

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“FERTILIZACIÓN POTÁSICA Y NIVEL NUTRICIONAL
EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ MORADO PMV – 581
(*Zea mays* L.), BAJO RIEGO POR GOTEO”**

Presentado por:

VALESKA VIRGINIA ORÉ GALLEGOS

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

Lima – Perú

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA

**“FERTILIZACION POTÁSICA Y NIVEL NUTRICIONAL EN EL
RENDIMIENTO DE MAIZ MORADO PMV – 581 (*Zea mays L.*) BAJO
RIEGO POR GOTEO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

VALESKA VIRGINIA ORÉ GALLEGOS

Sustentado y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Hugo Soplin Villacorta
PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Lorenzo Hurtado Leo
PATROCINADOR

Dr. Oscar Loli Figueroa
MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. ~~José~~ Chura Chuquija
MIEMBRO

Lima – Perú

2015

A mi madre por su apoyo incondicional, por ser el pilar de nuestra familia y por el apoyo que me brindo antes, durante y después de mi época universitaria.

A todos mis seres queridos que de cierta forma u otra aportaron a mi desarrollo profesional y personal.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Mg. Sc. Lorenzo Hurtado Leo, por su confianza en patrocinar este trabajo de tesis, por su tiempo, enseñanzas y todo el apoyo brindado.

Al Ing. Julián Chura, por su gentileza en la donación de las semillas de maíz morado cv. PMV-581.

A mi familia, por ser ellos los que con su apoyo, lograron que este trabajo concluya.

INDICE GENERAL

RESUMEN

I.	INTRODUCCION	13
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	15
2.1	Agronomía del cultivo de maíz morado	15
2.2	Nutrición mineral del nitrógeno y del fosforo	19
2.3	La nutrición mineral del Potasio	25
2.4	Los ácidos húmicos en la agricultura	32
III.	MATERIALES Y METODOS	35
3.1	Materiales	35
3.1.1	Ubicación del campo experimental	35
3.1.2	Características del suelo	35
3.1.3	Características del agua de riego	36
3.1.4	Características climatológicas de la zona experimental	37
3.1.5	Cultivo de maíz morado cv. PMV-581	37
3.1.6	Modulo de riego por goteo	41
3.1.7	Fertilizantes	41
3.1.8	Ácidos húmicos	42
3.1.9	Otros materiales	43
3.2	Metodología	43
3.2.1	Factores en estudio	45
3.2.2	Características del campo experimental	46
3.2.3	Diseño experimental	47
3.2.4	Cronología del experimento	47
3.2.5	Evaluaciones experimentales	48
3.2.6	Determinación del rendimiento del cultivo de maíz morado cv. PMV – 581 (mazorca al 14% de humedad) kg/ha	52
3.2.7	Componentes del rendimiento	53
3.2.8	Parámetros agronómicos del cultivo	54

IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	55
4.1	Resultados generales y parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado cv. PMV – 581	55
4.1.1	Eficiencia del uso de agua (EUA-kg/m ³)	55
4.1.2	Evapotranspiración (ETc) y coeficiente del cultivo (Kc)	56
4.1.3	Índice de área foliar (IAF)	57
4.1.4	Índice de cosecha	57
4.1.5	Coeficiente de transpiración (CT)	58
4.2	Fenología del cultivo de maíz morado cv. PMV – 581 y uso – consumo del agua de riego	59
4.3	Variables de crecimiento del cultivo de maíz morado cv. PMV – 581	63
4.3.1	Principales variables de crecimiento	63
4.3.2	Materia seca total y sus componentes hojas, tallos, mazorcas, panoja y panca	73
4.4	Rendimiento de maíz morado cv. PMV – 581	84
4.4.1	Rendimiento total del cultivo de maíz morado cv. PMV – 581 (kg/ha)	86
4.4.2	Rendimiento comercial de maíz morado cv. PMV – 581 (kg/ha)	86
4.4.3	Rendimiento descarte del cultivo de maíz morado cv PMV – 581	91
4.5	Componentes del rendimiento de maíz morado cv. PMV – 581	92
4.6	Características de la mazorca de maíz morado cv. PMV – 581	98
V.	ANALISIS AGRO – ECONOMICO	103
VI.	CONCLUSIONES	105
VII.	BIBLIOGRAFIA	107
VIII.	ANEXOS	111

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Análisis físico-químico del suelo del área experimental	38
Cuadro 2	Análisis del agua de riego	39
Cuadro 3	Datos meteorológicos de Agosto del 2011 a Enero del 2012	40
Cuadro 4	Cronología de la conducción del experimento	51
Cuadro 5	Resultados generales y parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado cv. PMV – 581	61
Cuadro 6	Fenología del cultivo de maíz morado cv. PMV – 581 y consumo del agua de riego	62
Cuadro 7	Variables de crecimiento del cultivo de maíz morado cv. PMV – 581	66
Cuadro 8	Distribución de la materia seca en el cultivo de maíz morado cv. PMV – 581	74
Cuadro 9	Rendimiento de maíz morado cv. PMV – 581	85
Cuadro 10	Componentes del rendimiento de maíz morado cv. PMV – 581	93
Cuadro 11	Características de calidad de la mazorca de maíz morado cv. PMV – 581	99
Cuadro 12	Análisis Agro-Económico del cultivo de maíz morado cv. PMV – 581	104

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la altura de planta (m) de maíz morado cv. PMV-581.	67
Grafico 2	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el área foliar (cm ² / planta) de maíz morado cv. PMV-581.	68
Grafico 3	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el número de hojas por planta de maíz morado cv. PMV-581	69
Grafico 4	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el diámetro de tallo (cm) de maíz morado cv. PMV-581	70
Grafico 5	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el número de hojas por encima de la mazorca principal de maíz morado cv. PMV-581	71
Grafico 6	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la altura a la mazorca principal de maíz morado cv. PMV – 581	72
Grafico 7	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la materia seca de hojas de maíz morado cv. PMV-581	78
Grafico 8	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la materia seca de tallo por planta de maíz morado cv. PMV-581	79
Grafico 9	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la materia seca de mazorca de maíz morado cv. PMV-581	80
Grafico 10	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la materia seca de panca de maíz morado cv. PMV-581	81
Grafico 11	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la materia seca de panoja de maíz morado cv. PMV-581	82
Grafico 12	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la materia seca total de maíz morado cv. PMV-581	83

Grafico 13	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el rendimiento total (kg/ha) de maíz morado cv. PMV-581	88
Grafico 14	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el rendimiento comercial (kg/ha) de maíz morado cv. PMV-581	89
Grafico 15	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el rendimiento descarte (kg/ha) de maíz morado cv. PMV-581	90
Grafico 16	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el número de plantas por m ² de maíz morado cv. PMV-581	94
Grafico 17	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el número de mazorcas por planta de maíz morado cv. PMV-581	95
Grafico 18	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el peso promedio de mazorca de maíz morado cv. PMV-581	96
Grafico 19	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la longitud de mazorca de maíz morado cv. PMV-581	100
Grafico 20	Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el diámetro de mazorca de maíz morado cv. PMV-581	101

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Curva característica de humedad del suelo de la zona experimental	44
Figura 2 Diagrama físico del sistema de riego y de las parcelas experimentales	50

RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata del efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional con la aplicación de nitrógeno, fósforo y ácidos húmicos en el rendimiento de maíz morado cv. PMV – 581, bajo condiciones de suelos y aguas salinas y riego localizado por goteo. El ensayo se realizó en la Unidad de Investigación en Riegos, perteneciente al Departamento Académico de Suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, durante Agosto del 2011 a Enero del 2012.

A nivel de campo se probó en maíz morado, tres niveles de potasio; K1: 80 kg/ha, K2: 160 kg/ha, K3: 240 kg/ha K₂O, en base a un testigo no fertilizado con potasio; K0. Asimismo, por nivel de potasio se probó tres niveles nutricionales; NO: testigo, no fertilizado y sin ácidos húmicos, N1: 160 kg/ha N + 80 kg/ha de P₂O₅ y N3: 160 kg/ha N + 80 kg/ha de P₂O₅ + 300 litros/ha de ácidos húmicos comerciales, derivados de la Leonardita.

El diseño de investigación fue de bloques completos al azar, para realizar la prueba de los 3 niveles nutricionales, posteriormente en arreglo factorial se realizó el análisis combinado de los 4 experimentos cada uno de los cuales se manejó con un nivel de potasio aplicado.

Durante los 145 días de periodo vegetativo del cultivo, el consumo de agua de riego fue 3,976.5 m³/ha, siendo la evapotranspiración media del cultivo (ET_c) 2.87 mm/día y el coeficiente del cultivo (K_c) promedio estimado de 0.91. Los parámetros agronómicos que caracterizan al cultivo de maíz morado cv. PMV-581, muestran una eficiencia de uso del agua (EUA) de 1.74 kg de mazorcas producidas por m³ de agua aplicado, una evapotranspiración del cultivo (ET_c) de 356.1 mm/campaña, un índice de cosecha (IC) de 46.1%, un índice de área foliar (IAF) de 3.6m²/m² de superficie foliar por superficie de terreno y un coeficiente de transpiración (CT) de 204.8 litros evapotranspirados por kilogramo de materia seca producida. Además el rendimiento comercial promedio es de 6,907 kg/ha de mazorcas, cuyos componentes del rendimiento indican valores promedio de 1.3 mazorcas por planta y 138.7 g. en el peso de la mazorca.

En general, las variables de crecimiento, altura de planta, número de hojas por planta y número de hojas por encima de la mazorca principal no muestran diferencias estadísticas por efecto del nivel nutricional (NN) solo las variables diámetro de tallo y altura a la mazorca principal presenta diferencias estadísticas. Asimismo, por efecto del potasio aplicado; la variable área foliar, presenta alta significación estadística y la materia seca de hojas y de tallo presentan medias con diferencias significativas. En general, los efectos de interacción, no son significativos.

El Rendimiento Total y Rendimiento Comercial, no muestran diferencias estadísticas por efecto del nivel de potasio en estudio (KK), mientras que por efecto del nivel nutricional las diferencias estadísticas son significativas. Respecto a los efectos de interacción (KK x NN) no se presentaron diferencias estadísticas. El mayor rendimiento comercial para niveles de potasio (KK), se presenta a nivel de 80 kg/ha de K₂O con 7,336 kg/ha de mazorcas, mientras que a nivel nutricional se presenta a nivel de 160 kg/ha de N + 80 kg/ha de P₂O₅ (7,499 kg/ha de mazorcas), similar estadísticamente a 160 kg/ha de N + 80 kg/ha de P₂O₅ + 300 litros/ha de ácidos húmicos con 6,938 kg/ha pero diferente estadísticamente del testigo (T₀) no fertilizado (6,283 kg/ha de mazorcas). La clasificación por categorías del rendimiento total de mazorcas establece, que el rendimiento de mazorcas comercial es de 74.1% y el rendimiento de descarte el 25.9 %.

El análisis de los componentes del rendimiento de maíz morado, indica que para potasio, el número de mazorcas por planta y el número de plantas/m² presentan diferencias estadísticas. El mayor número de mazorcas se presenta a nivel de K1: 80 kg/ha K₂O (1.47 mazorcas/planta), diferente estadísticamente al testigo no fertilizado con potasio y a los niveles de fertilización de 160 y 240 kg/ha de K₂O. Para niveles nutricionales las medias son similares.

