Calceta, Ecuador, 2019.....	34

### Figuras:

<b>Figura 1.</b> Efecto de la fertilización potásica sobre la altura de planta del maíz amarillo duro en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.....	25
<b>Figura 2.</b> Efecto de la fertilización potásica sobre el número de hileras de granos mazorca <sup>-1</sup> del maíz amarillo duro en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.....	26
<b>Figura 3.</b> Efecto de la fertilización potásica sobre el número de grano por hilera <sup>-1</sup> del maíz amarillo duro en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019..	26
<b>Figura 4.</b> Efecto de la fertilización potásica sobre el número de granos mazorca <sup>-1</sup> del maíz amarillo duro en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019..	27
<b>Figura 5.</b> Efecto de la fertilización potásica sobre el peso de grano mazorca <sup>-1</sup> del maíz amarillo duro en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019. ....	28
<b>Figura 6.</b> Efecto de la fertilización potásica sobre el peso de 1000 granos del maíz amarillo duro en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019. ....	28

<b>Figura 7.</b> Efecto de la fertilización potásica sobre el rendimiento de grano del maíz amarillo duro en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019. ....	29
<b>Figura 8.</b> Eficiencia agronómica de potasio (EAK) en función de dosis de $K_2O$ en la localidad de El Morro, Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019. ....	30
<b>Figura 9.</b> Eficiencia agronómica de potasio (EAK) en función de dosis de $K_2O$ en la localidad de El Limón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019. ....	30
<b>Figura 10.</b> Eficiencia agronómica de potasio (EAK) en función de varias fuentes de $K_2O$ en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019. ....	31

## RESUMEN

La investigación se desarrolló durante la época seca del 2019 en las localidades de El Limón y El Morro del cantón Bolívar. El objetivo de esta investigación fue valorar la eficiencia de varias dosis y fuentes potásicas sobre la productividad en maíz amarillo duro bajo condiciones del valle del río Carrizal. Los tratamientos consistieron en cuatro fuentes de potasio (K); (Korn kali, Yaramilla hydran, Sulfato de K y Muriato de K), tres niveles de K (100, 150 y 200 kg ha<sup>-1</sup>) y un testigo con omisión de K. El diseño utilizado fue bloques completos al azar con arreglo factorial A x B + N, con 13 tratamientos, tres replicas y 39 unidades experimentales. Las principales variables registradas fueron rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>), eficiencia agronómica de K (EAK) y beneficio neto de la fertilización potásica. El rendimiento no fue influenciado ( $p>0.05$ ) por las fuentes y dosis de K probadas en ninguna de las localidades evaluadas. El análisis de contraste ortogonal entre los tratamientos potásicos vs el testigo con omisión de K mostro diferencias estadísticas significativas ( $p<0.05$ ) en ambas localidades evaluadas. En El Morro y El Limón la fertilización potásica incrementó el rendimiento en 18.91 y 33.26, respetivamente, en relación al testigo, independientemente de las fuentes y dosis de K. La mayor EAK fue alcanzada tanto en El Morro y El Limón con la dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K, con 21 y 25 kg de granos kg<sup>-1</sup> de K aplicado. En ambas localidades, el muriato de potasio en dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup> alcanzó el mayor beneficio económico neto con 920 y 891 USD ha<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** Fertilizantes potásicos, dosis óptima, productividad, respuesta biológica.

## ABSTRACT

The research was carried out during the dry season of 2019 in the locations of El Limón and El Morro in the Bolívar canton. The objective of this research was to assess the efficiency of various doses and potassium sources on productivity in hard yellow corn under conditions of the Carrizal River Valley. The treatments consisted of four sources of potassium (K); (Korn kali, Yaramilla hydran, Sulfate of K and Muriate of K), three levels of K (100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup>) and a witness with omission of K. The design used was randomized complete blocks with factorial arrangement A x B + N, with 13 treatments, three replicas and 39 experimental units. The main variables recorded were grain yield (kg ha<sup>-1</sup>), K agronomic efficiency (EAK) and net benefit of potassium fertilization. The yield was not influenced ( $p > 0.05$ ) by the sources and doses of K tested in any of the locations evaluated. The orthogonal contrast analysis between potassium treatments vs. the control with omission of K showed significant statistical differences ( $p < 0.05$ ) in both locations evaluated. In El Morro and El Limón, potassium fertilization increased the yield by 18.91 and 33.26, respectively, in relation to the control, regardless of the sources and doses of K. The highest EAK was achieved in both El Morro and El Limón with the dose of 100 kg ha<sup>-1</sup> of K, with 21 and 25 kg of grains kg<sup>-1</sup> of K applied. In both locations, potassium muriate in doses of 150 kg ha<sup>-1</sup> reached the highest net economic benefit with 920 and USD 891 ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** Potassium fertilizers, optimal dose, productivity, biological response.

## CAPITULO I. ANTECEDENTES

### 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El maíz es uno de los cultivos de mayor importancia comercial y socioeconómica del mundo. Ecuador cuenta con una superficie de siembra anual de maíz duro seco de 310788 ha y un promedio de rendimiento de 5.8 t ha<sup>-1</sup>, el mismo que es relativamente bajo en contraste a otros países de América como EEUU y Argentina que presentan rendimientos promedios de 10.9, y 7.4 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El rendimiento de Ecuador es deprimente si se consideran los rendimientos promedios de Kuwait, Israel y Jordania con 16.7, 22.9 y 40.4 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (MAG, 2016; FAOSTAT, 2016).

Manabí presenta un rendimiento promedio de 5.03 t ha<sup>-1</sup>, lo cual es significativamente bajo en contraste a las estadísticas mundiales. La baja productividad está en función de muchos factores, entre los cuales resalta que la mayor superficie del maíz se siembra bajo condiciones de secano y en zonas de laderas, por lo que la producción depende del régimen de lluvias, más aún cuando las precipitaciones en la provincia se presentan de manera errática e irregulares, causando periodos cortos de sequía dentro de la época lluviosa, lo cual reduce la producción al no contar con la infraestructura adecuada de riego (Jiménez *et al.*, 2012; Thielen *et al.*, 2016; MAG, 2016).

Otro de los factores que limita los rendimientos del maíz, es el inadecuado manejo nutricional, el mismo que solo se ha sido basado en la fertilización NPK. Sin embargo, se ha demostrado que la fertilización balanceada permite incrementar los rendimientos del cultivo, más aún con nitrógeno es el nutriente más limitante en el suelo (Motato *et al.*, 2016). Investigaciones recientes han demostrado que la aplicación adecuada de potasio permite incrementar el rendimiento de grano y mejora la absorción de N y P en maíz. Además de evidenciarse que la eficiencia del potasio difiere según la fuente utilizada (Ahmad *et al.*, 2012; Patil y Basavaraja, 2017). También se ha determinado que el potasio induce tolerancia al cultivo de maíz a condiciones de estrés hídrico, logrando rendimientos adecuados bajo estas condiciones adversas (Amanullah *et al.*, 2016).

Actualmente, el mercado agrícola ofrece nuevas fuentes potásicas, cuya eficiencia no ha sido evaluada en maíz. Además, en Manabí se desconoce las dosis óptimas de potasio para maíz y la influencia que este elemento ejerce sobre la eficiencia de otros nutrientes como N y P. En este sentido, el establecimiento de dosis y fuentes adecuadas de potasio para el cultivo de maíz es imprescindible para incrementar los rendimientos y los beneficios económicos del cultivo. En base a lo antes mencionado, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿El establecimiento de dosis y fuentes adecuadas de potasio puede contribuir a mejorar la eficiencia de la fertilización del maíz amarillo duro en el valle del río Carrizal?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

En Manabí se desconoce la eficiencia de uso fuentes y niveles adecuados de potasio para maíz amarillo duro, además de la influencia del potasio sobre la asimilación de otros nutrientes como N y P. En este sentido, existe un vacío de conocimiento que debe ser estudiado, para mejorar la eficiencia en la nutrición del cultivo. Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación se justifica plenamente.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Valorar la eficiencia de varias dosis y fuentes potásicas sobre la productividad en maíz amarillo duro bajo condiciones del valle del río Carrizal.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el efecto de cuatro fuentes potásicas en maíz amarillo duro bajo condiciones del valle de río carrizal.
- Establecer las dosis biológicas y económicas de potasio en maíz amarillo duro bajo condiciones del valle de río carrizal.
- Determinar la eficiencia de dosis y fuentes potásicas en maíz amarillo duro bajo condiciones del valle de río Carrizal.

#### **1.4. HIPOTESIS**

- La eficiencia de la fertilización potásica en maíz varía con las dosis y fuentes e influye significativamente sobre la asimilación de otros nutrientes.



## **CAPITULO II. MARCO TEORICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL CULTIVO DE MAÍZ EN EL MUNDO, LATINOAMÉRICA Y ECUADOR**

El maíz es una planta de la familia *Poaceae*, originaria de América tropical, se lo considera un bien de producción primaria de gran importancia a nivel mundial por la amplitud en su cadena de valor, la cual abarcan desde la alimentación humana, animal y piscícola hasta su procesamiento en plantas de alto nivel tecnológico. Debido a la creciente demanda, la producción mundial del maíz entre el año 2000 al 2012 registró un crecimiento de 47,19%, pasando de 592 millones de toneladas producidas en el año 2000 a 872 millones de toneladas en el año 2012 (MAGAP. 2013).

A nivel mundial, en el año 2013 representó el 40% del total de producción de granos según datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), por lo cual se lo considera como el principal producto de cultivo en el mundo (Sumba, L. 2013). El maíz es el cereal que más importancia ha tenido en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX y en los inicios del XXI. En algunos países de América Latina y en países africanos, un gran porcentaje del maíz que se produce o importa se destina al consumo humano (Serratos, J. 2009).

### **2.2. EL MAÍZ EN LATINOAMÉRICA**

En la gran mayoría de países latinos identifiquemos al maíz como uno de los alimentos por excelencia de nuestra mesa, se debe a que hemos cultivado maíz por miles de años y hemos desarrollado una fuerte identidad ligada a él. A lo largo de América (especialmente en el centro y en el sur) el cultivo de maíz se ha expandido a tal punto que se han desarrollado variedades propias y autóctonas en cada país en el tiempo y en el espacio (López, E. 2005).

En América Latina y el Caribe, se generan más de 220 millones de toneladas de maíz, siendo exportado y consumido por todo el mundo. Además de representar un importante valor monetario, no solo para Ecuador, sino también para los países vecinos (Farmagro. 2015).

### **2.3. EL MAÍZ EN EL ECUADOR**

El cultivo de maíz en el Ecuador traza el desarrollo de las gramíneas de los cereales del viejo mundo ha sido relativamente sencillo, en contraste con el origen del maíz que ha sido causa de discusión desde hace mucho tiempo. Actualmente la teoría más aceptada es una combinación de los trabajos de George Beadle y Deborah Pearsall. Beadle propone que el maíz actual sería inicialmente el resultado de una mutación de una gramínea silvestre, el Teosintle, que existe aún hoy en México (Bravo, A. 2005).

En el Ecuador hay unas grandes variedades de maíz, adaptadas a distintas altitudes, tipos de suelos y ecosistemas. De acuerdo a una clasificación oficial existen 25 razas de maíz ecuatoriano. El 18% de las colecciones de maíz del Centro Internacional de Mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT) proviene de Ecuador (Ecuaquimica. 2015).

El maíz duro en el Ecuador es una de las pocas especies que se cultivan a nivel nacional (costa, sierra, oriente y galápagos), por lo que es considerado uno de los productos agrícolas más importantes, tanto para consumo humano y animal, como por su uso en la agroindustria (Quiroz, D y Merchán, M. 2016).

La superficie cosechada el año 2013, según datos de la Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), equivale al 14.73% del total nacional y está presente en todas las provincias del país, con un cultivo extensivo en Los Ríos (41%), Guayas (15%), Manabí (21%), Loja (13%) y Santa Elena (1.1%) (Monteros, A. 2014).

### **2.4. USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EN CEREALES Y MAÍZ**

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, J y Espinosa, J. 2009).

El tópico del uso eficiente de nutrientes ha ganado recientemente más atención con el incremento de los costos de fertilizantes y la continua preparación por el impacto ambiental, particularmente por la calidad del agua, asociada con el uso inapropiado de nutrientes. Los conceptos de uso de nutrientes o de fertilizantes generalmente describen que tan bien las plantas o un sistema de producción usan los nutrientes. La

eficiencia puede verse a corto o largo plazo y puede basarse en el rendimiento, recuperación o remoción (Stewart, W. 2007).

**Tabla 1.** Índices agronómicos para la eficiencia de uso de nutrientes de uso de nutrientes. Adaptado de Dobermann, (2007); Snyder y Bruulsema, (2007).

<b>Índices</b>	<b>Cálculos</b>	<b>Rango de referencia para cereales Ej. Para N y P</b>
<b>Eficiencia Agronómica</b>	EA = (kg $\Delta$ rendimiento del cultivo / k g de nutriente aplicado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10-30 kg/kg N (&gt;25 en sistemas bien manejados, a bajo nivel de N utilizado o en suelo)</li> <li>• 30-50 kg/kg P (según disponibilidad en suelo)</li> </ul>
<b>Eficiencia aparente de Recuperación</b>	ER = (kg de nutriente absorbido / k g de nutriente aplicado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.3-0.5 kg/kg N (0.5-0.8 en sistemas bien manejados, a bajo nivel de N utilizado o en suelo)</li> <li>• 0.15-0.30 kg/kg P</li> </ul>
<b>Eficiencia Fisiológica</b>	EF = (kg $\Delta$ rendimiento / kg de nutriente absorbido)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30-90 kg/kg N (55-65 es un rango óptimo para una nutrición balanceada a altos niveles de rendimiento)</li> </ul>
<b>Productividad Parcial de Factor</b>	PPF = (kg de rendimiento del cultivo / kg de nutriente aplicado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40-80 kg/kg N (&gt; 60 en sistemas bien manejados, a bajo nivel de N utilizado o en suelo)</li> <li>• 300-400 kg/kg P en maíz</li> </ul>
<b>Balance Parcial del Nutriente</b>	BPN = (kg nutriente removido / kg nutriente aplicado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 1 en sistemas deficientes en el nutriente (mejora de fertilidad)</li> <li>• &gt; 1 en sistemas bien provistos de nutriente</li> </ul>

Fuente: (García, F. 2010).

## 2.5. EXPERIENCIAS EN LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA DE MAÍZ

Según León, W. 2016, el Instituto Fósforo Y Potasio (1998) indica que el potasio se intercambia con gran facilidad con otros metales, especialmente con los del grupo de los alcalinos y los alcalinotérreos (sodio, calcio y magnesio principalmente), tanto en los tejidos vegetales, como en la zona de absorción radicular. Entre las reacciones y fenómenos vitales de la planta que el potasio interviene como regulados, podemos citar:

- Activación de los fenómenos respiratorios y de la fotosíntesis.

- Neutralización de sustancias ácidas producidas como consecuencia del metabolismo vegetal.
- Mantenimiento del estado de hidratación necesario para el funcionamiento más activo de las microestructuras de los coloides celulares.
- Economía en el gasto de agua por transpiración al activar el cierre de los estomas cuando falta la humedad.
- Activa las enzimas y el transporte de sustancias dentro de la planta. Bartoni (1990) indica que la velocidad de absorción del potasio por la planta es algo superior a la del nitrógeno.

El mismo autor dice, casi todo el potasio que necesita el maíz lo toma en los primeros 80 días. La extracción de potasio es rápida a partir del momento de la germinación. Alrededor de unos 20 días antes de la emergencia de los estilos femeninos la velocidad de absorción se eleva rápidamente, manteniéndose constante durante 20 – 25 días. En este período la absorción diaria puede alcanzar hasta 7.5 kg / ha.

## **2.6. FUNCIONES FISIOLÓGICAS DEL POTASIO EN LAS PLANTAS**

El potasio es un macro elemento esencial, porque manifiesta su deficiencia en las plantas rápidamente debido a las grandes cantidades con que es requerida por ellas (cuatro tres veces más que el P y casi a la par que el N); también se le considera primario por intervenir en las funciones primarias de la planta. Este elemento es absorbido en forma de ion K<sup>+</sup>, aunque en el suelo y los fertilizantes se expresan en K<sub>2</sub>O (tomando el nombre de potasa). Este elemento es de movilidad media en el suelo por ser menor a la del nitrógeno, aunque en la planta se de alta movilidad, por lo tanto, se lava en suelos arenosos con baja capacidad de intercambio catiónico (Larriva, N. 2003).

## **2.7. FUNCIONES Y ALGUNAS CUALIDADES DEL POTASIO EN LA PLANTA**

- K en las plantas es el 1-4 % del peso seco de la planta
- Regulación de la presión osmótica
- Regulación de > 60 sistemas enzimáticos
- Colabora en la fotosíntesis
- Promueve la translocación de fotosintatos
- Regula la apertura de los estomas y el uso del agua
- Promueve la absorción de N y la síntesis de proteínas
- La adecuada nutrición con K mejora la calidad del cultivo
- Reconocido por su efecto de reducir el riesgo de enfermedades y otros estreses
- Valioso en la producción de hortalizas para consumo en fresco adonde el consumidor espera una apariencia atractiva y saludable
- Productos adonde la acumulación de compuestos vinculados a la calidad del producto (% azúcar en caña, % almidón en papa)
- Fotosíntesis (Coloración de hortalizas de hoja, Uniformidad de maduración)
- Tasa de crecimiento

- Síntesis de aminoácidos y proteínas
- Síntesis y translocación de carbohidratos (% azúcares)
- Desarrollo de lignina y celulosa (tallos firmes y resistencia al vuelco, mejor duración en góndolas)
- Resistencia a enfermedades y plagas
- Crecimiento radicular
- Tolerancia a la sequía (regulación osmótica de abertura de estomas) (Hernández, J. 2010).

## 2.8. CARACTERIZACIÓN DE FUENTES POTÁSICAS

### 2.8.1. KORN KALI

Korn-Kali es un fertilizante potásico magnésico con 40 %  $K_2O$  en forma de cloruro de potasio y 6 %  $MgO$  en forma de sulfato de magnesio (Kieserita). Contiene, además, nutrientes importantes como lo son el sodio en forma de cloruro de sodio y el azufre en forma de sulfato (4 %  $Na_2O$  y 12,5 %  $SO_3$ ). Korn-Kali es totalmente soluble en agua y por esto están inmediatamente disponibles para las plantas, Korn-Kali se puede usar en cualquier tipo de suelo debido a que se vuelve disponible para la planta independientemente del pH del suelo. Korn-Kali®, al ser un producto granulado, asegura una alta calidad de dispersión, puede ser usado directamente como un fertilizante simple o en mezclas físicas (K+S KALI. 2017).

**Tabla 2.** Análisis del contenido nutricional del fertilizante Korn-Kali.

Korn-Kali Cloruro potásico con sales de magnesio 40 (+6+4+12)	
40 %	$K_2O$ óxido de potasio soluble en agua
6 %	$MgO$ óxido de magnesio soluble en agua
4 %	$Na_2O$ óxido de sodio soluble en agua
12,5 %	$SO_3$ trióxido de azufre soluble en agua

Fuente: K+S KALI (2017).

### 2.8.2. YARAMILLA HYDRAN

YaraMila Hydran es un fertilizante NPK con micronutrientes, especialmente desarrollados para atender las necesidades nutricionales de varios segmentos agrícolas. Es un fertilizante perlado de alta calidad, solubilidad y de fácil disolución, que puede ser utilizado en fertirriego o aplicados al suelo de forma sólida. Cada perla de YaraMila Hydran contiene el balance perfecto de nutrientes, evitando la segregación y promoviendo una solución siempre equilibrada en sus nutrientes

(Mollinedo, R. 2014).

**Tabla 3.** Análisis del contenido nutricional del fertilizante YaraMilla Hydran.

Análisis elemental	Contenido %	
Total N	19.0	Magnesio (MgO) 3.0
N-Nitrato	9.1	Boro (B) 0.1%
N-Amoniacal	9.6	Zinc (Zn) 0.1%
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	4.0	Granulometría (ISO) 88% 2-4 mm
Potasio (K <sub>2</sub> O)	19.0	Densidad granel (suelto) 1.14 kg/l
Azufre	2.0	Color Gris claro
Magnesio (Mg)	2.0	

Fuente: (Mollinedo, R. 2014).

### 2.8.3. SULFATO DE POTASIO

El Sulfato de Potasio es un fertilizante soluble, muy utilizado en la agricultura y jardinería; se emplea para mejorar el rendimiento y la calidad de las plantas creciendo en suelos sin una adecuada nutrición. El Sulfato de Potasio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) es una excelente fuente para la nutrición de las plantas. La porción potásica del K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> no es diferente a la de otras fuentes de fertilizantes potásicos. Sin embargo, también aporta una fuente valiosa de azufre (S), que es a veces deficiente para el crecimiento vegetal. El azufre es requerido para la síntesis de proteínas y el funcionamiento enzimático (ARIS INDUSTRIAL S.A, 2014).

### 2.8.4. MURIATO DE POTASIO

El muriato o cloruro de potasio, es una de las fuentes de potasio más utilizadas en agricultura. Es el fertilizante potásico con la mayor concentración del elemento también es compatible con la mayoría de los fertilizantes. Es el fertilizante potásico más empleado. Es un compuesto neutro, no altera el pH del suelo. Se aplica a todo tipo de suelo y cultivos. Con excepción en aquellos cultivos en los que el cloruro este contraindicado. Producto para aplicaciones manuales y mecanizadas al suelo es adecuado para usarse en mezclas físicas siempre que la compatibilidad lo permita (PRECISAGRO, 2014).

## CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1. LOCALIZACIÓN

El experimento se desarrolló en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí. Uno en el sitio el Morro y el otro en el sitio El Limón. En las localidades evaluadas hay un promedio de altitud de 21 msnm, temperaturas medias anuales de 25.7 °C, Heliofanía de 1045 horas anuales y un promedio de 839 mm anuales de precipitación. El análisis químico de suelo previo al desarrollo de los ensayos presentó las siguientes características.

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

Interpretación de análisis de suelo									
Elemento	Unidad	Valor	El Limón			Valor	El Morro		
			Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
NH <sub>4</sub>	ppm	15	<b>B</b>			12	<b>B</b>		
P		91			<b>A</b>	7			<b>A</b>
K	meq/100 mL	1,81			<b>A</b>	0,65			<b>A</b>
Ca		17			<b>A</b>	10			<b>A</b>
Mg		5,8			<b>A</b>	1,2			<b>A</b>
S		5	<b>B</b>			5	<b>B</b>		
Zn	ppm	2,3		<b>M</b>		5,6		<b>M</b>	
Cu		7,3			<b>A</b>	5,7			<b>A</b>
Fe		51			<b>A</b>	120			<b>A</b>
Mn		1,9	<b>B</b>			3	<b>B</b>		
B		0,74		<b>M</b>		0,56		<b>M</b>	
MO	%	2,1	<b>B</b>			2,6	<b>B</b>		
pH	-----	6,4	Ligeramente ácido			6,3	Ligeramente ácido		

### 3.2. MATERIAL VEGETAL

El material vegetal utilizado fue un híbrido comercial con potencia de rendimiento mínimo de 10 t ha<sup>-1</sup> para el trópico ecuatoriano.