Bajo las condiciones de suelo, agua clima y tecnología en el manejo de maíz morado PMV-581, los parámetros agronómicos que caracterizan al cultivo, muestran una eficiencia de uso de agua (EUA) de 1.74 kg de mazorcas producidas por m³ de agua aplicado, na Evapotranspiración del Cultivo (ET_c) de 356.1 mm/campaña, un Índice de Cosecha (IC) de 46.1 %, un índice de área foliar (IAF) de 3.64 m²/m² de superficie foliar por superficie de terreno y un Coeficiente de

Transpiración (CT) de 204.8 litros evapotranspirados por kilogramo de materia seca producida.

Para un ciclo vegetativo de 145 días en el cultivo de maíz morado cv. PMV-581, el requerimiento de agua en riego por goteo fue de 3,976.5 m³/ha, siendo la evapotranspiración media del cultivo (ETc) de 2.87 mm/día y el coeficiente del cultivo (Kc) promedio estimado de 0.91.

El análisis agroeconómico indica que el mayor índice de rentabilidad (IR) de 225% caracteriza al tratamiento con 80 kg/ha de K₂O a nivel del testigo sin nitrógeno y fosforo, siendo la utilidad neta de 7,464 soles, mientras que el menor índice de rentabilidad (IR) de 28% se presenta a nivel de 240 kg/ha de K₂O con 160 kg/ha de N, 80 kg/ha de P₂O₅ y ácidos húmicos, siendo la utilidad neta de solo 2,217 soles.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el aumento en exportaciones del maíz morado ha incrementado sus ventas de manera sostenida. En el 2009 sus exportaciones alcanzaron USD 1.68 millones, teniendo como principales mercados de destino a Estados Unidos (USD 963,440), Japón (USD 267,518), Bolivia (USD 148,861), España (USD 79,965) y Chile (USD 49,666) y esto gracias a la gran demanda de colorante origen vegetal, en reemplazo al uso de colorantes sintéticos en la elaboración de alimentos, incluso, algunos han sido prohibidos por su efecto cancerígeno. Se afirma, que el maíz morado por su alta concentración de pigmentos antocianicos, puede considerarse como la fuente natural más importante de colorantes naturales.

Al respecto, cualquier factor del crecimiento que incremente la producción de los cultivos aumentará la eficiencia de uso de los recursos esenciales como el suelo y el agua, entre ellos, la variedad o cultivar, el espaciamiento entre plantas, la disposición espacial el control fitosanitario el control de malezas, la forma y la época de siembra y, sobre todo el aporte de nutrientes. Al respecto, el potasio es un macroelemento donde su intervención es vital para el crecimiento de la planta. Es el elemento determinante en el desarrollo de los cultivos y en su capacidad de producción y pocos elementos generan una gran cantidad de efectos interactivos con los diversos factores del crecimiento y el rendimiento de los cultivos. Asimismo, el potasio de muy variable concentración y disponibilidad en los suelos de la costa y sobre todo en condiciones de elevada salinidad de los suelos y de las aguas de riego, es también otro de los elementos esenciales de primer orden para las plantas. Participa conjuntamente con ácidos orgánicos e inorgánicos interviniendo en la regulación del potencial osmótico de la célula, regulando el contenido de agua interna y favoreciendo la síntesis de azúcar y almidón, traslado de azúcares, síntesis proteica y en la estimulación enzimática. Con el nitrógeno, intervienen además en una serie de interacciones positivas que determinan la eficiencia de la utilización de otros nutrientes y en particular su mayor absorción, elevando la eficiencia de uso de este elemento. Esta relación determina el equilibrio entre los procesos vegetativos y reproductivos, pues el potasio actúa como regulador del crecimiento cuando la disponibilidad de nitrógeno es alta, garantiza además una adecuada formación del rendimiento, regula la aparición de determinados desórdenes fisiológicos que inciden en la apariencia interna y externa de la

cosecha, fundamentalmente en el color y constituye un aspecto de manejo agronómico que incide en la durabilidad y calidad de la cosecha.

De otro lado, los ácidos húmicos moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de materias orgánicas, forman parte fundamental de la fracción coloidal de los suelos. El nivel de fertilidad de los suelos y la disponibilidad de los elementos nutricionales depende del nivel de sustancias húmicas. La absorción equilibrada de nutrientes, al aumentar el crecimiento de microorganismos y la utilización de fósforo, estimula procesos bioquímicos en las plantas y el desarrollo de las raíces. Por tanto, es importante conocer si el uso de ácidos húmicos comerciales, derivados de la Leonardita, en la agricultura moderna resulta en la estimulación del crecimiento de las plantas y en el incremento del rendimiento de las cosechas.

OBJETIVOS

- Determinar el efecto de la fertilización potásica en el crecimiento y rendimiento del maíz morado PMV-581 bajo riego por goteo.
- Determinar los efectos de interacción de la fertilización potásica con el diferenciado nivel nutricional nitrogenado – fosforado y la aplicación de ácidos húmicos en el rendimiento de maíz morado PMV – 581.
- Determinar los parámetros agronómicos del maíz morado cv. PMV- 581, bajo condiciones R.L.A.F. goteo.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Agronomía del cultivo de maíz morado

El maíz morado constituye una de las muchas variedades de la especie *Zea mays*. Dentro de su composición se encuentra las antocianinas, pigmento natural muy requerida en la industria alimentaria, que en los últimos años ha generado un gran interés, sobre todo en los países desarrollados, donde se restringe el uso de colorantes artificiales o sintéticos. Países como Estados Unidos, Alemania, Japón entre otros, vienen realizando investigaciones para la utilización del colorante extraído de la coronta y grano del maíz morado con resultados bastante satisfactorios, lo cual está dando origen a una gran demanda de este producto en los mercados internacionales **(Sevilla y Valdez, 1985)**.

El origen del maíz morado es muy remoto. Se cultiva en el Perú desde épocas precolombinas, se cree que es nativo de las alturas de México o América Central, pero que no es conocido en estado silvestre, ni es capaz de mantenerse en competencia con otras plantas silvestres. Últimos hallazgos con una antigüedad de aproximadamente 4,500 años, a. c. indicarían que en el Perú ya se cultivaba el maíz morado.

Grobman (1982), manifiesta que las diversas variedades de maíz morado provienen de la raza ancestral culli (que en quechua significa negro). Las formas típicas están casi extinguidas, la raza culli es una de las cinco razas ancestrales de las que se han originado todas las demás, actualmente en extinción en el mundo. Existen muy pocas razas que presentan pigmentos antociánicos, tanto en el grano como .en la tusa. En el Perú La raza culli se cruzó con otras razas, transfiriendo sus colores característicos a las razas derivadas, como el San Jerónimo, Huancavelicano, Piscoruto, Cuzco, I-huayleño, Arequipeño e Iqueño. Sin embargo se han producido variedades más desarrolladas y de mayor rendimiento mediante la técnica de cruzamiento y selección. El maíz culli de Bolivia es muy parecido al peruano, tanto en la intensidad de coloración del grano como en la morfología de la planta y mazorca. Es conocida la asociación de coloración de antocianina en plantas de maíz con su distribución altitudinal:

maíces distribuidos a niveles de mayor altura presentan alta intensidad de coloración la cual disminuye hasta verde a nivel del mar. El maíz Ecuatoriano parece haberse originado del cruzamiento entre el culli ancestral con razas de mazorcas grandes. El culli Argentino es parecido al de Ecuador con la diferencia de que los granos son más duros. El Negrito Chileno tiene la mazorca más chica y los granos más delgados, presentando más hileras de granos.

Manrique (1988), manifiesta que el maíz morado es una planta monocotiledónea, de estambres hipogéneos, pertenecientes a la familia de las Gramíneas. La posición botánica de tal planta es: Familia; Gramineae. Tribu; Tripsaceae (Maydeae). Género; Zea. Y Especie; *Zea mays*.

El maíz morado constituye una de las muchas variedades de la especie *Zea mays*. La planta productora del maíz morado pertenece a la familia de las gramíneas, que así como su especie *Zea mays*, es una gramínea poco común por el hecho de que los elementos de su flor están separados: los estambres están en la parte superior la planta, formando una especie de racimos los pistilos se encuentran en la parte lateral, en la axilas de las hojas y resguardados por una vaina. Los pistilos o flores femeninas se insertan sobre un eje esponjoso o coronta y el conjunto al fecundar forma la mazorca. El tallo es cilíndrico y nudoso, en su parte medular es esponjoso y rico en azúcar. La altura del tallo es más bien pequeña en relación con las otras variedades. Las hojas son alternas y envainadoras, largas, delgadas y puntiagudas. El fruto es un cariósipide, posee una sola semilla, la que está pegada al pericarpio; es muy rica en almidón. El maíz morado es amiláceo, por lo que también es muy blando, el pericarpio, al romperse, deja ver el blanco almidón interior.

FOPEX (1985), refiere que, se conoce un gran número de variedades de maíz morado que se diferencian por la forma y tamaño de las mazorcas, por el número de hileras que varían de 8 a 12; por el tamaño, forma y color del pericarpio de los granos y por otras características morfológicas. La producción de semilla de maíz híbrido puede considerarse como la mayor contribución de la ciencia genética al cambio de los métodos agrícolas en el cultivo de esta sementera alimenticia. Específicamente, en el maíz morado hay mucha variación en el color de grano (especialmente en la sierra). El color negro en la

raza culli y sus razas derivadas está asociado a otros colores cuya base genética es necesario conocer para dirigir la selección y controlar la pureza genética en los semilleros.

Según **Sevilla y Valdez (1985)**, las variedades tradicionales más conocidas de maíz morado son, Cuzco Morado: variedad relacionada a la raza Cuzco gigante. Es tardía, de granos grandes, dispuestos en mazorcas de 8 hileras muy bien definidas. Su cultivo se da en lugares de zonas de altitud intermedia, en los departamentos de Cuzco y Apurímac. Variedad Arequipeño, donde la forma de la mazorca es similar a la variedad Cuzco, pero más chica. Los granos están dispuestos en hileras regulares. El color de la tusa es de menor intensidad y más precoz que otras variedades. Variedad Morado Canteño, derivada de la raza Cuzco, por lo que las características de la mazorca son muy similares, aunque de dimensiones menores. Su cultivo se da en diferentes lugares de la sierra del Perú, especialmente en las zonas altas del Valle de Chillón (Lima) y hasta los 2,500 msnm. Variedad Morado de Caráz: es una variedad derivada de las razas Ancashino y Alazán. Se cultiva en la provincia de Caráz (Ancash) y puede adaptarse también en la costa, ya que es de precocidad intermedia. El tamaño del grano es menor que las variedades de origen cuzqueño. Esta variedad muestra mayor rendimiento y presenta la tusa más pigmentada. Variedad Negro de Junín, es una variedad precoz, de granos grandes y negros, dispuestos irregularmente en una mazorca corta y redondeada. Se le encuentra en la Sierra, Centro, Sur, hasta Arequipa, ocupando alturas mayores que el resto de variedades.

Asimismo, existen variedades mejoradas como el maíz morado PMV 581, la única variedad que está en producción actualmente. Es una variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria La Molina obtenida a través de la variedad Morado de Caraz, adaptada a la costa y sierra baja. Resistencia a roya y cercospora. De periodo vegetativo intermedio, mazorcas medianas de 15 a 20 cm, alargadas y con alto contenido de pigmentos y un potencial de rendimiento de 6 t/ha (**Manrique, 1997**).

En la Costa la mejor época para la siembra del maíz morado es el invierno (meses de Mayo y Junio). En la sierra baja (1,000 a 2,200 msnm) se puede

sembrar entre los meses de Junio y Julio. En la Sierra media (2,200 a 2,800 msnm) la mejor época está entre los meses de Setiembre y Octubre pudiendo sembrarse más tardíamente en ciertas zonas por la relativa precocidad de algunas variedades.

El origen del maíz morado es muy remoto y el uso de su extracto es también antiguo. Según datos de los historiadores se sabe que el maíz era empleado en la alimentación como bebida; con él se elaboraba la bebida denominada “chicha” que se hacía fermentando el maíz. El uso de su extracto sufrió un cambio con a época; así es como en la colonia, por influencia de la repostería española y por el ingenio de las amas de casa criollas, aparecieron la “mazamorra” y la “chicha” moradas de sabores exquisitos que todos apreciamos.

Sevilla y Valdez, (1985) manifiestan que el gran interés que se viene desarrollando en los últimos años respecto del maíz morado deriva del aprovechamiento del principio activo (antocianina) para fines de la industria de los alimentos, a nivel de los países desarrollados, donde el uso de colorantes de origen natural está sustituyendo a los de origen sintético (colorantes artificiales). Países como Estados Unidos, Alemania, Japón y otros vienen realizando estudios y pruebas para la utilización del colorante extraído de la tusa y grano de maíz morado con resultados bastante satisfactorios, lo cual está dando origen a una gran demanda de este producto en los mercados internacionales.

De otro lado, las antocianinas son pigmentos solubles en agua, los cuales son largamente responsables del atractivo color de las flores, frutas y hojas coloreadas; yendo desde rosado, pasando por rojo, violeta y azul. Debido a que ellas están ampliamente difundidas en la naturaleza, una gran cantidad es consumida por los hombres en alimentos y bebidas **(Timberlake, 1979)**. El término antocianina se deriva del griego “Antho” (azul) y “Cyanin” (flor), y fue tomado por Marquant en 1835 para designar los pigmentos azules de las flores. Luego se descubrió que no solo el color azul, sino el púrpura, violeta, y posiblemente todas las tonalidades de rojo, las cuales aparecen en muchas flores y frutas, son debidas a pigmentos químicamente similares a las antocianinas de Marquant. Se asume que las antocianinas ayudan a atraer

insectos a las flores, y a pájaros y otros animales a las frutas, con el propósito de polinización y disseminación de la semilla respectivamente.

2.2 Nutrición mineral del nitrógeno y del fosforo

El nitrógeno es el elemento no combinado más abundante accesible al hombre. Comprende 78,1% del volumen de la atmósfera. A pesar de su disponibilidad inmediata en la atmósfera, que es la principal fuente para el suelo, el nitrógeno es relativamente escaso en las rocas y suelos de la corteza terrestre. La disponibilidad de nitrógeno para las plantas depende de la fijación biológica de N_2 molecular que llevan a cabo varios microorganismos procarióticos, incluyendo bacterias y algas azul verdes. En formas combinadas es esencial para todas las formas de vida y constituye, en promedio, alrededor del 15% en peso de las proteínas **(Greenwood y Earnshaw, 1998; Kapulnik, 1996)**.

Las raíces de las plantas absorben nitrógeno de la solución del suelo principalmente como iones nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+); aunque ciertas plantas crecen mejor cuando se les suministra uno u otro de estas formas de Nitrógeno. Una mezcla igual de los iones nitrato y amonio da los mejores resultados en la mayoría de las plantas. Estos dos iones difieren en su efecto sobre el pH de la rizósfera. Los aniones nitrato se mueven fácilmente a la raíz con el flujo del agua del suelo e intercambian en la superficie de la raíz con iones HCO_3^- u OH^- que, a su turno, estimulan un incremento en el pH de la solución del suelo inmediatamente alrededor de la raíz. En contraste, los cationes amonio se intercambian en la superficie de la raíz con iones hidrógeno, por tanto disminuyen el pH de la solución alrededor de las raíces. Se reconocen los efectos de estos dos iones sobre el pH del ambiente radicular al influenciar la absorción de otros iones acompañantes como fosfatos **(Brady y Weil, 1999)**.

El fósforo está presente en los suelos en formas orgánicas e inorgánicas. Debido a la complicada química del P en el suelo, el P disponible siempre ha sido muy difícil de definir. El P inorgánico puede estar presente como varios compuestos de Ca, Fe y Al en solución, en películas superficiales, en estado sólido o como aniones fosfato intercambiables unidos por las cargas positivas en

las caras de las láminas de arcilla. El P del suelo puede ser representado así: P-no disponible P-potencialmente disponible P-disponible. El P disponible algunas veces está referido como la intensidad del nutriente en el suelo y el P potencialmente disponible como la capacidad **(FAO, 2000)**.

Comparado a otros macro nutrientes, como el azufre y calcio, la concentración de fósforo en la solución del suelo es muy baja, generalmente varía entre 0.001 mg l⁻¹ en suelos muy infértiles a casi 1 mg l⁻¹ en suelos ricos fuertemente fertilizados. La especie química de fósforo presente en la solución del suelo está determinada por el pH de la solución del suelo. En suelos fuertemente ácidos (pH 4 a 5.5), el anión monovalente H₂PO₄⁻ domina, mientras que las soluciones básicas se caracterizan por el anión divalente HPO₄⁼. Ambos aniones son importantes en suelos casi neutros. De los dos aniones, se cree que el H₂PO₄⁻ está ligeramente más disponible a las plantas, pero los efectos del pH sobre las reacciones del fósforo con otros constituyentes son más importantes que el anión de fósforo particular presente **(Brady y Weil, 1999)**.

El nitrógeno desempeña numerosos roles que son claves en la bioquímica de la planta, incluyendo el ser un constituyente esencial de las enzimas, la clorofila, los ácidos nucleicos, proteínas de reserva, paredes celulares y una vasta gama de otros componentes celulares. Consecuentemente, una deficiencia en el suministro de nitrógeno tendrá una profunda influencia en la sobrevivencia de la planta, rendimiento y la producción de proteína del grano **(Harper, 1994)**.

Como el nitrógeno se encuentra presente en muchos compuestos esenciales, no sorprende en absoluto que el crecimiento sea lento si no se añade nitrógeno. Las plantas que contienen una cantidad de nitrógeno que limita su crecimiento muestran síntomas de deficiencia tal como una clorosis general, como consecuencia de la síntesis limitada de clorofila, especialmente en las hojas más antiguas debido a que el nitrógeno es un nutriente móvil **(Harper, 1994)**. En casos severos, estas hojas se vuelven completamente amarillas y después se queman, a medida que van muriendo. A menudo caen de la planta durante estas dos etapas. Las hojas más jóvenes se conservan verdes durante más tiempo porque reciben alguna forma soluble de nitrógeno, proveniente de las hojas más

antiguas. Algunas plantas tienen una coloración púrpura producida por la acumulación de pigmentos de antocianina **(Salisbury y Ross, 2000)**.

Las raíces de las plantas absorben el fósforo disuelto en la solución del suelo, principalmente como iones fosfato (HPO_4^{2-} y H_2PO_4^-), dependiendo del pH del medio de crecimiento; sin embargo, bajo ciertas condiciones también absorbe otros compuestos de fósforo orgánicos solubles incluyendo los ácidos nucleicos **(Brady y Weil, 1999; Sanchez, 2006)**.

El fosfato de la solución del suelo es absorbido por las raíces de las plantas a través de un transportador simporte $\text{H}^+/\text{HPO}_4^{2-}$ e incorporado a diferentes compuestos orgánicos que incluyen los azúcares fosfato, fosfolípidos y nucleótidos. El principal punto de entrada del fosfato en las rutas de asimilación es la formación de ATP, la "moneda energética" de la célula. En la reacción global de este proceso, se añade fosfato inorgánico al segundo grupo fosfato de la adenosina difosfato (ADP) para formar un enlace éster fosfato. En la mitocondria, la energía que dirige la síntesis de ATP procede de la oxidación del NADH por la fosforilación oxidativa. La síntesis de ATP también está dirigida por la fotofosforilación que se produce en los cloroplastos. Además de estas reacciones en la mitocondria y los cloroplastos, el fosfato se asimila en reacciones que tienen lugar en el citoplasma, a nivel de sustrato. La glicólisis incorpora el fosfato inorgánico al ácido 1,3-bifosfoglicérico, formando un grupo acilfosfato de gran energía. Este fosfato puede ser cedido al ADP para formar ATP, en una reacción de fosforilación a nivel de sustrato. Una vez incorporado en el ATP, el grupo fosfato puede ser transferido a través de diversas reacciones para formar los diferentes compuestos fosforilados presentes en las células de las plantas superiores **(Taiz y Zeiger, 2006)**.

Cuando la carencia de nitrógeno se desarrolla lentamente, las plantas pueden presentar tallos muy delgados y leñosos que puede ser debido a la producción de un exceso de carbohidratos que no son utilizados en la síntesis de aminoácidos u otros compuestos de nitrógeno. Los carbohidratos no utilizados en el metabolismo del nitrógeno se pueden destinar a la síntesis de antocianina, lo que provoca la acumulación de este pigmento. Esto se aprecia por una

coloración morada de hojas, pecíolos y tallos de algunas plantas como el tomate y ciertas variedades de maíz **(Taiz y Zeiger, 2006)**.

Adicionalmente a síntomas visuales de color, la deficiencia de nitrógeno se traduce en hojas pequeñas y disminución de la ramificación, ahijamiento y formación de brotes en varias especies de plantas **(Harper, 1994)**. El estrés severo de N en las plantas cultivadas resulta en la formación de hojas más pequeñas y en menos cantidad; así mismo, afecta drásticamente las concentraciones de N en las hojas y tallos, mientras que las concentraciones en frutos y raíces son menos afectadas y se pronuncian más cuando la planta entra a la fase de crecimiento rápido. El estrés de N resultó en una disminución de la distribución de la materia seca a los tallos y hojas e incrementó la transferencia de asimilatos a los frutos cerca al final de la estación de crecimiento. Como resultado, tanto la senescencia del cultivo como la maduración del fruto se aceleraron, acortándose el período de fructificación **(Scholberg et al.; 2000 b)**.

Numerosos experimentos de campo han demostrado, que de todas las enmiendas de nutrientes que se hacen a los suelos, la aplicación de nitrógeno es la que en términos de aumento de la productividad ha tenido los efectos más importantes. Sin embargo, la magnitud de la respuesta al nitrógeno aplicado depende de las condiciones del suelo, de la especie cultivada y del suministro de otros nutrientes en general. La respuesta es generalmente menor cuanto más alto sea el contenido de N del suelo, el cual está en relación a la tasa de liberación por descomposición microbiana de la materia orgánica del suelo. De otro lado, el agua; uno de los factores más importante del crecimiento de las plantas, determina respuestas limitadas a la aplicación de nitrógeno cuando la disponibilidad es restringida y también, la respuesta a la aplicación de nitrógeno depende de la fertilización complementaria, principalmente fosforada y potásica, **(Clark y Rosswall, 1981)**.

Marschner (1993), el nitrógeno es el nutriente que puede limitar con mayor facilidad el crecimiento de los cultivos, porque es el que interviene en la formación de aminoácidos y proteínas, que son los que intervienen en el crecimiento de distintos órganos de la planta, aumentando el área foliar y la masa protoplasmática. Por este motivo es que su deficiencia se manifiesta en

las partes activas del crecimiento de la planta, como achaparramiento, enanismo, tallos débiles pero erectos, hojas pequeñas y delgadas, follaje amarillento o verde claro, etc. El nitrógeno tiene muchos efectos benéficos para las plantas, pero más importante que la dosis es el momento oportuno de aplicación, una aplicación a destiempo y en cantidades desproporcionadas ocasionan envejecimiento y un atraso en la maduración **(Black, 1975)**.