### 3.3. FACTORES EN ESTUDIO

#### Factor A

- Korn Kali (**40% K<sub>2</sub>O**, 6% MgO, 5% S, 0.25% B)
- Yaramilla Hydran (19%N, 4%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, **19%K<sub>2</sub>O**, 3%MgO,0.1% B, 0.1%Zn)
- Sulfato de Potasio (**50% K<sub>2</sub>O**; 18% S)
- Muriato de Potasio (**60% K<sub>2</sub>O**)

## Factor B

- 100 kg ha<sup>-1</sup>
- 150 kg ha<sup>-1</sup>
- 200 kg ha<sup>-1</sup>

**Testigo 1** (parcela de omisión de potasio)

### 3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

- El ensayo se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial A x B + 1, con 13 tratamientos y tres repeticiones con un total 39 unidades experimentales.
- Se realizaron comparaciones ortogonales, correlaciones, regresiones, intervalo de confianza y comparación de medias.

**A continuación, se muestra el esquema del análisis de varianza (ADEVA).**

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	12
Fuentes de K	3
Niveles de K	2
Fuentes x Niveles	6
No vs N <sub>100</sub> ; N <sub>150</sub> , N <sub>200</sub>	1
Bloques	2
Error	24
Total	38

### 3.5. VARIABLES DE RESPUESTA

#### 3.5.1. VARIABLES MORFOLÓGICAS

- **Altura de planta (m).** - se determinó al momento de la floración, registrando el dato desde el nivel del suelo hasta la última hoja.



### 3.5.2. VARIABLES DEL COMPONENTE RENDIMIENTO

- **Número de hileras de grano/mazorca.** - se determinó al momento de la cosecha, tomando cinco mazorcas al alzar del centro de la parcela útil.
- **Número de granos/hilera.** - se determinó al momento de la cosecha, tomando cinco mazorcas al alzar del centro de la parcela útil.
- **Número de granos/mazorca.** - se determinó al momento de la cosecha, tomando cinco mazorcas al alzar del centro de la parcela útil.
- **Peso de 1000 granos al 14% de humedad (g).** - se realizó al momento de la cosecha, para lo cual se tomarán 1000 granos al azar y se registrará el peso con la ayuda de una balanza de precisión.
- **Peso de granos por parcela al 14% de humedad (kg).** - se realizó al momento de la cosecha, para lo cual se tomarán cinco mazorcas al azar del centro de la parcela útil y se registrará el peso de granos con la ayuda de una balanza de precisión.
- **Rendimiento al 14% de humedad (kg ha<sup>-1</sup>).** - el rendimiento de grano se determinó por el peso de los granos provenientes de la parcela útil, ajustada 14% de humedad y transformados a kg ha<sup>-1</sup>. Para uniformizar el peso se empleó la siguiente formula:

$$PU(14\%) = \frac{Pa (100 - Ha)}{100 - Hd}$$

Dónde:

**PU** = Peso uniformizado (kg)

**Pa** = Peso actual (kg)

**Ha** = Humedad actual (%)

**Hd** = Humedad deseada

Para transformar el rendimiento, en kg ha<sup>-1</sup>, se utilizó la formula siguiente:

$$Rend (kg ha^{-1}) = \frac{PU (10000 m^2)}{\text{Área parcela útil (m}^2\text{)}}$$

Dónde:

**PU** = Peso uniformizado (kg)

### 3.5.3. VARIABLES DE USO EFICIENTE DE NUTRIENTES

La eficiencia se calcula de acuerdo a la metodología descrita por Fixen *et al.* (2015).

- **Eficiencia agronómica ( $EA_K$ ) del K aplicado:** responde a la pregunta ¿Cuánto rendimiento adicional se puede producir por cada kg de K aplicado en relación a una parcela de omisión de K?

$EA_K$  = kg de incremento en grano por  $kg^{-1}$  de K aplicado

$$EA_K = [(RG_{+K} - RG_{0K})/FK]$$

Dónde:

$RG_{+K}$  = es el rendimiento en grano con aplicación de K

$RG_{0K}$  = es el rendimiento en grano sin aplicación de K

$FK$  = cantidad de K aplicado

### 3.6. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ADEVA) y la separación de medias con Tukey al 0.05 de probabilidades de error. Además, se realizó un análisis combinado entre localidades. También se realizó un análisis de regresión y contrastes ortogonales.

### 3.7. ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico se realizó a través de la estimación del beneficio neto de la fertilización potásica. Para esto se estimaron los costos que varían por tratamiento (CqV), los que estuvieron en función de la cantidad de potasio ( $kg\ ha^{-1}$ ), número de aplicaciones, costo unitario del fertilizante (US\$  $kg^{-1}$ ) y costo de la mano de obra. En el Testigo, el costo que varía es cero (CqV=0). Con los datos de rendimiento ( $kg\ ha^{-1}$ ) y precio unitario del maíz (US\$  $qq^{-1}$ ) se calcularon 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 la fertilización potásica. Con los datos de costos e ingresos se calculó los beneficios netos (Duicela y Ponce, 2015).

### **3.8. UNIDAD EXPERIMENTAL**

La unidad experimental se conformó por parcelas de 10,08 m<sup>2</sup> (5 surcos de 5 m de largo espaciados a 0,80 m). El registro de datos se realizó en los tres surcos centrales de cada parcela, la distancia entre plantas fue de 0.20 m con una planta por sitio, obteniéndose la densidad de 66.666 plantas ha<sup>-1</sup>. En cada surco útil se estableció 25 plantas de las cuales fueron registradas para la evaluación 21 al descontar dos en cada borde del surco para efectos de error, lo que totaliza 125 plantas por parcela neta.

### **3.9. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO**

#### **3.9.1. FERTILIZACIÓN**

La fertilización de acuerdo a las fuentes potásicas, se detallan en las tablas 4, 5, 6 y 7.

**Tabla 4.** Plan de fertilización en función de los niveles de potasio y la fuente Korn Kali.

Korn Kali													
Fuentes de nutrientes	Cantidad de fertilizantes (kg/ha)	kg/ha						g/ha					
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	S	CaO	B	Zn	Mn	Fe	Cu	Mo
Korn Kali	250			100	15	12,5		625					
MicroEssentials SZ	125	15	50			12,5			1250				
Yesolina	139					25	36						
Urea	402	185											
<b>Total</b>		<b>200</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>50</b>	<b>36</b>	<b>625</b>	<b>1250</b>				
Korn Kali	375			150	23	19		938					
MicroEssentials SZ	125	15	50			13			1250				
Yesolina	100					18	26						
Urea	402	185											
<b>Total</b>		<b>200</b>	<b>50</b>	<b>150</b>	<b>23</b>	<b>50</b>	<b>26</b>	<b>938</b>	<b>1250</b>				
Korn Kali	500			200	30	25		1250					
MicroEssentials SZ	125	15	50			13			1250				
Yesolina	67					12	17						
Urea	402	185											
<b>Total</b>		<b>200</b>	<b>50</b>	<b>200</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>17</b>	<b>1250</b>	<b>1250</b>				

**Tabla 5.** Plan de fertilización en función de los niveles de potasio y la fuente Yaramilla Hidran.

Yaramilla Hidran													
Fuentes de nutrientes	Cantidad de fertilizantes (kg/ha)	kg/ha						g/ha					
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	S	CaO	B	Zn	Mn	Fe	Cu	Mo
Yaramilla Hidran	526	100	21	100	16			526	526				
MicroEssentials SZ	73	9	29			7			73				
Yesolina	239					43	62						
Urea	198	91											
<b>Total</b>		<b>200</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>16</b>	<b>50</b>	<b>62</b>	<b>526</b>	<b>599</b>				
Yaramilla Hidran	789	150	32	150	24			789	789				
MicroEssentials SZ	45	5	18			5			45				
Yesolina	250					45	65						
Urea	98	45											
<b>Total</b>		<b>200</b>	<b>50</b>	<b>150</b>	<b>24</b>	<b>50</b>	<b>65</b>	<b>789</b>	<b>834</b>				
Yaramilla Hidran	1053	200	42	200	32			1053	1053				
Súper Fosfato Triple	17		8										
Yesolina	278					50	72						
<b>Total</b>		<b>200</b>	<b>50</b>	<b>200</b>	<b>32</b>	<b>50</b>	<b>72</b>	<b>1053</b>	<b>1053</b>				

**Tabla 6.** Plan de fertilización en función de los niveles de potasio y la fuente Sulfato de Potasio.

		<b>Sulfato de Potasio</b>											
<b>Fuentes de nutrientes</b>	<b>Cantidad de fertilizantes (kg/ha)</b>	<b>kg/ha</b>						<b>g/ha</b>					
		<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>MgO</b>	<b>S</b>	<b>CaO</b>	<b>B</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Mo</b>
Sulfato de Potasio	200			100		36							
Súper Fosfato Triple	109		50										
Urea	435	200											
Yesolina	78					14	20						
<b>Total</b>		<b>200</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				
Sulfato de Potasio	300			150		54							
Súper Fosfato Triple	109		50										
Urea	435	200											
<b>Total</b>		<b>200</b>	<b>50</b>	<b>150</b>	<b>0</b>	<b>54</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				
Sulfato de Potasio	400			200		72							
Súper Fosfato Triple	109		50										
Urea	435	200											
<b>Total</b>		<b>200</b>	<b>50</b>	<b>200</b>	<b>0</b>	<b>72</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				

**Tabla 7.** Plan de fertilización en función de los niveles de potasio y la fuente Muriato de Potasio.

<b>Muriato de Potasio</b>												
<b>Fuentes de nutrientes</b>	<b>Cantidad de fertilizantes (kg/ha)</b>	<b>kg/ha</b>						<b>g/ha</b>				
		<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>MgO</b>	<b>S</b>	<b>CaO</b>	<b>B</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>
Muriato de Potasio	167			100								
MicroEssentials SZ	125	15	50			13			1250			
Urea	402	185										
Yesolina	206					37	54					
<b>Total</b>		<b>200</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>54</b>	<b>0</b>	<b>1250</b>			
Muriato de Potasio	250			150								
MicroEssentials SZ	125	15	50			13			1250			
Urea	402	185										
Yesolina	206					37	54					
<b>Total</b>		<b>200</b>	<b>50</b>	<b>150</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>54</b>	<b>0</b>	<b>1250</b>			
Muriato de Potasio	333			200								
MicroEssentials SZ	125	15	50			13			1250			
Urea	402	185										
Yesolina	206					37	54					
<b>Total</b>		<b>200</b>	<b>50</b>	<b>200</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>54</b>	<b>0</b>	<b>1250</b>			

La fertilización nitrogenada se realizó según lo recomendado por García y Espinoza (2009), donde el 20% será aplicado a la emergencia del cultivo (VE), 40% en la etapa  $V_6$  y el restante 40% en la etapa  $V_{10}$ . El fósforo será aplicado el 100% en la etapa de emergencia del cultivo (VE). Las fuentes potásicas serán aplicadas en dos fracciones, la primera en la etapa  $V_6$  y la segunda en la etapa  $V_{10}$ .