La deficiencia de fósforo disminuye o retrasa la maduración. Aunque las plantas deficientes en fósforo son generalmente deformes en apariencia, raras veces exhiben los síntomas foliares visibles característicos de algunas de las otras deficiencias nutricionales. Además, a menudo ocurre una apreciable superposición con los síntomas de otras deficiencias nutricionales. Los tallos de las plantas u hojas algunas veces son verdes oscuros, desarrollando a menudo colores rojos o púrpura. Las plantas afectadas por la deficiencia de fósforo a menudo tienen hojas pequeñas, verde-oscuras y tallos cortos y delgados. Una deficiencia sostenida de fósforo probablemente producirá frutos de tamaño pequeño y una limitada masa vegetal cosechable. Debido a que el fósforo es móvil en las plantas, se trasloca rápidamente de las hojas viejas a las jóvenes conforme se produce la deficiencia y a veces se observa la clorosis y necrosis en las hojas viejas **(Sánchez, 2006)**. Las plantas que crecen con un exceso de nitrógeno suelen tener hojas con un color verde oscuro y presentan abundante follaje, generalmente con un sistema radical de tamaño mínimo y, por ello, con una proporción entre la zona aérea y la raíz muy elevada (la proporción inversa suele darse cuando existe deficiencia de nitrógeno). El exceso de nitrógeno hace que los tomates se partan al madurar. La floración y formación de semillas en varios cultivos agrícolas quedan retardadas si existe exceso de nitrógeno **(Salisbury y Ross, 2000)**.

El nitrógeno altera la composición de la planta mucho más que cualquier otro nutriente mineral. El cambio en la composición de la planta al incrementar el suministro de nitrógeno refleja una competencia por fotosintatos entre las varias rutas metabólicas. Esta competencia es modulada por factores internos y externos. Cuando el suministro de nitrógeno es subóptimo, la asimilación de amoníaco incrementa tanto el contenido de proteína y el crecimiento de la hoja y correspondientemente el índice de área foliar. En tanto que el crecimiento en el

índice de área foliar (IAF) se correlaciona con un incremento en la fotosíntesis neta, el requerimiento de esqueletos de carbono para la asimilación de amoníaco no disminuye sustancialmente otras rutas biosintéticas relacionadas a carbohidratos (azúcares almidones, celulosa, etc.), almacenamiento de lípidos o aceites. En este rango de concentración de nitrógeno, la composición de la planta no cambia sustancialmente, pero la producción total de constituyentes por unidad de superficie aumenta **(Marschner, 1996)**.

Más allá de sus roles en los procesos de transferencia de energía, los enlaces fosfato sirven como grupos de enlace importantes. El fosfato es un componente estructural de los fosfolípidos, ácidos nucleicos, nucleótidos, coenzimas y fosfo proteínas. Los fosfolípidos son importantes en la estructura de la membrana. Los ácidos nucleicos de los genes y cromosomas llevan material genético de célula a célula. Como un monoéster, el fósforo provee un ligando esencial en la catálisis enzimática **(Sánchez, 2006)**. Las plantas deficientes en fósforo con frecuencia son severamente más pequeñas, dado que este elemento toma parte en la síntesis de varios componentes esenciales sobre el cual depende la vida de todas las plantas y animales **(Brady y Weil, 1999)**.

La mayoría de suelos rápidamente tamponan las adiciones de fósforo y raramente está presente en la solución del suelo en niveles que cause directamente toxicidad. Tal vez los síntomas más comunes de exceso de fósforo son las deficiencias de micronutrientes inducidas por fosfato, particularmente de Zn y Cu **(Sánchez, 2006)**

Los factores que afectan la fertilización fosforada son: la respuesta de cada cultivo a fósforo; por ejemplo, las hortalizas de crecimiento rápido y de estación corta tienen altos requerimientos que aquellos de campo. El segundo factor es el agua del suelo que afecta las reacciones del suelo que gobiernan la liberación y difusión del fósforo en la solución del suelo y en última instancia la disponibilidad posicional del fósforo en relación al crecimiento de la raíz; generalmente, la máxima disponibilidad del fósforo para la mayoría de cultivos está asociada a una tensión de agua de 1/3 de bar. Finalmente, el tercer factor que afecta la disponibilidad del fósforo es la temperatura del suelo, que afecta las reacciones que gobiernan la disolución, adsorción y difusión de fósforo en el suelo así como también la absorción por las raíces **(Sánchez, 2006)**.

Bidwell (1993), afirma que el nitrógeno tiene un lugar especial en la nutrición vegetal, no sólo debido a su elevado requerimiento por las plantas sino porque está casi completamente ausente en la roca madre del cual se forman los suelos. De todas las enmiendas de nutrientes que se aplican al suelo, la adición de fertilizantes nitrogenados tiene el efecto más importante en el incremento de la producción del cultivo, **(Mengel y Kirkby, 1982)**.

Ensayos agronómicos en condiciones de Costa central similares en suelo, clima y agua de riego de calidad marginal, establecen respuestas variables a la fertilización nitrogenada. Al respecto, **Toscano (2003)**, evaluando el efecto de la relación Nitrógeno – Calcio en el cultivo de maíz encontró que el rendimiento de maíz grano a nivel del testigo sin nitrógeno alcanzo 6.62 t/ha, el aporte de 60 unidades de nitrógeno elevo el rendimiento en 31.3% (8.69 t/ha), el aporte de 120 unidades de N elevó el rendimiento en 61.9 % (10.72 t/ha), el aporte de 180 unidades de N en 64.5% (10.89 t/ha) y el aporte de 240 unidades de N en 63.7% (10.84 t/ha).

2.3 La nutrición mineral del Potasio

El potasio es el octavo elemento más abundante en las rocas de la corteza. El potasio está presente como el cloruro simple (silvita), como el cloruro doble $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (carnalita) y el sulfato anhidro $K_2Mg_2(SO_4)_3$ (langbeinita). Las sales de K con aniones más grandes son menos solubles, el K está unido más fuertemente a los complejos silicatos y aluminosilicatos en los suelos (intercambio iónico en arcillas). El K lixiviado de las rocas es absorbido preferencialmente y usado por las plantas. El potasio es un elemento esencial para la vida de la planta y el crecimiento de las plantas a menudo está limitado por el suministro de K disponible a ellas **(Greenwood y Earnshaw, 1998)**.

El contenido promedio de K en los suelos del mundo es de 14 000 mg kg⁻¹ y varía entre 80 a 37 000 mg kg⁻¹; mientras que la corteza terrestre y los sedimentos contienen 21 000 y 20 000 mg kg⁻¹ respectivamente; siendo uno de los elementos que se encuentra en grandes cantidades **(Sparks, 2000)**. Los suelos minerales contienen entre 0,04 y 3% de K. Los contenidos totales de K en los suelos varían entre 3 000 y 100 000 kg ha⁻¹ en los 20 cm superiores del

perfil del suelo. De este contenido total de K, 98% está unido en la forma mineral, mientras que 2% está en las fases de solución del suelo e intercambiable (**Sparks, 2000**).

El potasio está presente en los suelos principalmente en formas inorgánicas. Estos incluyen K en solución, K intercambiable, K fijado en intercapas o no intercambiables y K mineral o estructural. El K intercambiable constituye menos del 1% del K del suelo. Los niveles de K intercambiable se alteran usualmente cuando se secan los suelos (**FAO, 2000; Sparks, 2000**).

Las fuentes originales de potasio son los minerales primarios, como las micas (biotita y muscovita) y feldspatos de potasio (ortoclasa y microclina). Conforme estos minerales se meteorizan, su estructura de láctice rígida se vuelve más flexible. Por ejemplo, el potasio contenido entre las capas de los cristales tipo 2:1 de mica en el tiempo está más disponible, primero como no intercambiable pero como formas lentamente disponibles cerca de los bordes de los minerales y, eventualmente, como la forma rápidamente intercambiable y las formas en solución del suelo de donde es absorbido por las plantas (**Brady y Weil, 1999**).

El K de la solución del suelo es la forma de K que es tomado directamente por las plantas y microorganismos y también es la forma más sujeta a la lixiviación en los suelos. Los niveles de K en la solución del suelo son generalmente bajos, a menos que se hayan hecho recientes enmiendas de K al suelo. La cantidad de K en la solución del suelo varía de 4 a 5 mg K l⁻¹ para suelos agrícolas normales de regiones húmedas y está un orden de magnitud superior en suelos de regiones áridas. Los niveles de K en solución están afectados por las reacciones de equilibrio y cinética que ocurren entre las formas de K del suelo, el contenido de humedad y las concentraciones de cationes bivalentes en solución y en la fase intercambiable (**Sparks, 2000**).

La planta absorbe el potasio como catión monovalente K⁺ y en las células de la planta forma complejos con compuestos orgánicos en el cual el catión llega a unirse al complejo por enlaces no covalentes (**Taiz y Zeiger, 2006**).

El potasio es un catión univalente con un radio iónico hidratado de 0.331 nm y una energía de hidratación de 315 J mol⁻¹. Su absorción es altamente selectiva y cercanamente emparejada a la actividad metabólica. Se caracteriza por alta movilidad en las planta a todos los niveles en células individuales, en tejidos y en el transporte a larga distancia vía el xilema y floema. El potasio es el catión más abundante en el citoplasma y el K⁺ y sus aniones acompañantes hacen una mayor contribución al potencial osmótico de células y tejidos de especies de plantas glicofíticas. Por varias razones el K⁺ tiene un rol sobresaliente en las relaciones hídricas. El potasio no es metabolizado y forma solo complejos débiles en el cual es rápidamente intercambiable. Por tanto, el K⁺ no compite fuertemente por sitios de enlace requiriendo cationes divalentes. De otro lado, debido a su alta concentración en el citosol y cloroplastos neutraliza los aniones macromoleculares solubles (p.e. aniones orgánicos ácidos y aniones inorgánicos) e insolubles y estabiliza el pH entre 7 y 8 en estos compartimientos, el óptimo para las reacciones de la mayoría de enzimas. Por ejemplo, una disminución en pH de 7.7 a 6.5 casi inhibe completamente la actividad de la nitrato reductasa **(Marschner, 1996)**. Los iones de potasio están disueltos en los líquidos de las paredes celulares, el citosol y organelos tales como los cloroplastos y la mitocondria y especialmente en las vacuolas. A partir de esta distribución, se deduce que cuanto mayor sea el contenido de K de un tejido más es el agua que contiene **(Mengel, 2006)**.

El potasio presente en las plantas como el cation K⁺, juega un rol importante en la regulación del potencial osmótico de las células de la planta. También activa muchas enzimas involucradas en la respiración y fotosíntesis **(Taiz y Zeiger, 2006)**.

Hay muchas razones por las que las plantas necesitan K para su crecimiento y desarrollo. Más de 60 enzimas en la planta son activadas por el K. El potasio se requiere para la formación de polímeros, ya que se requiere para cada paso principal en la síntesis de proteínas y síntesis de almidón. El potasio juega un rol importante en los movimientos de la planta, por ejemplo en la apertura y cierre de estomas y en los movimientos heliotrópicos o násticos. El potasio también es requerido para los niveles óptimos de fotosíntesis y para el transporte de fotosintato. El potasio juega un rol en la expansión celular o crecimiento de la

célula siguiente a la división celular como un componente celular principal en desarrollar el turgor de la célula. Este catión monovalente, abundante, no tóxico juega un rol importante en mantener el balance iónico o neutralidad eléctrica en las plantas. Su rol en el balance iónico puede ser la razón que el K es encontrado en altas concentraciones en la savia del floema y xilema. Hay una creciente evidencia que el K es un componente clave en el flujo de masa de materiales en el floema **(Blevins, 1994)**.

El primer síntoma observable de la deficiencia de potasio es el moteado o clorosis marginal, que luego desarrolla en necrosis principalmente en las puntas de las hojas, en los márgenes y entre las venas. En muchas monocotiledóneas, estas lesiones necróticas pueden formarse inicialmente en las puntas y márgenes de las hojas y luego extenderse hacia la base de la hoja. Estos síntomas aparecen inicialmente en las hojas más maduras hacia la base de la planta debido a que el potasio puede movilizarse a las hojas más jóvenes. Las hojas también pueden ondularse y arrugarse. Los tallos de las plantas deficientes en potasio pueden ser delgados y débiles con regiones internodales anormalmente cortos **(Taiz y Zeiger, 2006)**.

El nivel del análisis de suelo para el K debe mantenerse alto; pero no encima de ese nivel ya que el K puede interferir significativamente con la disponibilidad de Ca y Mg. Debido a que potasio tiene una influencia específica sobre la calidad de la fruta, por lo general se aplica abundantemente y la deficiencia es rara. La deficiencia se puede esperar en arcillas fijadoras de potasio, en arenas de textura gruesa, sobre sustrato de turba y en solución nutritiva si se descuida la fertilización **(Benton, 1998)**.

El exceso de K en las plantas es raro dado que la absorción de K está regulada estrictamente. El exceso de oferta de K no se caracteriza por síntomas específicos, pero puede disminuir el crecimiento de la planta y rendimiento. El exceso de oferta de K tiene un impacto en la absorción de otras especies catiónicas y puede, por tanto, afectar el rendimiento y la calidad de los cultivos **(Mengel, 2006)**. La disponibilidad de potasio del suelo es afectada significativamente por la aireación del suelo y mantener el suelo muy húmedo puede reducir la absorción de K **(Benton, 1998)**.

El potasio está presente en los suelos principalmente en formas inorgánicas. Estos incluyen K en solución, K intercambiable, K fijado en intercapas o no intercambiables y K mineral o estructural. El K intercambiable constituye menos del 1% del K del suelo. Los niveles de K intercambiable se alteran usualmente cuando se secan los suelos **(Sparks, 2000)**.

Las plantas absorben el potasio asimilable con gran facilidad aunque en suelos ricos en Ca o Mg la absorción se ve dificultada debiendo incrementarse la dosis de fertilizante potásico **(Munson, 1985)**.

Hay muchas razones por las que las plantas necesitan K para su crecimiento y desarrollo. Más de 60 enzimas en la planta son activadas por el K. El potasio se requiere para la formación de polímeros, ya que se requiere para cada paso principal en la síntesis de proteínas y síntesis de almidón. El potasio juega un rol importante en los movimientos de la planta, por ejemplo en la apertura y cierre de estomas y en los movimientos heliotrópicos o násticos. El potasio también es requerido para los niveles óptimos de fotosíntesis y para el transporte de fotosintatos. El potasio juega un rol en la expansión celular o crecimiento de la célula siguiente a la división celular como un componente celular principal en desarrollar el turgor de la célula. Este catión monovalente, abundante, no tóxico juega un rol importante en mantener el balance iónico o neutralidad eléctrica en las plantas. Su rol en el balance iónico puede ser la razón que el K es encontrado en altas concentraciones en la savia del floema y xilema. Hay una creciente evidencia que el K es un componente clave en el flujo de masa de materiales en el floema **(Blevins, 1994)**.

La absorción en el suelo está relacionada a la concentración de otros cationes, como es el caso del magnesio y el calcio por problemas de competencia iónica. Cuando el potasio entra en el sistema metabólico de las células forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las mismas, que sirven para regular el potencial osmótico celular, regulando así el contenido de agua interna. El potasio interviene además fisiológicamente en los siguiente procesos, síntesis de azúcar y almidón, traslado de azúcares, síntesis de proteínas, en la fosforilación oxidativa que se produce en las membranas de las mitocondrias, en la estimulación enzimática etc. **(Rodríguez, 1996)**.

El potasio es de máxima importancia para la condición hídrica de las plantas. La absorción de agua por células y tejidos es, con frecuencia, consecuencia de la absorción activa de K^+ . **Mengel y Arneke (1892)**, demostraron que la turgencia (ψ_p) de las células en hojas jóvenes de *Phaseolus vulgaris*, dependía de su contenido de potasio. Con bajos contenidos de potasio la turgencia fue de 0.5 Mpa, significativamente menor que con contenidos elevados de potasio, que se elevó a 0.7 Mpa. Asimismo, con bajos contenidos de potasio la velocidad de crecimiento, el tamaño de las hojas y el contenido de agua de los tejidos fueron reducidos.

Salisbury y Ross (2000), Expresan que la deficiencia de este elemento es tan común como la del nitrógeno y del fósforo. También, como en los casos del N y del P, el ión K^+ se redistribuye fácilmente desde los órganos maduros hacia los jóvenes, porque los síntomas de deficiencia aparecen antes en las hojas antiguas. El potasio es un activador de muchas enzimas esenciales para la fotosíntesis y la respiración y también activa enzimas que son necesarias para formar almidón y proteínas. Es tan abundante en la planta que es uno de los contribuyentes más importantes al potencial osmótico de las células y por consiguiente a su presión de turgencia.

Según **Malavolta (1972)**, no reconoce ningún compuesto orgánico en el tejido vegetal en el que el potasio sea componente, se sabe que es activador de varias enzimas y que su carencia en la planta afecta la respiración, la fotosíntesis, el desarrollo de la clorofila y el contenido de agua en las hojas. Los tejidos meristemáticos son particularmente ricos en potasio, las regiones metabólicamente activas de la planta contienen altas concentraciones de K a expensas de los tejidos más viejos y maduros. Está involucrado en la síntesis de almidón activando a la enzima almidón sintetasa. Participa en el mecanismo de apertura y cierre de los estomas. También es necesario para la síntesis de las proteínas (**Rodríguez, 1995**).

Un interesante papel del potasio es el de disminuir la transpiración de las plantas en condiciones de estrés hídrico, mediante cambio de concentración de las células oclusivas que regulan la apertura y cierre de los estomas. En combinación con el fósforo favorece el desarrollo radicular y aumenta la rigidez de los tejidos. Es así mismo un elemento que aumenta la resistencia de las plantas a las enfermedades criptogámicas (**Pizarro, 1996**).

Las plantas carentes de K presentan crecimiento reducido debido al acortamiento de los entrenudos. En dicotiledóneas, las hojas viejas se vuelven cloróticas, especialmente con lesiones necróticas que desarrollan rápidamente. En monocotiledóneas, las células de los ápices y márgenes de las hojas mueren primero y la necrosis se extiende hacia la base de las hojas **(Rodríguez, 1995)**.

Por otro lado, **Wilcox (1983)** menciona que los síntomas de carencia de potasio son caracterizados por una clorosis intervenal de las hojas y vainas. Al principio se desarrollan plantas necróticas castañas, irregulares del ápice para la parte central de los folíolos, extendiéndose finalmente entre las nervaduras. El crecimiento del tallo, el número de hojas y el área foliar son reducidos, y las flores pueden caer finalmente. La deficiencia de potasio no produce inmediatamente síntomas visibles. En principio sólo hay una reducción de la velocidad de crecimiento y sólo posteriormente se presenta una clorosis y eventualmente una necrosis.

Estos síntomas comienzan generalmente en las hojas más viejas, ya que estas hojas suministran potasio a las hojas más jóvenes. En la mayoría de las especies vegetales la clorosis y la necrosis comienzan en los márgenes y puntas de las hojas (maíz, cereales, frutales), en otras como en el trébol, aparecen manchas necróticas irregularmente distribuidas. Las plantas que sufren deficiencia de potasio muestran una disminución en la turgencia y en condiciones de estrés hídrico, se vuelven flácidas con facilidad, resultando poco resistente a la sequía. Las plantas afectadas muestran una mayor susceptibilidad al daño por heladas, ataques fúngicos y a las condiciones salinas **(Pissarek, 1973)**.

Mengel y Kirkby (2000), indican que las cantidades de potasio extraídas del suelo por diversos cultivos se encuentran alrededor de 40 a 250 kg/ha de K^+ , lo cual podría indicar los niveles de potasio que deberían aplicarse. La cantidad de K^+ extraída de un suelo depende mucho del nivel de rendimiento así como de la tasa de lixiviación de potasio y de otro lado, la absorción de potasio por los cultivos, es altamente dependiente de la disponibilidad de K^+ . Cuando la disponibilidad es baja, la absorción también lo es, dando por resultados bajos rendimientos. En estas condiciones las recomendaciones de fertilización basadas en un promedio de la absorción total de K^+ para un cultivo en particular no satisfarán sus necesidades ni aumentarán la fertilidad del suelo. Una situación inversa se presenta cuando los

suelos son ricos en K^+ disponible. En estas condiciones las aplicaciones de fertilizantes potásicos basadas en la capacidad de absorción del cultivo pueden resultar en una mayor absorción de K^+ que la necesaria para un máximo rendimiento, resultando en un desperdicio del fertilizante.

El nivel de potasio disponible en el suelo que puede considerarse óptimo, no puede expresarse en términos generales, ya que depende del cultivo y de las condiciones de clima y suelo. **Loué (1979)**, al evaluar más de 300 ensayos de campo en Francia, observó que las aplicaciones de K^+ resultaban en respuestas muy significativas del rendimiento si el contenido de potasio intercambiable era menor de 80 ppm de K^+ . En suelos de texturas medias con niveles mayores que 160 ppm de K^+ intercambiable sólo se obtuvieron pequeños aumentos de rendimiento en grano tras una aplicación de fertilizante potásico. De otro lado, el exceso de K en las plantas es raro dado que la absorción de K está regulada estrictamente.

El exceso de oferta de potasio no se caracteriza por síntomas específicos, pero puede disminuir el crecimiento de la planta y rendimiento. El exceso de oferta de K tiene un impacto en la absorción de otras especies catiónicas y puede, por tanto, afectar el rendimiento y la calidad de los cultivos (**Mengel, 2006**). La disponibilidad de potasio del suelo es afectada significativamente por la aireación del suelo y mantener el suelo muy húmedo puede reducir la absorción de K (**Benton, 1998**).

2.4 Los ácidos húmicos en la agricultura

Las sustancias húmicas están compuestas por moléculas orgánicas de elevado peso molecular, que suelen encontrarse en agua, suelo y lignitos como consecuencia de la degradación de la materia orgánica. Es difícil definir su composición dada la elevada heterogeneidad que presentan, en general suele distinguirse entre: Ácidos húmicos: fracción soluble en medio acuoso alcalino. Ácidos fúlvicos: fracción soluble en agua a cualquier pH. Humina: fracción no soluble en agua a cualquier pH.