### **3.10. PROTECCIÓN DEL CULTIVO**

Las semillas fueron protegidas con la mezcla insecticida a base de Thiametoxan en dosis de  $3 \text{ mL kg}^{-1}$  de semillas + Thiodicar en dosis de  $15 \text{ mL kg}^{-1}$  de semilla, esto con la finalidad de proteger las plántulas durante la emergencia de insectos chupadores y cortadores. El control de malezas se realizó en pre-emergencia con la mezcla herbicida Terbutrina + Pendimetalin en dosis de  $1,5 \text{ L ha}^{-1}$  +  $2,5 \text{ L ha}^{-1}$  de cada herbicida. Además, debido a la presencia de malezas al momento de la siembra también se agregará a la mezcla anterior  $1,5 \text{ L ha}^{-1}$  de glifosato. En pos-emergencia debido a la presencia de malezas de hojas anchas y ciperáceas, se aplicará la mezcla herbicida Bentazon + MCPA en dosis de  $1,5 \text{ L ha}^{-1}$  de cada producto. Para malezas de hoja angosta se aplicará localizadamente el herbicida Nicosulfuron en dosis de  $30 \text{ g ha}^{-1}$ . Para gusano cogollero se aplicó el insecticida co-formulado a base de lambda-cihalotrina + thiametoxan en dosis de  $1 \text{ mL L}^{-1}$  de agua.



## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estadígrafos que se indican en la Tabla 8 y 9, muestran que el promedio de rendimiento de grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) con la fertilización potásica independientemente de las fuentes y las dosis probadas, fue superior al tratamiento testigo con omisión de potasio, donde en promedio se produjeron 9873.24 y 10224.50  $\text{kg ha}^{-1}$  de grano para las localidades de El Limón y El Morro, respectivamente, en contraste a sus respectivos testigos que alcanzaron un promedio de rendimiento de 7288.91 y 8413.45  $\text{kg ha}^{-1}$  de grano. En ambas localidades el tratamiento 11 se destacó con una eficacia del 35.80 y 24.51%, en El Limón y El Morro, respectivamente, en relación al testigo (Tablas 8 y 9).

**Tabla 8.** Principales estadígrafos y eficacia de los tratamientos de fertilización potásica del maíz amarillo duro en la localidad de El Limón, Manabí, Ecuador, 2019.

Tratamientos	Fuentes potásicas	Niveles de potasio	Rendimiento $\text{kg ha}^{-1}$			
			Media	Error estándar	Intervalo de confianza ( $\alpha = 0.05$ )	Eficacia (%)
1	Korn Kali	100	9838.16	107.59	4421.34	25.91
2	Korn Kali	150	10560.24	105.90	1455.64	30.98
3	Korn Kali	200	8962.14	511.29	2199.89	18.67
4	Yaramilla H	100	9080.36	788.94	3394.52	19.73
5	Yaramilla H	150	10044.22	217.49	1935.79	27.43
6	Yaramilla H	200	8814.39	656.59	2825.09	17.31
7	Sulfato K	100	10213.01	229.06	1985.55	28.63
8	Sulfato K	150	11235.43	872.25	3753.01	35.13
9	Sulfato K	200	10735.91	671.06	2887.35	32.11
10	Muriato K	100	10075.85	758.19	3262.23	27.66
11	Muriato K	150	11352.99	156.58	1673.70	35.80
12	Muriato K	200	10150.53	996.93	4289.43	28.19
13	Testigo	0	7288.91	329.20	1416.43	0
<b>Medias</b>			<b>9873.24</b>	<b>492.39</b>	<b>2730.77</b>	<b>27.30</b>

**Tabla 9.** Principales estadígrafos y eficacia de los tratamientos de fertilización potásica del maíz amarillo duro en la localidad de El Morro, Manabí, Ecuador, 2019.

Tratamientos	Fuentes potásicas	Niveles de potasio	Rendimiento kg ha <sup>-1</sup>			
			Media	Error estándar	Intervalo de confianza ( $\alpha = 0.05$ )	Eficacia (%)
1	Korn Kali	100	11084.99	445.07	1914.98	24.10
2	Korn Kali	150	10486.15	428.89	1845.36	19.77
3	Korn Kali	200	10163.29	136.50	4889.97	17.22
4	Yaramilla H	100	10351.49	561.84	2417.40	18.72
5	Yaramilla H	150	10393.94	501.22	2156.59	19.05
6	Yaramilla H	200	10765.14	589.11	2534.73	21.85
7	Sulfato K	100	10439.31	486.05	2091.29	19.41
8	Sulfato K	150	10411.38	335.93	1445.38	19.19
9	Sulfato K	200	9886.76	578.73	2490.06	14.90
10	Muriato K	100	10000.96	497.81	2141.91	15.87
11	Muriato K	150	11145.35	225.42	1969.92	24.51
12	Muriato K	200	9376.48	987.20	4247.58	10.27
13	Testigo	0	8413.45	116.66	1501.97	0
<b>Medias</b>			<b>10224.51</b>	<b>453.11</b>	<b>2434.40</b>	<b>18.74</b>

El análisis de varianza aplicado a las variables respuesta en la localidad del El Morro (Tabla 9), no mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) para los factores fuentes de potasio, dosis de potasio y la interacción entre estos factores, lo cual indica que bajo las condiciones donde se desarrolló el experimento el efecto de las dosis de K es independiente de las fuentes de K probadas. Además, los resultados sugieren que bajo estas condiciones cualquier fuente de potasio puede ser utilizada con la dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> para la fertilización del maíz amarillo duro. Por otra parte, el análisis de contrastes ortogonales entre las dosis de K y el tratamiento testigo (Tabla 9) reportó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) para la mayoría variables testeadas, excepto para para el número de hileras mazorca<sup>-1</sup> y peso de 1000 granos que no reportó significancia estadística ( $p > 0.05$ ). Lo anterior indica que la fertilización potásica en maíz es necesaria para incrementar el crecimiento, algunos componentes del rendimiento y el rendimiento del maíz amarillo duro en esta localidad.

El análisis de varianza aplicado a las variables respuesta en la localidad de El Limón (Tabla 8), no mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p>0.05$ ) para los factores fuentes de potasio, dosis de potasio y la respectiva interacción entre estos factores, lo cual indica que, bajo las condiciones de esta localidad, el efecto de las dosis de K es independiente de las fuentes de K probadas. Los resultados sugieren que bajo estas condiciones cualquier fuente de potasio puede ser utilizada con la dosis de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  para la fertilización del maíz amarillo duro. Por otra parte, el análisis de contrastes ortogonales entre las dosis de K y el tratamiento testigo (Tabla 8) reportó diferencias estadísticas significativas ( $p<0.05$ ) para la mayoría variables testeadas, excepto para para el número de hileras de granos mazorca<sup>-1</sup> y granos por hilera, que no reportó significancia estadística ( $p>0.05$ ). Lo anterior indica que la fertilización potásica en maíz es necesaria para incrementar el crecimiento, algunos componentes del rendimiento y el rendimiento del maíz amarillo duro en esta localidad.

Posiblemente, no se encontraron respuestas agronómicas y de rendimiento significativas del maíz entre dosis y fuentes de potasio, debido a que estos suelos presentaron contenidos altos de este elemento, según el reporte de análisis químico, previo al experimento, que fueron superiores a  $0.4 \text{ meq/100 g}$  de suelo, lo cual es considerado alto de acuerdo al laboratorio del INIAP. Lo anteriormente expuesto no significa que en estas zonas la fertilización potásica no sea necesaria para el maíz, dado que en relación al tratamiento control el rendimiento se incrementó significativamente con la adición de potasio (Figura 8) y (Figura 9).

**Tabla 10.** Significancia estadística de las variables evaluadas como respuesta del maíz amarillo duro a varias fuentes y dosis de potasio, en la localidad del Morro, Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.

Fuente de variación	G.L.	Significancia ADEVA (p-valor)						
		Altura de planta (m)	Número de hileras de granos mazorca <sup>-1</sup>	Número de granos hilera <sup>-1</sup>	Número de granos mazorca <sup>-1</sup>	Peso de granos mazorca <sup>-1</sup> (g)	Peso de 1000 granos (g)	Rendimiento de granos (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Fuentes K</b>	3	0.4875 <sup>NS</sup>	0.2613 <sup>NS</sup>	0.8830 <sup>NS</sup>	0.5037 <sup>NS</sup>	0.8563 <sup>NS</sup>	0.6348 <sup>NS</sup>	0.8323 <sup>NS</sup>
Korn Kali vs Yaramilla H	(1)	0.1250 <sup>NS</sup>	0.3214 <sup>NS</sup>	0.0782 <sup>NS</sup>	0.05563 <sup>NS</sup>	0.1235 <sup>NS</sup>	0.07541 <sup>NS</sup>	0.0558 <sup>NS</sup>
Yaramilla H vs Sulfato K	(1)	0.2312 <sup>NS</sup>	0.0584 <sup>NS</sup>	0.0615 <sup>NS</sup>	0.3254 <sup>NS</sup>	0.8456 <sup>NS</sup>	0.0845 <sup>NS</sup>	0.3329 <sup>NS</sup>
Sulfato K vs Muriato K	(1)	0.0659 <sup>NS</sup>	0.0526 <sup>NS</sup>	0.1478 <sup>NS</sup>	0.9632 <sup>NS</sup>	0.2546 <sup>NS</sup>	0.05687 <sup>NS</sup>	0.3621 <sup>NS</sup>
<b>Dosis K</b>	2	0.3405 <sup>NS</sup>	0.1060 <sup>NS</sup>	0.4585 <sup>NS</sup>	0.1261 <sup>NS</sup>	0.3489 <sup>NS</sup>	0.2905 <sup>NS</sup>	0.4361 <sup>NS</sup>
100 vs 150	(1)	0.0632 <sup>NS</sup>	0.07450 <sup>NS</sup>	0.6641 <sup>NS</sup>	0.2216 <sup>NS</sup>	0.0842 <sup>NS</sup>	0.3652 <sup>NS</sup>	0.1340 <sup>NS</sup>
150 vs 200	(1)	0.3415 <sup>NS</sup>	0.2654 <sup>NS</sup>	0.0746 <sup>NS</sup>	0.2362 <sup>NS</sup>	0.1524 <sup>NS</sup>	0.1862 <sup>NS</sup>	0.0632 <sup>NS</sup>
<b>Fuentes x Dosis K</b>	6	0.5498 <sup>NS</sup>	0.8787 <sup>NS</sup>	0.8662 <sup>NS</sup>	0.8120 <sup>NS</sup>	0.6852 <sup>NS</sup>	0.1331 <sup>NS</sup>	0.6532 <sup>NS</sup>
0 N vs 100, 150, 200 N	1	0.0177*	0.1007 <sup>NS</sup>	0.0297*	0.0026*	0.0037*	0.6561 <sup>NS</sup>	0.0048*
<b>Repeticiones</b>	2	0.0004	0.2358 <sup>NS</sup>	0.4494	0.6632	0.7243	0.0383	0.6288
<b>Error</b>	24							
<b>Total</b>	38							

<sup>NS</sup> No significativo al 5% de probabilidades de error

\* Significativo al 5% de probabilidades de error

**Tabla 11.** Significancia estadística de las variables evaluadas como respuesta del maíz amarillo duro a varias fuentes y dosis de potasio, en la localidad El Limón, Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.