Fassbender (1978), establece que el humus está compuesto por los restos post mortales vegetales y animales que se encuentran en el suelo y que están sometidos constantemente a procesos de descomposición, transformación y re síntesis. En todo caso la fuente originaria de la materia orgánica y del humus

son los restos animales y especialmente de los restos vegetales que se depositan en el suelo. Estos residuos son objeto de su degradación o descomposición hasta los componentes elementales de las proteínas, carbohidratos y otros en el proceso de la mineralización. Los productos resultantes pueden ser objeto de resíntesis y polimerización dando lugar a nuevos agregado químicos que reciben el nombre de ácidos húmicos de características y propiedades específicas, este proceso recibe por esto el nombre de humificación Según **Gross (1985)**, los ácidos húmicos ejercen una acción estimulante muy marcada sobre el crecimiento de las raíces que no se debe exclusivamente a la liberación de los elementos minerales contenidos en el humus. Existe un estímulo verdadero de diversos procesos o metabolismos como consecuencia de la humificación de la materia vegetal por los microorganismos del suelo.

Es preciso mencionar que la importancia de las sustancias húmicas en la fertilidad del suelo, radica en que promueven la conversión de un número de elementos en forma disponible para las plantas. Los ácidos húmicos también actúan en la conversión del hierro en formas disponibles, protegiendo a las plantas de la clorosis aun en presencia de un alto contenido de fósforo, **(Senn y Kingman, 1983)**. Existen diferentes mecanismos de acción en las plantas; estimulan directamente la germinación y desarrollo radicular, estimula la actividad bacteriana del suelo, regula la transferencia de los nutrientes y estimula los procesos de absorción de nutrientes además de formar complejos de cobre, manganeso, zinc y otros cationes polivalentes, **(Stoller, 1985)**.

Los ácidos húmicos deben ser bien mezclados antes de ser aplicados al suelo o a las hojas. La aplicación localizada ha dado resultados dando una mejor absorción de compuestos con quelatos; con sustancias húmicas en cultivos hortícolas en riego localizado sobre sustratos bajos en materia orgánica se obtienen resultados más significativos. **(Mendoza, 2008)**. Además de ser una excelente alternativa ecológica, los ácidos húmicos benefician el desarrollo de las plantas, mejorando las propiedades físico-químicas y la biología de los suelos, como se describe a continuación: Aumenta la capacidad de intercambio catiónico y aniónico del suelo, para aportar constantemente los nutrientes necesarios para un buen desarrollo del cultivo y su productividad, aún bajo

condiciones adversas del suelo. Favorece el desarrollo del sistema radicular, tallos, hojas y permeabilidad para facilitar la absorción de nutrientes. Promueve la germinación de las plántulas y mejora las características organolépticas de su fruto. Alto poder quelatante, especialmente para el Fe, Mn, Zn, Cu. Moviliza los macroelementos del suelo, sobre todo en los que se refiere al Fósforo, Potasio y al Nitrógeno. Mejora las condiciones del suelo, favorece la recuperación de los suelos salinos, al secuestrar el catión Na^+ y mejora las condiciones de drenaje, aumentando su capacidad de retención de agua, **(Hayes y Wilson 1997)**.

El efecto estimulador de las sustancias húmicas en el crecimiento de las plantas ha sido comúnmente relacionada con una mejor absorción de macro nutrientes. Una vez absorbidas y dentro de la planta, las sustancias húmicas promueven la conversión de un número de elementos en forma disponible para las plantas. La disponibilidad creciente del fósforo en presencia de ácidos húmicos está demostrada; así el efecto de los ácidos húmicos en la conversión del Fe en formas disponibles, protegiendo a la planta de la clorosis aun en presencia de alto contenido de fósforo.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Ubicación del campo experimental

El presente experimento se realizó entre Setiembre del 2011 a Enero del 2012, en el área de la Unidad de Investigación en Riegos, del Departamento Académico de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

La ubicación geográfica es la siguiente:

Latitud: 12° 05' 06" S.

Longitud: 76° 75' 00" W.S.

Altitud: 238 m.s.n.m.

3.1.2 Características del suelo

Los suelos de La Molina, fisiográficamente están situados en una terraza media de origen aluvial, de acuerdo a Soil Taxonomy (2006) corresponde a un Ustifluvents. Se caracterizan por ser profundos, de buen drenaje, permeabilidad moderada, textura media o ligeramente gruesa, estructura granular, media o moderada y consistencia en húmedo, de friable a muy friable.

A fin de realizar la caracterización físico-químico del suelo se realizó un muestreo al azar del área en estudio para posteriormente mediante un análisis físico-químico del suelo, efectuado en el Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, obtener los resultados que se presentan en el Cuadro 1. Se aprecia un contenido de sales moderado (5.83 dS/m).

El análisis mecánico de las fracciones minerales indica una textura franco-arenosa, lo cual tipifica a este suelo con una moderada capacidad de retención de humedad y buena aireación. El pH (7.4), indica que es un suelo ligeramente básico. El contenido de CaCO_3 (3.80%), está en el límite de medio a alto. El porcentaje de materia orgánica (1.17 %) es bajo, por tanto, la cantidad de nitrógeno en el suelo también será limitado. De otro lado, el contenido de fósforo disponible de (14.6 ppm). Asimismo, el contenido de potasio disponible (192 ppm), es medio. Estos

niveles indicarían una mediana a baja probabilidad de respuesta a la fertilización fosforada-potásica y una alta probabilidad de respuesta a la fertilización nitrogenada. La CIC (11.52 meq/100g), está en el límite de los rangos bajos y medio, lo que nos indicaría una mediana fertilidad potencial edáfica. Respecto a los cationes cambiables, el Ca^{+2} y el Mg^{+2} , predominan saturando el complejo de cambio. Esta característica establece las siguientes relaciones catiónicas: $\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2} = 5.2$ (bajo) mostrando un valor por debajo del óptimo, que expresa que existe un desequilibrio con perjuicio del catión Ca^{+2} .; la segunda relación $\text{Ca}^{+2}/\text{K}^{+1} = 35.7$ (muy alto), mostrando un valor por encima del óptimo, que indica un fuerte desbalance respecto del catión K^{+1} , y la tercera relación $\text{Mg}^{+2}/\text{K}^{+1} = 6.8$ (muy alto), valores que sobrepasan largamente los niveles normales para una adecuada nutrición, en primer lugar potásica y en segundo lugar cálcica, debido al exceso de magnesio, lo cual debe ser corregido con la fertilización.

3.1.3 Características del agua de riego

El agua utilizada en el ensayo proviene de la red de agua potable de la Universidad Agraria la Molina; el análisis de esta agua es mostrada en el cuadro 2. Según la clasificación de FAO -1987, el agua de riego se califica como $\text{C}_4 - \text{S}_1$, siendo por tanto, altamente salina. Esta agua no debe usarse para el riego por gravedad y por aspersión.

Las circunstancias muy especiales que permitan su uso (riego localizado de alta frecuencia) estarán relacionadas con suelos de excelente drenaje, con plantas resistentes a la salinidad y con pérdidas significativas del rendimiento y deterioro de los suelos. Se estima que la alta conductividad eléctrica del agua de riego (3.4 dS/m) determinara el incremento de la salinidad de la solución suelo, afectando el rendimiento del cultivo. De otro lado, la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) es bajo (3.8), lo cual indica que esta agua puede usarse en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

Asimismo, el pH es neutro, y la concentración elevada de sodio y de cloruros determinará toxicidad potencial que afectará el rendimiento de los cultivos. La concentración de boro es baja y por tanto no tóxica. La presencia de nitratos, no

común en las aguas de riego indica un aporte significativo de nitrógeno para el cultivo y que debería ser considerado para el balance de este elemento.

3.1.4 Características climatológicas de la zona experimental

En el sistema modificado de Koppen, basado en promedios anuales de precipitación y promedios anuales de temperatura (°F), le corresponde a La Molina, la clasificación de desierto sub-tropical-árido-caluroso.

El Cuadro 3, presenta las variables climatológicas correspondientes a la zona experimental durante el periodo vegetativo del cultivo, de Junio del 2011 a Enero 2012, y fueron obtenidos de los boletines mensuales publicados por el observatorio meteorológico Alexander Von Humbolt de la Universidad Agraria La Molina. Se aprecia que el promedio de temperatura para los meses de experimento es de 18.74°C, el promedio de la radiación circunglobal es de 296.87 Ly/día, la heliofania u horas de sol tiene un promedio de 3.78 horas, la evaporación del tanque tiene un promedio de 2.33 mm; la precipitación es en promedio de 0.08 mm, asimismo la humedad relativa es de 83.3%

3.1.5 Cultivo de maíz morado cv. PMV – 581

Sevilla y Valdez, (1985), señalan que el cultivar mejorado de maíz morado “PMV-581” se originó de la variedad Morado de Caráz (primero por selección fenotípica de mazorca y color de grano y posteriormente por selección masal y selección mazorca-hilera); y es recomendado para siembras en la Costa.

Las plantas presentan un promedio de altura de 2.10 m, con 1.2 m de altura a la mazorca principal, 12 hojas por planta, 5 hojas por encima de la mazorca principal, una precocidad de 90 a 110 días a la floración masculina y un total de 170 días a la cosecha. Asimismo, presenta 1.5 mazorcas por planta, 135 g de peso de mazorca a 14% humedad, 4.8 cm de diámetro y 14.5 cm de longitud de mazorca. El rendimiento potencial es de 6,000 kg/ha de mazorcas.

Cuadro 1. Análisis físico-químico del suelo del área experimental

Determinación	Valor	Unidad	Método de Análisis
Conductividad Eléctrica (C.E.)	5.83	dS/m	Lectura del extracto de saturación
Análisis mecánico			
Arena	61	%	Hidrómetro de Bouyucos
Limo	28	%	Hidrómetro de Bouyucos
Arcilla	11	%	Hidrómetro de Bouyucos
Clase Textural	Franco arenoso		Triángulo Textural
Ph	7.44		Potenciómetro 1:1 Agua/Suelo
Calcáreo total	3.80	%	Gasó Volumétrico
Materia Orgánica	1.17	%	Walkley y Black
Fósforo disponible	14.6	ppm	Olsen modificado
Potasio disponible	192	ppm	Acetato de Amonio 1N/pH 7
Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C)	11.52	meq/100g	Acetato de Amonio 1N/pH 7
Cationes cambiables			
Ca ⁺⁺	9.30	meq/100g	Espectrofotometría de absorción atómica
Mg ⁺⁺	1.78	meq/100g	Espectrofotometría de absorción atómica
K ⁺	0.26	meq/100g	Espectrofotometría de absorción atómica
Na ⁺	0.18	meq/100g	Espectrofotometría de absorción atómica

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes UNALM

Cuadro 2. Análisis del agua de riego

C.E.	dS/m	3.40
pH		7.35

Calcio	meq/l	19.30
Magnesio	meq/l	5.41
Potasio	meq/l	0.26
Sodio	meq/l	13.48
Suma de cationes		38.45

Nitratos	meq/l	0.65
Carbonatos	meq/l	0.00
Bicarbonatos	meq/l	1.52
Sulfatos	meq/l	13.13
Cloruros	meq/l	23.20
Suma de aniones		38.50

Sodio	%	35.06
RAS		3.84
Boro	ppm	0.75
Clasificación		C4 – S1

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes UNALM

Cuadro 3. Datos meteorológicos del área experimental de Junio del 2011 a Enero de 2012

Mes	Radiación circunglobal (Ly/día)	Heliofania (horas)	T° media mensual (°C)	HR media mensual (%)	Evaporación del tanque (mm/día')	Precipitación (mm/día)
Agosto	144.28	0.72	15.40	90.0	0.91	0.20
Setiembre	291.28	4.17	16.40	85.0	1.96	0.12
Octubre	374.57	5.18	17.70	87.0	2.66	0.01
Noviembre	378.63	5.30	19.50	82.0	2.94	0.05
Diciembre	394.08	4.55	21.70	79.0	3.04	0.00
Enero	453.25	7.48	24.10	73.0	4.43	0.00
Promedio	296.87	3.78	18.74	83.38	2.33	0.08

FUENTE: Observatorio Meteorológico Alexander Von Humbolt (Latitud 12°05' S; Longitud 75°57' W; Altitud 243.7 msnm)

3.1.6 Módulo de riego por goteo

La parte experimental se manejó bajo riego localizado de alta frecuencia por goteo. El módulo presentó:

Matriz:

45 válvulas de 1 pulg.(Llave de apertura/cierre)

2 válvulas de ½ pulg. (Llave de ingreso del fertilizante - venturi)

22 m de tubería principal PVC de 1 pulg. 40 m de tubería PVC de 1 pulg.