Fuente de variación	G.L.	Significancia ADEVA (p-valor)						
		Altura de planta	Número de hileras de granos mazorca <sup>-1</sup>	Número de granos hilera <sup>-1</sup>	Número de granos mazorca <sup>-1</sup>	Peso de granos mazorca <sup>-1</sup> (g)	Peso de 1000 granos (g)	Rendimiento de granos (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Fuentes K</b>	3	0.2778 <sup>NS</sup>	0.1495 <sup>NS</sup>	0.4608 <sup>NS</sup>	0.2658 <sup>NS</sup>	0.0594 <sup>NS</sup>	0.2919 <sup>NS</sup>	0.4729 <sup>NS</sup>
Korn Kali vs Yaramilla H	(1)	0.1240 <sup>NS</sup>	0.1230 <sup>NS</sup>	0.1256 <sup>NS</sup>	0.01345 <sup>NS</sup>	0.0546 <sup>NS</sup>	0.1246 <sup>NS</sup>	0.1358 <sup>NS</sup>
Yaramilla H vs Sulfato K	(1)	0.2212 <sup>NS</sup>	0.0483 <sup>NS</sup>	0.0125 <sup>NS</sup>	0.1254 <sup>NS</sup>	0.5652 <sup>NS</sup>	0.0545 <sup>NS</sup>	0.2629 <sup>NS</sup>
Sulfato K vs Muriato K	(1)	0.0257 <sup>NS</sup>	0.0326 <sup>NS</sup>	0.1278 <sup>NS</sup>	0.4632 <sup>NS</sup>	0.1546 <sup>NS</sup>	0.04887 <sup>NS</sup>	0.3521 <sup>NS</sup>
<b>Dosis K</b>	2	0.4201 <sup>NS</sup>	0.0771 <sup>NS</sup>	0.4504 <sup>NS</sup>	0.0566 <sup>NS</sup>	0.0363 <sup>NS</sup>	0.1631 <sup>NS</sup>	0.1687 <sup>NS</sup>
100 vs 150	(1)	0.0531 <sup>NS</sup>	0.02650 <sup>NS</sup>	0.66341 <sup>NS</sup>	0.2516 <sup>NS</sup>	0.0741 <sup>NS</sup>	0.2652 <sup>NS</sup>	0.1440 <sup>NS</sup>
150 vs 200	(1)	0.4515 <sup>NS</sup>	0.2654 <sup>NS</sup>	0.05276 <sup>NS</sup>	0.2862 <sup>NS</sup>	0.1224 <sup>NS</sup>	0.1662 <sup>NS</sup>	0.0532 <sup>NS</sup>
<b>Fuentes x Dosis K</b>	6	0.5916 <sup>NS</sup>	0.1161 <sup>NS</sup>	0.7486 <sup>NS</sup>	0.2820 <sup>NS</sup>	0.9785 <sup>NS</sup>	0.3170 <sup>NS</sup>	0.4591 <sup>NS</sup>
0 N vs 100, 200, 300 N	1	0.0001 <sup>**</sup>	0.0898 <sup>NS</sup>	0.2231 <sup>NS</sup>	0.0426 <sup>*</sup>	0.0004 <sup>**</sup>	0.0027 <sup>*</sup>	0.0233 <sup>*</sup>
<b>Repeticiones</b>	2	0.0001	0.1143	0.551	0.2394	0.7354	0.0876	0.3924
<b>Error</b>	24							
<b>Total</b>	38							

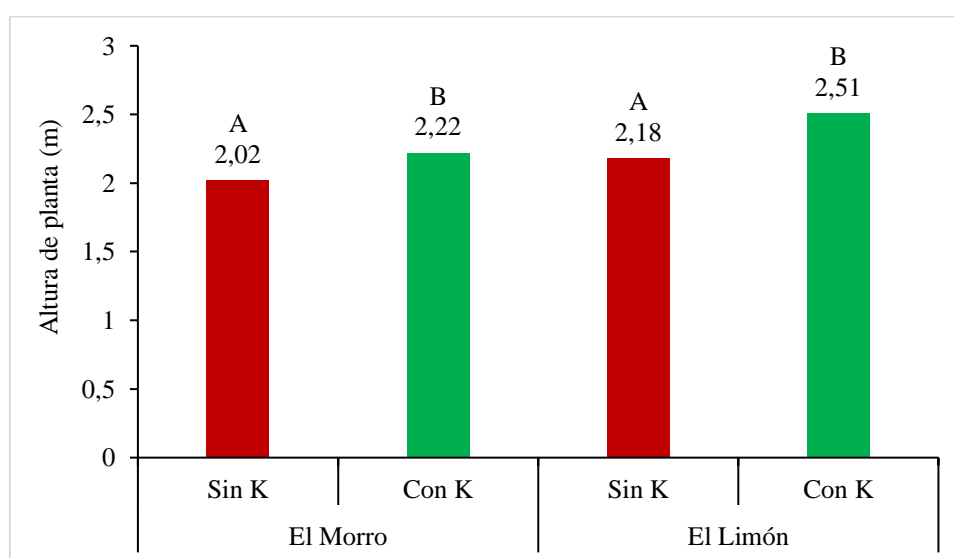
<sup>NS</sup> No significativo al 5% de probabilidades de error

\* Significativo al 5% de probabilidades de error

\*\* Significativo al 1% de probabilidades de error

#### 4.1. Altura de la planta.

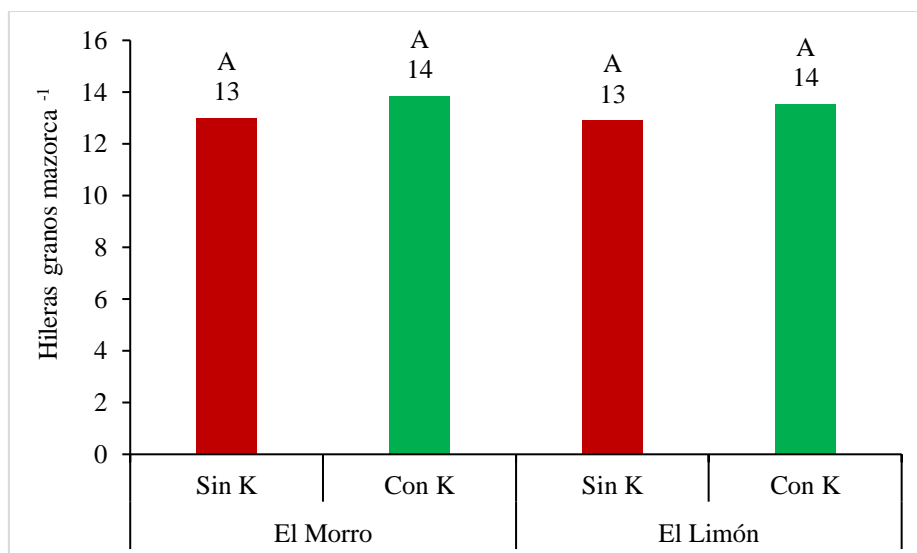
El análisis de comparación ortogonal entre los promedios de altura de planta alcanzados con fertilización potásica versus la altura de planta del tratamiento testigo (sin K), mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) para ambas localidades, donde en la localidad de El Morro la fertilización potásica promovió una altura de 2.22 m, que significó un incremento del 9,01% de crecimiento en altura, en relación al testigo (Figura 1). En el Limón la altura de planta para fertilización potásica fue de 2.51 m, lo cual indica un incremento del 13,15% en comparación al tratamiento control (Figura 1).



**Figura 1.** Efecto de la fertilización potásica sobre la altura de planta del maíz amarillo duro en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.

#### 4.2. Número de hileras de granos mazorca<sup>-1</sup>

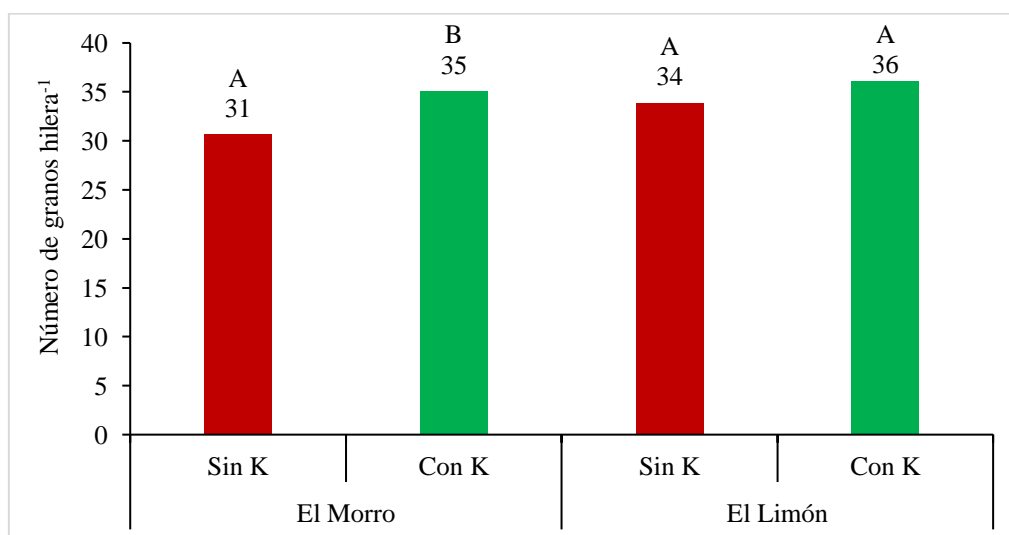
El análisis de comparación ortogonal entre los promedios de número de hileras de granos mazorca<sup>-1</sup> alcanzados con fertilización potásica versus el número de hileras mazorca<sup>-1</sup> del tratamiento testigo (sin K), no mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) para ambas localidades, lo cual sugiere que esta variable no es influenciada por la fertilización potásica y que posiblemente esté determinada por las características genéticas del material de siembra utilizado. En la figura 2, se puede apreciar que para la localidad de El Morro la fertilización potásica incrementó 5.80% el número de hileras de granos mazorca<sup>-1</sup>, mientras que en la localidad de El Limón la fertilización potásica incrementó esta variable en un 4.73%, en relación al tratamiento control sin K (Figura 2).



**Figura 2.** Efecto de la fertilización potásica sobre el número de hileras de granos mazorca<sup>-1</sup> del maíz amarillo duro en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.

### 4.3. Número de grano por hilera<sup>-1</sup>

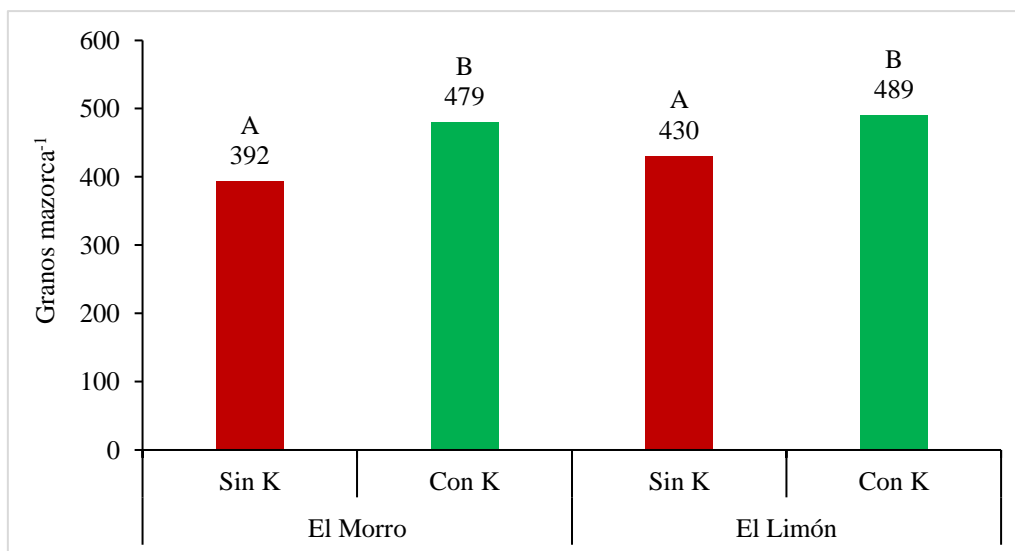
El análisis de comparación ortogonal entre los promedios de rendimiento de granos por hilera<sup>-1</sup> alcanzados con fertilización potásica versus el rendimiento de granos por hilera<sup>-1</sup> del tratamiento testigo (sin K), mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para la localidad El Morro, donde la fertilización potásica promovió un incremento del 12,58% de número de granos por hilera<sup>-1</sup>, en relación al tratamiento testigo (Figura 3), mientras que en la localidad en El Limón la fertilización potásica no influyó significativamente ( $p > 0.05$ ) el número de granos por hilera<sup>-1</sup> (Figura 3).



**Figura 3.** Efecto de la fertilización potásica sobre el número de grano por hilera<sup>-1</sup> del maíz amarillo duro en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.

#### 4.4. Número de granos mazorca<sup>-1</sup>

En ambas localidades, la fertilización potásica influyó significativamente ( $p < 0.05$ ) el número de granos mazorca<sup>-1</sup>, destacándose la localidad de El Morro con un promedio de 479 granos mazorca<sup>-1</sup> (Figura 4), representando incremento del 18,07%, en relación al tratamiento sin suministro de K, de forma similar en El Limón existió un incremento un incremento del 12,17% en relación al testigo, al presentar un promedio de 489 granos mazorca<sup>-1</sup> (Figura 4).

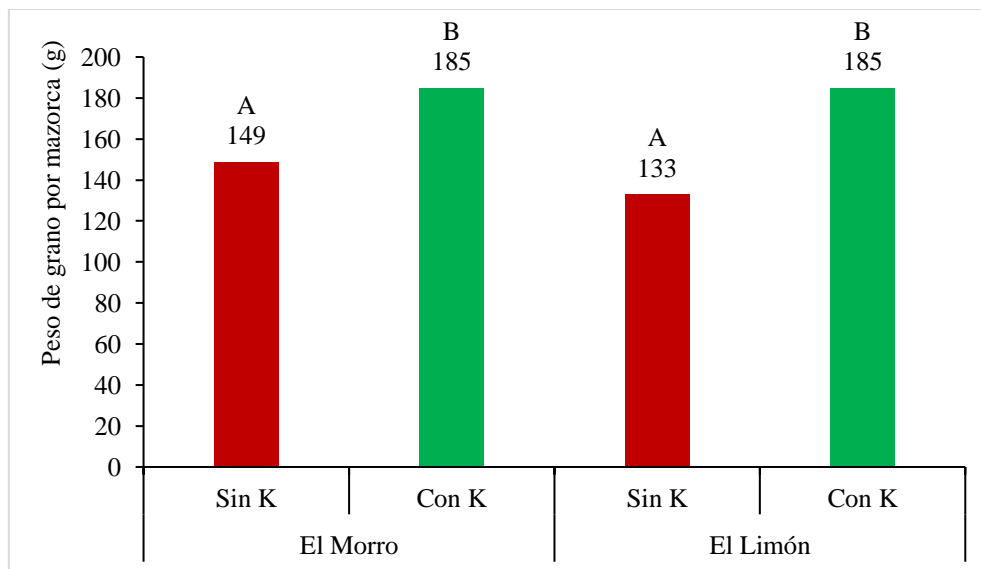


**Figura 4.** Efecto de la fertilización potásica sobre el número de granos mazorca<sup>-1</sup> del maíz amarillo duro en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.

#### 4.5. Peso de granos mazorca<sup>-1</sup>

El análisis de contraste ortogonal entre los promedios de fertilización potásica vs el tratamiento control (sin K), mostró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) para la variable peso de granos mazorca<sup>-1</sup> en ambas localidades evaluadas, donde en la localidad de El Morro la fertilización potásica alcanzó un peso de granos mazorca<sup>-1</sup> de 185 g, lo cual significó un incremento del 19,53%, en relación al tratamiento testigo (Figura 5), mientras que en El Limón la fertilización potásica alcanzó un peso de granos mazorca<sup>-1</sup> de 185 g, lo cual significó un incremento del 28,13% para la fertilización potásica vs el tratamiento control (Figura 5).

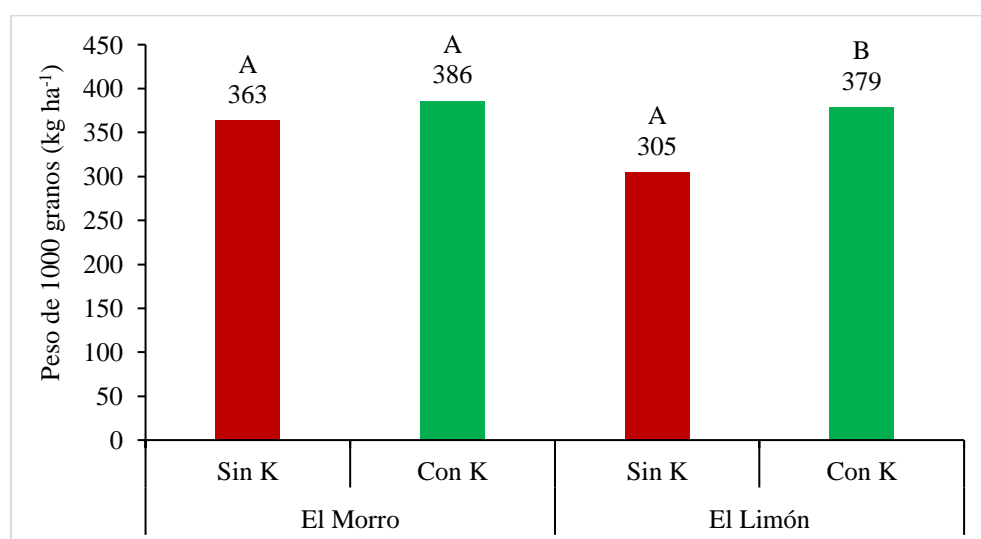




**Figura 5.** Efecto de la fertilización potásica sobre el peso de grano mazorca<sup>-1</sup> del maíz amarillo duro en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.

#### 4.6. Peso de 1000 granos del maíz

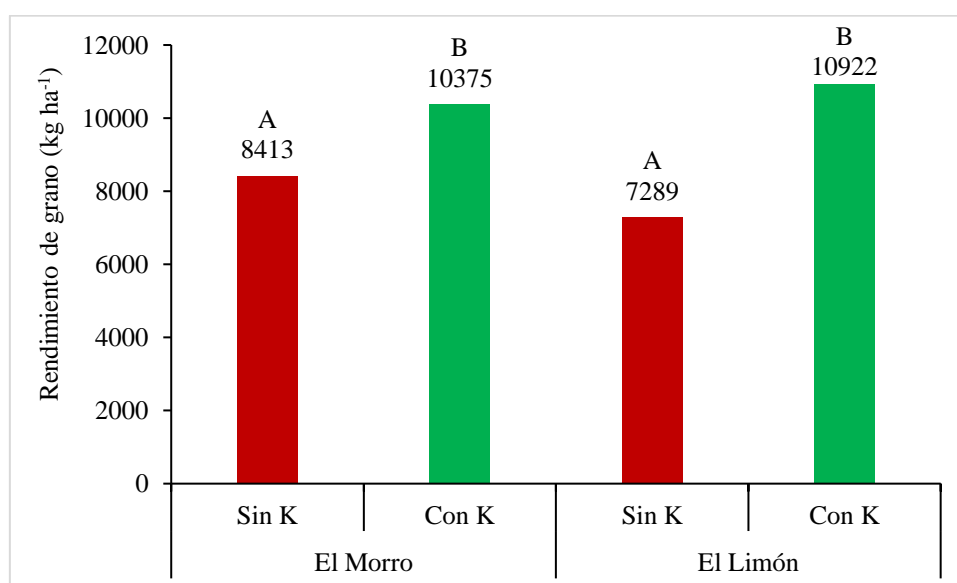
En análisis de comparación ortogonal entre los promedios de peso de 1000 granos alcanzados con fertilización potásica vs el peso de 1000 granos del tratamiento testigo (sin K), no mostró diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) para la localidad de El Morro (Figura 6), mientras que en la localidad de El Limón la fertilización potásica influyó significativamente ( $p < 0.05$ ) el peso de 1000 granos, donde el peso de 1000 granos fue significativamente mayor al testigo, con un incremento del 19,46% (Figura 6).



**Figura 6.** Efecto de la fertilización potásica sobre el peso de 1000 granos del maíz amarillo duro en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.

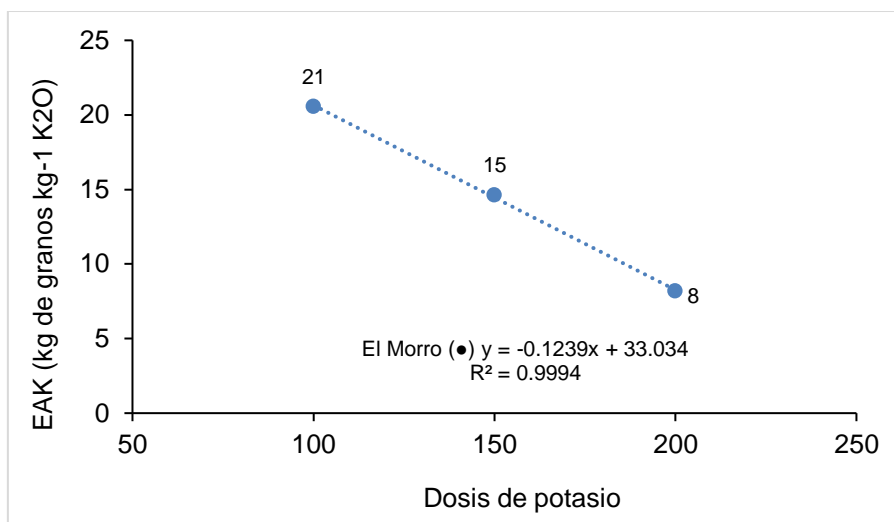
#### 4.7. Rendimiento de grano del maíz

Finalmente, el análisis de comparación ortogonal entre los promedios de rendimiento de grano alcanzados con fertilización potásica vs el rendimiento de granos del tratamiento testigo (sin K), mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) para ambas localidades evaluadas, donde en la localidad de El Morro la fertilización potásica alcanzó un rendimiento de grano de 10375 kg ha<sup>-1</sup>, con un incremento del 18,91%, en relación al tratamiento con omisión de K (Figura 7), mientras que en El Limón el rendimiento de grano alcanzado fue de 10922 kg ha<sup>-1</sup>, que significó un incremento del 33,26% en comparación al tratamiento sin K.

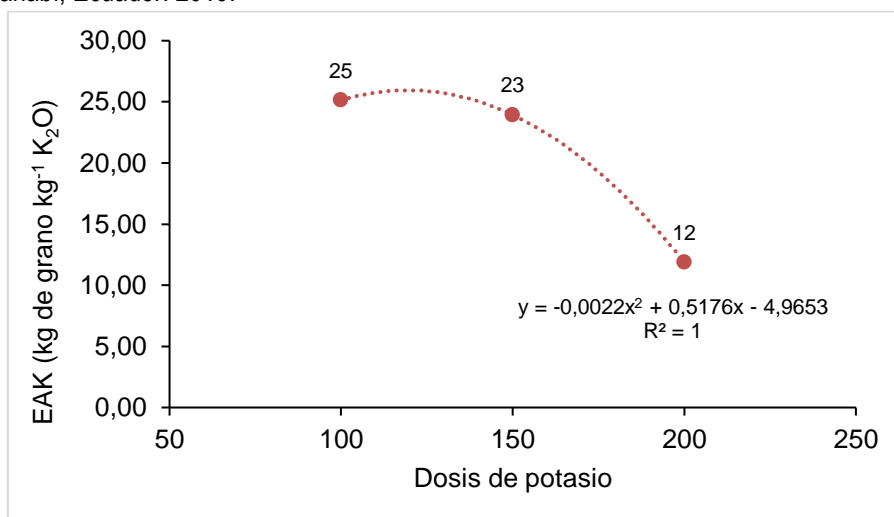


**Figura 7.** Efecto de la fertilización potásica sobre el rendimiento de grano del maíz amarillo duro en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.