1 filtro de anillos de 3/4 pulg.

1 contómetro de agua tipo reloj.

20 micro-válvulas de 16 mm de diámetro

Laterales:

160 m de laterales de goteo de 16 mm (PE)

540 goteros autocompensados Katiff de 2.3l/h

20 conectores de salida

20 terminales de línea

Fertilización

1 Tanque de inyección de fertilizantes

3.1.7 Fertilizantes

Fuente	Nutrientes		
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Nitrato de Amonio	33.5%	-	-
Fosfato Monoamónico	10.5%	61%	-
Sulfato de Potasio		-	50 %

3.1.8 Ácidos Húmicos

Los ácidos húmicos comerciales pueden extraerse de suelos orgánicos, estiércol materia orgánica en descomposición cieno, lacustre, turbas, aguas de río, lagunas etc. Las cantidades que se extraen dependen del grado de humificación-mineralización de la materia orgánica en descomposición. Pero en su mayoría, los ácidos húmicos comerciales se extraen exclusivamente de depósitos de turba y de leonardita.

Las proporciones de las fracciones componentes de los ácidos húmicos comerciales varían según su origen y método de extracción. Los ácidos húmicos son comercializados ya sea en forma líquida o en polvo. Para fines del experimento se utilizó en la forma líquida, su aspecto es de una solución concentrada de color negro o café oscuro. La pequeña cantidad de ácidos húmicos recomendados para su aplicación no puede ser considerado como un fertilizante principal, su efecto estimulante, se observa en presencia de un adecuado aporte de nitrógeno, fósforo y potasio.

Los ácidos húmicos comerciales utilizados en el presente experimento fueron:

Fuente: Cropfield humato potásico

(Bioestimulante orgánico a base de ácidos húmicos de leonardita)

Composición Química:

Ingrediente Activo	P/P	P/V
Ácido Húmico(*)	10.80%	12.00%
Ácido Fúlvico(*)	2.70%	3.00%
Nitrógeno	1.38%	1.10%
Fosforo (P ₂ O ₅)	0.15%	0.4%
Potasio (K ₂ O)	8.70%	10.0 %
Aditivos C.S.P.	100.00%	100.00%

(*) *Procedencia: Leonardita*

Propiedades Físico-Química:

Estado físico	Líquido soluble
Color	Negro
Olor	Característico
pH(0.2%) a 20°C	13.8
Densidad 20°C	1.12 g/cc
Solubilidad en agua	Soluble

3.1.9 Otros materiales

Mochila de fumigación, Cámara fotográfica, Balanza electrónica de precisión, Estufa, Libreta de campo, Insecticidas y fungicidas, Bolsas plásticas, agua, lápiz, cartulina y tijeras, Palas, pico, rastrillo y serrucho, Cinta métrica y wincha, Cordeles, Vernier, Letreros

3.2 Metodología

A nivel de campo el ensayo se probaron tres niveles nutricionales, en donde se evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada –fosforada con y sin ácidos húmicos en base a un testigo no fertilizado y no aplicado con enmiendas húmicas.

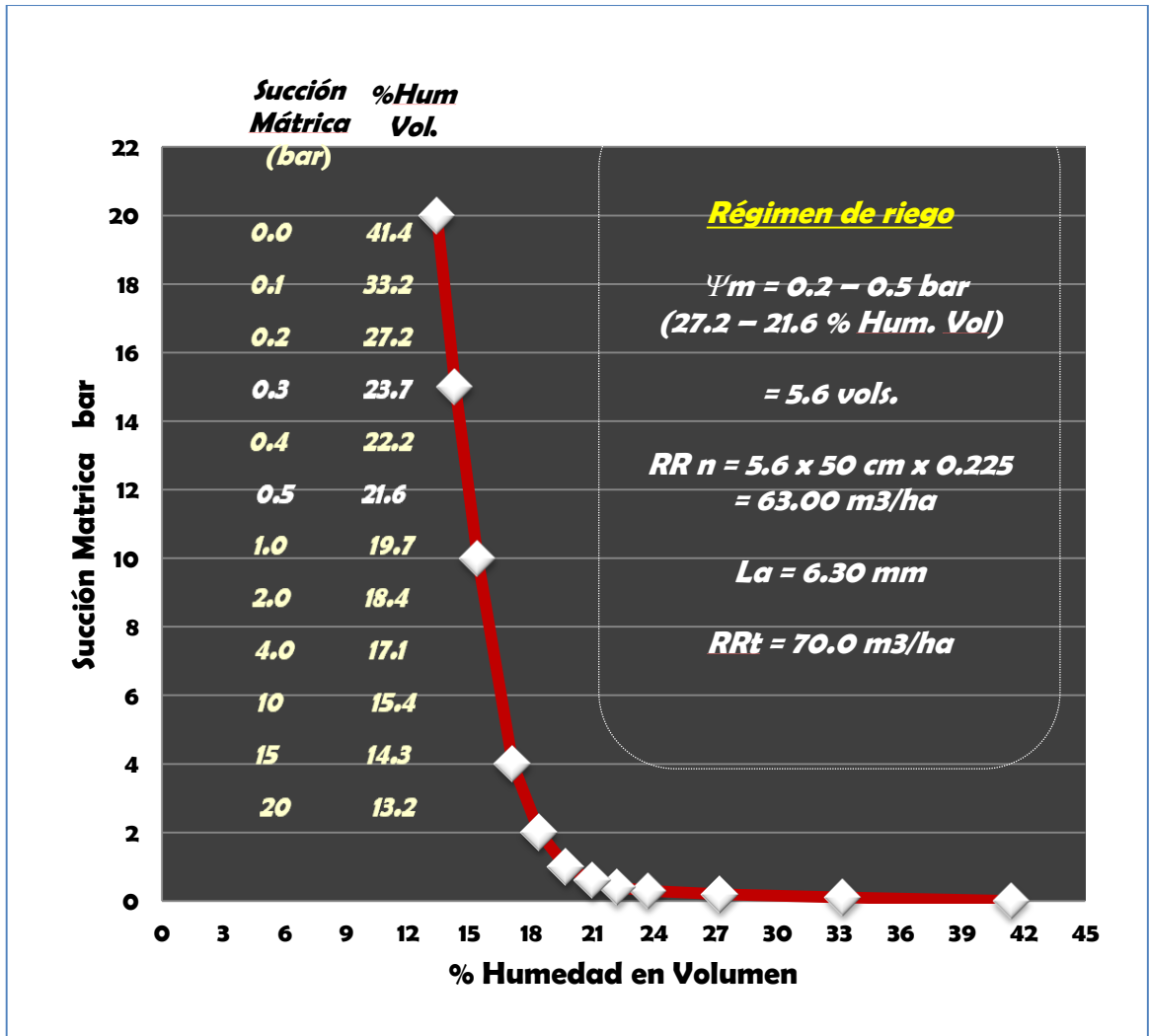
El ensayo se instaló en camas de producción levantadas 15 cm, separadas 1.60 m y alimentadas con un lateral de riego con emisores a un espaciamiento de 30 cm entre sí. Cada cama de producción fue subdividida parcela en 3 subparcelas de 8 emisores y 3.840 m² de área efectiva donde se dispusieron los niveles nutricionales al azar.

El ensayo fue manejado a nivel de agricultura moderna, mediante la técnica de la fertirrigación en base a la inyección de los elementos fertilizantes previamente solubilizados vía la red de riego del sistema, el cual permitió aplicar el agua, localizándola en la zona de influencia radicular a intervalos constantes estableciendo así su característica de riego localizado de alta frecuencia.

La presión de trabajo del sistema de riego se mantuvo entre 8.0 a 10 metros de columna de agua (m.c.a).El sistema operó con una eficiencia de 90 % y el caudal por emisor fue de 2.3 l/hora. La humedad se distribuyó a lo largo del campo en forma de bulbos de humedad, que posteriormente se unió en forma de franjas continuas de humedad a lo largo de las parcelas experimentales. El sistema permitió aplicar agua e inyectar de fertilizantes previamente solubilizados en forma localizada.

El sistema de riego funcionó un tiempo determinado por día, según los estadios fenológicos del cultivo. El tiempo de riego se calculó en base a la curva característica de humedad previamente elaborada para el suelo del ensayo (Figura 1). Los volúmenes de humedad (5.6 vols.) a aplicar en cada riego, estuvieron comprendidos entre valores de succión mátrica de 0.2 a 0.5 bar (rango normal de la succión mátrica para riego localizado

Figura 1. Curva Característica de Humedad del suelo de la zona experimental Suelo Franco Arenoso (61% arena- 28% Limo – 11% Arcilla)



Para bulbos de humedad de 50 cm de profundidad y una relación de humedecimiento de 22.5% para las condiciones del módulo de riego del área experimental, la lámina neta a aplicar ($L_n = 5.6 \text{ vols.} \times 50 \text{ cm.} \times 0.225$) fue de 6,3 mm y para una eficiencia media de riego de 90%, la lámina total fue de 7.0 mm. La evapotranspiración potencial (ETp) fue estimada en base al dato del Tanque Americano Clase A (Eo) y la lámina neta aplicada (ETc), permitió estimar el coeficiente del cultivo por estado fenológico ($K_c = ETc/Eo$)

En general, las labores agronómicas y de sanidad del cultivo fueron manejadas a un nivel estándar con la finalidad de no afectar los resultados de los tratamientos por su presencia.

Para la práctica de la fertirrigación se empleó un venturi de ¾ de pulgada y un depósito para ingresar el fertilizante a la red de riego, dicho tanque estuvo ubicado a una altura de 8 m, de manera que se tuvo que regular la presión para poder inyectar la solución nutritiva al sistema. La aplicación de los fertilizantes se inició a los 20 días después de la siembra, continuándose esta práctica hasta terminar de aplicar el potasio.

El nivel de fertilización nitrogenada y fosforada fue de 160 kg/ha de N y de 80 kg/ha de P₂O₅, y la cantidad de ácidos húmicos de 300 l/ha. La aplicación de ácidos húmicos se realizó desde los 27 dds hasta los 55 dds en cuatro oportunidades. Y fueron localizados mecánicamente a nivel de subparcela, utilizando recipientes graduados, previa dilución en agua, durante el periodo del crecimiento inicial del cultivo

La fertilización fosforada se realizó en cuatro oportunidades (25% por aplicación) a los 20, 27, 37 y 47 días después de la siembra (dds). La fertilización nitrogenada se realizó cada 7 días desde los 27 hasta los 83 dds, en ocho oportunidades. El potasio se aplicó desde los 52 hasta los 94 dds, en seis oportunidades.