La eficiencia agronómica del potasio (EAK) en función de dosis crecientes del nutriente, mostró una tendencia lineal negativa con las dosis de potasio en la localidad de El Morro (Figura 8), donde el modelo de regresión lineal simple mostro que para esta localidad la EAK disminuye 0.1239 kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicado, donde la dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> alcanzó la mayor EAK con 21 kg de granos (Figura 8). Para la localidad de El Limón, la EAK en función de las dosis crecientes de potasio, mostro una tendencia cuadrática (Figura 9), donde la dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> también alcanzó la mayor EAK con 25 kg de granos (Figura 9).

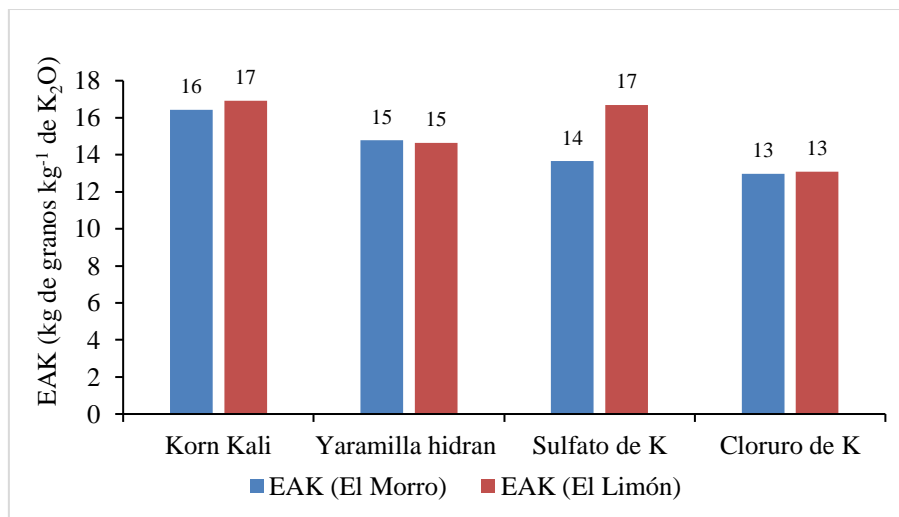


**Figura 8.** Eficiencia agronómica de potasio (EAK) en función de dosis de K<sub>2</sub>O en la localidad de El Morro, Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.



**Figura 9.** Eficiencia agronómica de potasio (EAK) en función de dosis de K<sub>2</sub>O en la localidad de El Limón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.

Por otra parte, la (Figura 10), muestra que para la localidad de El Morro la EAK entre las fuentes de potasio evaluadas vario entre 13 a 16 kg de granos kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicado, donde el fertilizante Korn Kali alcanzó la mayor eficiencia (Figura 10). Situación similar se dio en la localidad de El Limón, donde la EAK vario entre 13 y 17 kg de granos kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicado, siendo los fertilizantes Korn Kali y Sulfato de Potasio los que alcanzaron mayor eficiencia (Figura 10).



**Figura 10.** Eficiencia agronómica de potasio (EAK) en función de varias fuentes de K<sub>2</sub>O en dos localidades del cantón Bolívar, Manabí, Ecuador. 2019.

La respuesta negativa de la EAK con el incremento de las dosis y la poca variación de la EAK entre las fuentes probadas, puede ser debido a que los rendimientos de grano no mostraron significancia estadística ( $p > 0.05$ ), además, de que los suelos de las localidades evaluadas presentaron contenidos altos de este elemento, según el reporte de análisis químico realizado previa al experimento, los mismos que fueron superiores a 0.4 meq/100 g de suelo. Lo anterior sugiere que en base a rendimiento de grano y a las eficiencias agronómicas obtenidas, bajo las condiciones del cantón Bolívar, la dosis de 100 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> sería suficientes para la fertilización del maíz, independientemente de la fuente que se utilice.

Los resultados hallados son cercanos a los obtenidos por Cano *et al.* (2007) en Uruguay, quienes no reportaron diferencias estadísticas de rendimiento de grano en maíz entre fuentes y dosis de potasio, donde tanto el cloruro de K y el sulfato de K en dosis de 125 y 225 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, mostraron rendimientos estadísticamente iguales, pero ambos rendimientos superaron estadísticamente al tratamiento control sin potasio, lo cual demuestra que este elemento es indispensable para la producción de maíz. Los resultados alcanzados también se asemejan a los obtenidos por Niu *et al.* (2011) en zonas maiceras del norte de China, quienes reportaron diferencias estadísticas significativas entre las dosis de K probadas y el testigo con omisión de K, sin embargo, en la mayoría de localidades evaluadas no hubo diferencias entre las dosis de potasio

probadas, lo cual evidencia que dosis bajas de K son suficientes para mejorar la producción de maíz en suelos con contenidos medios y altos en K. Además, estos mismos autores señalan que no hubo diferencias entre dosis de K para la eficiencia agronómica alcanzada en las localidades evaluadas, por lo que también reportaron una tendencia lineal negativa de la EAK con el incremento de las dosis del nutriente. Resultados similares, a los obtenidos en este estudio y a los reportados por los autores antes mencionados, fueron informados por Radulov *et al.* (2012) en experimentos desarrollados en suelos de Rumania con contenidos medios y altos en potasio.

El análisis económico realizado en la localidad El Limón, en base a beneficios netos (diferencia entre los incrementos de los costos que varían y el incremento de los rendimientos de los tratamientos en relación al tratamiento testigo) mostró que el tratamiento 11 (150 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  a base de muriato de potasio) alcanzó el mayor beneficio económico neto de la fertilización potásica con 891 USD  $ha^{-1}$ . Por el contrario, el tratamiento 4 (100 kg de  $K_2O$  a base de Yaramilla Hidran) con 30 USD  $ha^{-1}$  (Tabla 12).

Para el caso de la localidad El Morro, el análisis económico en base a beneficios netos de la fertilización potásica, el mayor valor fue alcanzado también por el tratamiento 11 (150 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  a base de muriato de potasio) con 920 USD  $ha^{-1}$ , mientras que el menor beneficio económico neto lo alcanzó también el tratamiento 4 (100 kg de  $K_2O$  a base de Yaramilla Hidran) con apenas 34 USD  $ha^{-1}$  (Tabla 13).

**Tabla 12.** Análisis económico de las aplicaciones de fertilizantes potásicos en maíz amarillo duro en la localidad El Limón, Calceta, Ecuador, 2019..

Tratamientos	Costos totales	Costos que no varían en los tratamientos. Cf = Arriendo y preparación de terreno, semillas, siembra, Control plagas y malezas, riego y	Costo que varía por fertilización (US\$ ha <sup>-1</sup> ). Cqv = costo de fertilizantes, fertilización y desgrane y transporte	Incremento de los costos que varían con respecto al testigo (US \$ ha <sup>-1</sup> ): Icq <sub>v</sub> = Cqv n - Cqv 10	Rendimiento (qq ha <sup>-1</sup> ). RT <sub>n</sub>	Incrementos de los rendimientos respecto al testigo (qq ha <sup>-1</sup> ). IR = RT <sub>n</sub> - RT <sub>4</sub>	Precio unitario de venta (US \$ qq <sup>-1</sup> ): Pc	Incremento de los ingresos en relación al testigo (US \$ ha <sup>-1</sup> ). I <sub>ing</sub> = IR * Pc	Ingresos totales (US \$ ha <sup>-1</sup> ). IT = RT <sub>n</sub> * Pc	Beneficio neto del uso de la fertilización potásica (US \$ ha <sup>-1</sup> ). BNT n = I <sub>ing</sub> - Icq <sub>v</sub>
T1	1781	1058	723	298	216	56	13	757	2922	459
T2	1857	1058	799	374	232	72	13	972	3136	598
T3	1884	1058	826	401	197	37	13	497	2662	96
T4	1978	1058	920	494	200	39	13	532	2697	<b>38</b>
T5	2177	1058	1119	694	221	61	13	818	2983	125
T6	2311	1058	1253	828	194	34	13	453	2618	-374
T7	1798	1058	740	314	225	64	13	868	3033	554
T8	1885	1058	827	402	247	87	13	1172	3337	770
T9	1958	1058	900	475	236	76	13	1024	3189	549
T10	1735	1058	677	251	222	61	13	828	2993	576
T11	1800	1058	742	316	250	89	13	1207	3372	<b>891</b>
T12	1808	1058	750	325	223	63	13	850	3015	525
T13	1483	1058	425	0	160	0	13	0	2165	0

**Tabla 13.** Análisis económico de las aplicaciones de fertilizantes potásicos en maíz amarillo duro en la localidad El Morro, Calceta, Ecuador, 2019.

Tratamientos	Costos totales	Costos que no varían en los tratamientos. Cf = Arriendo y preparación de terreno, semillas, siembra, Control plagas y malezas, riego y	Costo que varía por fertilización (US\$ ha <sup>-1</sup> ). Cqv = costo de fertilizantes, fertilización y desgrane y transporte	Incremento de los costos que varían con respecto al testigo (US \$ ha <sup>-1</sup> ): Icq <sub>v</sub> = Cqv n - Cqv <sub>10</sub>	Rendimiento (qq ha <sup>-1</sup> ). RTn	Incrementos de los rendimientos respecto al testigo (qq ha <sup>-1</sup> ). IR = RTn - RT4	Precio unitario de venta (US \$ qq <sup>-1</sup> ): Pc	Incremento de los ingresos en relación al testigo (US \$ ha <sup>-1</sup> ). Iing = IR * Pc	Ingresos totales (US \$ ha <sup>-1</sup> ). IT = RTn * Pc	Beneficio neto del uso de la fertilización potásica (US \$ ha <sup>-1</sup> ).BNT n = Iing - Icq <sub>v</sub>
T1	1809	1058	750	301	216	56	13	757	2922	456
T2	18556	1058	798	348	232	72	13	972	3136	624
T3	1911	1058	853	403	197	37	13	497	2662	94
T4	2006	1058	948	498	200	39	13	532	2697	<b>34</b>
T5	2185	1058	1127	677	221	61	13	818	2983	142
T6	2354	1058	1296	846	194	34	13	453	2618	-393
T7	1803	1058	744	295	225	64	13	868	3033	574
T8	1867	1058	809	359	247	87	13	1172	3337	813
T9	1940	1058	882	431	236	76	13	1024	3189	592
T10	1733	1058	675	225	222	61	13	828	2993	603
T11	1795	1058	737	287	250	89	13	1207	3372	<b>920</b>
T12	1791	1058	733	283	223	63	13	850	3015	567
T13	1508	1058	450	0	160	0	13	0	2165	0

Los resultados evidencian que, desde el punto de vista económico, el fertilizante muriato de potasio se muestra como la fuente más económicamente factible a recomendarse en las localidades de El Limón y El Morro del cantón Bolívar. En cuanto a las dosis de fertilización potásica probadas en ambas localidades, al no encontrarse diferencias estadísticas significativas entre dosis, se puede sugerir que 100 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> pueden ser suficientes para la fertilización del maíz amarillo duro, aunque desde el punto de vista económico se podría incrementar la dosis hasta 150 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>.

Los resultados de la investigación permiten afirmar que el potasio es de gran importancia para la producción de maíz, aún en suelos con contenidos medios y altos en este elemento, dado que según Bukhsh *et al.*, (2012) la aplicación de K no solo aumenta el rendimiento de grano, sino que también mejora los parámetros de calidad (Dureza, Relación entre proteína y dureza), además que mejora la utilización del agua (osmo-regulación), la tolerancia a la sequía a través de la conductancia estomática, la aceleración en el proceso de fotosíntesis, la absorción de agua por las raíces, el área foliar, la acumulación de materia seca y otros parámetros alométricos. Lo anterior se debe a que este elemento participa en varias funciones fisiológicas del metabolismo vegetal, como la activación de varias enzimas relacionadas a la síntesis y transporte de azúcares y acumulación de almidón en granos y tejidos de reserva, proteínas involucradas en la inducción de tolerancia hacia estrés abiótico, así como a la activación de mecanismos de defensa hacia plagas y patógenos (Prajapati y Modi, 2012; Wang *et al.*, 2013).



## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

Las conclusiones que se derivan del experimento son:

- La fertilización potásica incrementó el rendimiento de grano de maíz amarillo duro en las dos localidades evaluadas, independientemente de las fuentes y dosis probadas.
- La mayor eficiencia agronómica de la fertilización fue lograda con dosis de 100 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$ , independientemente de las fuentes potásicas.
- El mayor beneficio económico neto se obtuvo aplicando muriato de potasio en dosis de 150 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  en las localidades El Morro y El Limón.
- La fertilización potásica del maíz amarillo duro, en las zonas productoras de El Limón y El Morro, usando dosis de 100 a 150 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$ .

### **RECOMENDACIONES**

Se proponen las siguientes recomendaciones:

- Replicar el ensayo en otras localidades de Manabí con la finalidad de validar información y establecer dominios de recomendación de fertilización para maíz amarillo duro.
- Probar la interacción del K con otros fertilizantes usados en la producción del maíz amarillo duro.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad, M.; Bukhsh, A.; Ahmad, R.; Ali, A.; Ishaque, M.; Rehman, A. 2012. Potassium use efficiency of maize hybrids. *The Journal of Animal & Plant Sciences* 22(3):728-732.
- Amanullah, A.; Irfanullah, I.; Hidayat, Z. 2016. Potassium Management for Improving Growth and Grain Yield of Maize (*Zea mays* L.) under Moisture Stress Condition. *Sci. Rep.* 6(34627): 1 – 12.
- ARIS. S.A. 2014. Sulfato de potasio soluble. Recuperado de <http://www.aris.com.pe/quimicos/wp-content/uploads/2014/04/HT-SULFATO-DE-POTASIO-SOLUBLE.pdf>
- Bravo, A. 2005. El maíz en El Ecuador. *Revista Semillas* 96, (1). Recuperado de <http://www.semillas.org.co/es/el-maz-en-el-ecuador>
- Bukhsh *et al.*, 2012. Nutritional and Physiological Significance of Potassium Application in Maize Hybrid Crop Production. *Pakistan Journal of Nutrition* 11(2): 187-202.
- Cano *et al.*, 2007. Respuesta a la fertilización potásica en maíz para grano en suelos del noroeste de Uruguay. *Informaciones Agronómicas* (36), 10-11.
- Duicela, L. y Ponce, L. 2015. Uso de fungicidas sistémicos en el control de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) En la provincia de Manabí. *La Técnica* 15: 6–17.
- Ecuaquímica. 2015. Cultivo-Maíz. Recuperado de [http://www.ecuaquimica.com.ec/cultivo\\_maiz.html](http://www.ecuaquimica.com.ec/cultivo_maiz.html)
- Farmagro. 2015. La importancia del maíz en el Ecuador. *Noticias agricultura*. Recuperado de <https://www.farmagro.com/noticias/149-la-importancia-del-ma%C3%ADz-en-el-ecuador>
- Fixen, P.; Brentrup, F.; Bruulsema, T.; García, F.; Norton, R. and Zingore, S. 2015. *Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification*. 1ª ed. Paris, France.
- García, F. 2010. Eficiencia de uso de nutrientes y mejores prácticas de manejo para la nutrición de cultivos de grano. (IPNI). Recuperado de <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1105>

- García, J y Espinosa, J. 2009. Efecto del fraccionamiento de nitrógeno en la productividad y en la eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz. *Informaciones Agronómicas* (72), 1-16.
- Hernández, J; Barbazán, M; Perdomo, C. 2010. Potasio. Recuperado de <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/Potasio.pdf>
- Jiménez, S.; Castro, L.; Yépez, J. y Wittmer, C. 2012. Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia del Ecuador. *Avances de Investigación* 66: 1 – 92.
- K+S KALI. 2017. Korn- Kali la combinación correcta. Recuperado de <https://www.kali-gmbh.com/eses/fertiliser/products/kornkali.html>
- Larriva, N. 2003. Síntesis de la importancia del Potasio en el suelo y plantas. (2), 1-2.
- León, w. 2016. Manejo de la fertilización de maíz (*Zea mays* L.) en el Valle Santa Catalina. (Tesis. Ing. Agrónomo). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.
- López, E. 2005. El maíz en América Latina Contaminación del centro de origen del maíz. *Revista Semillas*. 96, (1).
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2016. Boletín situacional maíz duro seco. Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Quito, EC. 6 p.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2013. Boletín Situacional. SINAGAP, Maíz Duro Seco. Recuperado de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2013/maizduro.pdf>
- Mollinedo, R. 2014. Evaluación de tres programas de fertilización en el cultivo de papa, en tres localidades de alta Verapaz (2012-2013). (Tesis. Ing. Agrónomo). Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
- Monteros, A. 2014. Rendimientos de maíz duro seco en el ecuador invierno 2014. Recuperado de: [http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios\\_agroeconomicos/crendimiento\\_maiz\\_duro\\_seco\\_invierno\\_2014.pdf](http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/crendimiento_maiz_duro_seco_invierno_2014.pdf)
- Motato, N.; Pincay, J.; Avellán, M.; Falcones, M.; Aveiga, E.; 2016. Fertilización del híbrido experimental de maíz INIAP H-603, con base en la eficiencia agronómica del nitrógeno. *ESPAMCIENCIA* 7(2): 109-116.

- Niu *et al.* 2011. Long-term effects of potassium fertilization on yield, efficiency, and soil fertility status in a rain-fed maize system in northeast China. *Field Crops Research* (2014)
- Patil, S.; Basavaraja, P. 2017. Effect of Different Sources and Levels of Potassium on Yield, Nutrient Requirement and Nutrient Use Efficiency by Maize Crop (*Zea mays* L.) in Low K Soils of Eastern Dry Zone of Karnataka, India. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 6(6): 193-199.
- Prajapati y Modi, 2012; Wang *et al.*, 2013. The importance of potassium in plant growth – a review. *Indian Journal of Plant Sciences.* Vol. 1. (2-3)
- PRECISAGRO. 2014. Muriato de potasio (MOP). Recuperado de <http://recintodelpensamiento.com/ComiteCafeteros/HojasSeguridad/Files/Fichas/FTKCLPrecisagro2014771640.pdf>
- Quiroz, D y Merchán, M. 2016. Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo maíz duro (*Zea mays*. L). Recuperado de [http://sinagap.agricultura.gob.ec/infoproductor/maiz/descargas/buenas\\_practicas/iniap.pdf](http://sinagap.agricultura.gob.ec/infoproductor/maiz/descargas/buenas_practicas/iniap.pdf)
- Radulov *et al.* 2012. Mineral fertilization effect on soil potassium and corn quality and yield. *Research Journal of Agricultural Science*, 44 (3), 2012
- Serratos, J. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Recuperado de <https://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2009/3/el-origen-y-la-diversidad-del.pdf>
- Stewart, W. 2007. Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. *Informaciones Agronómicas* (67), 1-2.
- Sumba, L. 2013. Producción histórica de maíz duro seco. Recuperado de [http://sipa.agricultura.gob.ec/pdf/estudios\\_agroeconomicos/produccion\\_historica.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/produccion_historica.pdf)
- Thielen, D.; Cevallos, J.; Erazo, T.; Zurita, I.; Figueroa, J.; Velásquez, E.; Matute, N.; Quintero, J. y Puche, M. 2016. Dinámica espacio-temporal de las precipitaciones durante el evento de El Niño 97/98 en la cuenca de Río Portoviejo, Manabí, costa ecuatoriana del Pacífico. *Revista de Climatología* 16: 35 – 50.

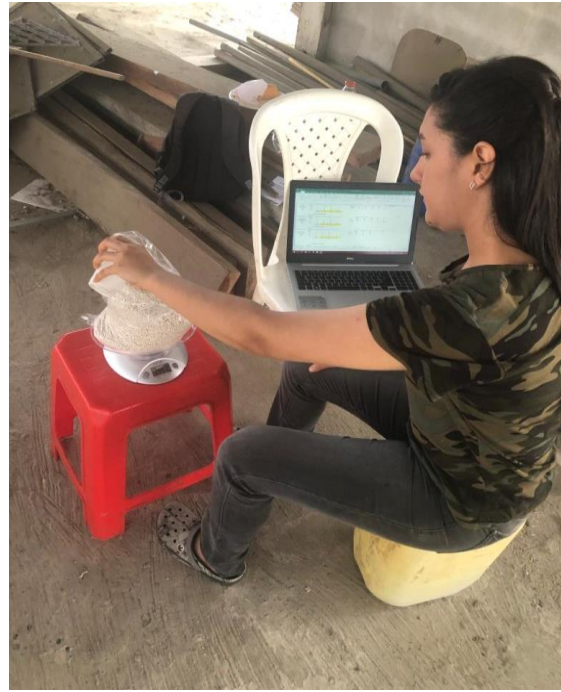
## **ANEXOS**



**Anexo1.**Preparación y división del terreno.



**Anexo2.**Siembra del maíz.



**Anexo3.** Cálculo y pesado en gramos de cada fuente potásica.



**Anexo4.** Separación de las fuentes potásicas por tratamientos.



**Anexo5.** Riego antes de cada fertilización.





**Anexo6.**Fertilización a la emergencia del maíz.



**Anexo7.**Fertilización en la hoja V6 en maíz.



**Anexo8.**Fertilización en la hoja V10 en el maíz.



**Anexo9.** Rotulación de tratamientos en las dos localidades (El Morro y El Limón).



**Anexo10.** Localidad El Limón.



**Anexo11.**Localidad El Morro.



**Anexo12.**Toma de datos de la variable: altura de planta e inserción de la mazorca.



**Anexo13.** Toma de muestra de tallos y hojas en un metro cuadrado/ tratamiento para determinar la cantidad de potasio.



**Anexo14.** Peso total de tallo y hojas en un metro cuadrado/ tratamiento.



**Anexo15.**Repique de las plantas muestreadas/ tratamiento.



**Anexo16.**Empaquetado y etiquetado de las muestras para el envío al laboratorio.



**Anexo17.**Peso fresco de la materia seca.



**Anexo18.** Peso seco de la materia seca.



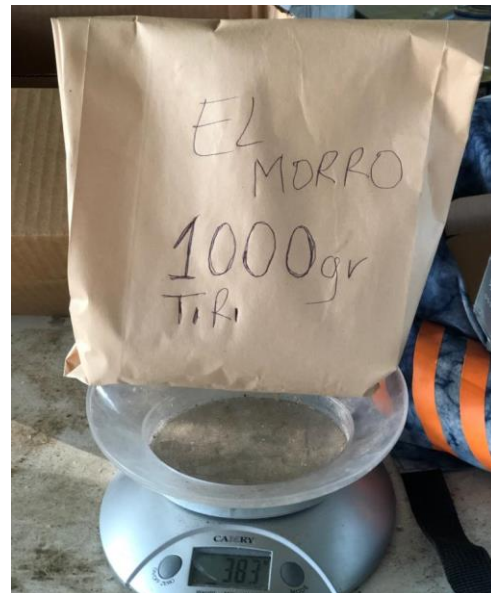
**Anexo19.** Toma de datos de la variable: número de hileras de granos por mazorca.



**Anexo20.** Toma de datos de las variables: número de granos por hilera y número de granos por mazorca.



**Anexo21.** Toma de datos de la variable: peso de granos por mazorca.



**Anexo22.** Toma de datos de la variable: peso de 1000 granos.



**Anexo23.** Toma de datos de la humedad del grano en el maíz.



**Anexo24.** Peso de 40 mazorcas por cada tratamiento.