.3.2.1 Factores en estudio

I. Niveles de Potasio

Clave	Nivel (Kg/ha K₂O)	Característica
K0	0	Testigo
K1	80	bajo
K2	160	medio
K3	240	Alto

II. Nivel nutricional

Clave	Nivel (Kg/ha N –P205 + AH- l/ha)	Característica
N1	0	Testigo sin N – P205 y sin ácidos húmicos
N2	160 N – 80P205	N –P205 sin ácidos Húmicos
N3	160 N -80 P205 + 300 l/ha AH	N – P205 con ácidos Húmicos

3.2.2 Características del campo experimental

• Características del campo experimental

Largo efectivo: 28.8 m
Ancho efectivo: 8.0 m
Área efectiva: 230.4 m²

• Del bloque

Largo efectivo: 7.2 m
Ancho efectivo: 8 m
Área efectiva: 57.6 m²
Número de bloques 4

• De la parcela

Largo efectivo: 7.2 m
Ancho efectivo: 1.6 m
Área efectiva: 11.52m²
Número de Subparcelas: 20

• De la subparcela

Largo efectivo: 2.4 m
Ancho efectivo: 1.6 m
Área efectiva: 3.84 m²
Número de Subparcelas: 60

3.2.3 Diseño experimental

El diseño experimental empleado en el presente trabajo de investigación fue de bloques completos al azar para realizar la prueba de los 3 niveles nutricionales, posteriormente en arreglo factorial se realizó el análisis combinado de los 4 experimentos cada uno de los cuales se manejó con un nivel determinado de potasio.

Fuentes de variabilidad	GL
Bloques (niveles de K ₂ O)	16
Nivel de Potasio (KK)	3
Nivel nutricional (NN)	2
Interacción (KK X NN)	6
Error	32
Total	59

3.2.4 Cronología del experimento

Las principales labores realizadas en la conducción del presente trabajo de investigación se encuentran referidas en el Cuadro 4.

Para la preparación del terrenos e procedió inicialmente con la limpieza de residuos de la campaña anterior, luego se procedió a la preparación del terreno a una profundidad de 40 cm, así mismo, se levantaron 20 camas de producción a 15 cm de altura y separadas a 1.60 m, entre laterales de riego, posteriormente se realizó su nivelación para finalmente proceder a la instalación del sistema de riego para tener el terreno apto y acondicionado para el momento de la siembra.

La siembra fue directa con semillas de maíz morado PMV- 581 proporcionado por el programa de maíz de la UNALM. Se sembraron tres semillas por golpe a simple hilera, finalmente al desahije eliminar dos de cada tres, para ello se observó las plántulas procediendo a retirar las débiles, de menor tamaño, o albinas. El aporque inicial se realizó cuando las plantas alcanzaron aproximadamente 20 cm de altura. Los deshierbos se realizaron permanentemente, principalmente de forma manual, manteniendo el campo limpio de malas hierbas durante el ciclo del cultivo.

Se realizaron aplicaciones fitosanitarias, para el control de gusano de tierra; aplicación de insecticida Dorsan en presiembra para el control de gusano de tierra, luego se aplicó un insecticida (Diatrex) para el control del cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Se hicieron tres aplicaciones más para controlar cogollero, intercalando estos productos.

Finalmente, la cosechase realizó a los 145 días, manualmente y por subparcela, pesando y contando mazorcas. Así mismo, se utilizó sacos para retirar las mazorcas del campo experimental. Las mazorcas cosechadas se llevaron al laboratorio para ser evaluadas tomando en cuenta las características de cada variable del trabajo de investigación.

3.2. 5 Evaluaciones experimentales

A los 90 días del ciclo vegetativo del cultivo, coincidiendo con el término de la floración femenina se evaluaron las siguientes variables de crecimiento del cultivo: altura de planta área foliar, materia seca total y sus componentes. Asimismo, se evaluó el número total de hojas, número de hojas por encima de la mazorca principal y la altura de la mazorca principal

Numero de hojas

Se tomó aleatoriamente por subparcela una planta, posteriormente se contabilizó las hojas tomando como criterio su estado, solo se contabilizó hojas desarrolladas.

Altura de planta (m)

De las mismas plantas que anteriormente se evaluó el número de hojas, también fueron evaluadas la altura. Para registrar la medida se usó como referencia el cuello de planta hasta el último nudo del tallo donde se sostiene o emerge la panoja.

Área foliar (cm²/planta)

Para registrar esta variable, se pesó el número de hojas frescas totales, luego tomándose de las mismas un determinado número de rectángulos (10) de área conocida, para posteriormente relacionarlos con el peso fresco total de las hojas por planta. Expresado en (cm²/planta).

Número de hojas por encima de la mazorca principal

Se contabilizó el número de hojas sobre la mazorca principal incluida de la hoja de mazorca.

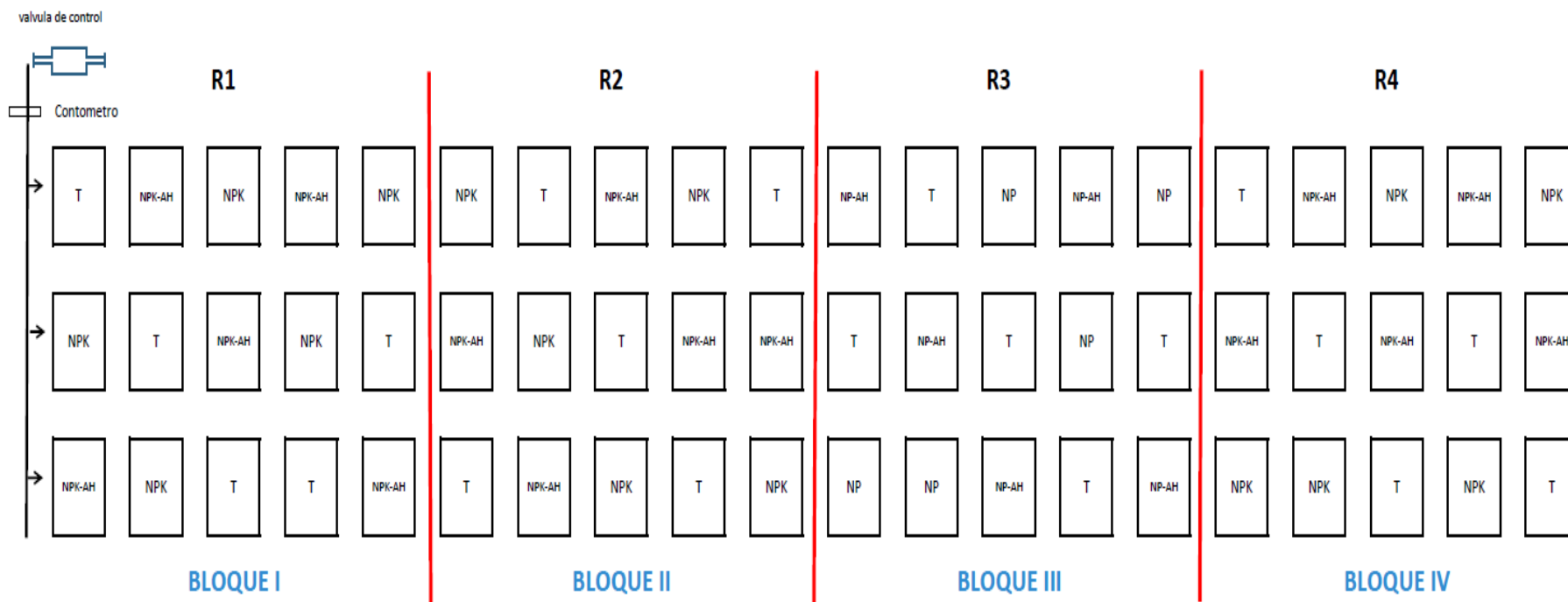
Diámetro del tallo

Para registrar esta variable, se muestrearon los tallos de las treinta y nueve plantas evaluadas por subparcelas, se midió en el centro del primer entre nudo emergente del suelo, en las plantas evaluadas, utilizando el vernier. Se expresó en (cm).

Materia seca total (g/planta)

Las muestras de hojas, tallo y panoja fueron secadas al ambiente por un tiempo de 48 horas y posteriormente se sometió a desecamiento en la estufa (a 65° C durante 72 horas). Determinado el contenido de humedad de cada componente morfológico, se calculó la materia seca de cada uno, teniendo como referencia la materia fresca inicial. Para completar la materia seca total, fue necesario adicionar el peso promedio de mazorcas/planta y el peso promedio de panca lo cual fue posible al final de la cosecha. Esto fue expresado en (g/planta).

Figura 2 Diagrama físico del sistema de riego y de las parcelas experimentales



Categoría	Niveles			AH L/Ha
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Bloque I	160	80	160	300
Bloque II	160	80	80	300
Bloque III	160	80	0	300
Bloque IV	160	80	240	300

Cuadro 4. Cronología de la conducción del experimento

Actividad	Fecha	Intervalo	
		Parcial	Acumulado
Muestreo del campo (análisis del suelo)	29-ago-11	0	-6
Muestro del agua (análisis de agua)	29-ago-11	0	-6
Preparación del terreno	30-ago-11	0	-5
Apertura del sistema	03-sep-11	0	-1
Siembra	04-sep-11	0	0
Aplicación de insecticida	10-sep-11	6	6
Re – siembra	12-sep-11	2	8
Deshierbo	18-sep-11	6	14
Aplicación de Insecticida	18-sep-11	0	14
Desahije	20-sep-11	2	16
1ra. Fertilización N; 1ra con P (50%) y 1ra con AH	11-oct-11	21	37
2da Fertilización con N; con P (50%) y 2da con AH	19-oct-11	8	45
Aporque	20-oct-11	1	46
Aplicación de insecticida	21-oct-11	1	47
3ra Fertilización con N; 1ra con K y 3ra de AH	26-oct-11	5	52
4ta fertilización con N; 2da con K y 4ta con AH	02-nov-11	7	59
Aplicación de insecticida	03-nov-11	1	60
5ta Fertilización con N; 3ra con K	09-nov-11	6	66
Aplicación de insecticida	10-nov-11	1	67
6ta Fertilización con N y 4ta con K	16-nov-11	6	73
7ma Fertilización con N y 5ta con K	23-nov-11	7	80
8va Fertilización con N y 6ta con K	30-nov-11	7	87
Evaluación de las variables de crecimiento	03-dic-11	3	90
Cierre del sistema de riego	26-dic-11	26	113
Cosecha	27-ene-12	32	145

3.2.6 Determinación del rendimiento del cultivo de maíz morado cv. PMV – 581 (mazorca a 14% de humedad- kg/ha)

A los 145 días de la siembra se realizó la cosecha contando y pesando las mazorcas de cada sub parcela, registrándose el peso y el número de mazorcas, clasificándolas en mazorcas comerciales (mazorcas sin daños y completas) y mazorcas descarte (con daños físicos, sin granos completos, albinas y torcidas). Se tomaron muestras por subparcela (1) de mazorcas para determinar el contenido (%) de humedad a la cosecha. Posteriormente, se corrigió el peso de campo en función de las fallas, de la humedad de mazorca al 14% de humedad, por contorno del área y se expresó en kg/ha de mazorcas de rendimiento total y de rendimiento comercial en base a la eliminación del rendimiento descarte.

Determinación del porcentaje de humedad de mazorca

Para determinar el porcentaje de humedad correspondiente a la mazorca se utilizó una estufa a 75°C para determinar por gravimetría su contenido de humedad

Ajuste al 14% de Humedad de mazorca

Se procedió a ajustar la humedad de mazorca al 14 %, empleándose la siguiente fórmula:
f = factor de corrección

$$f = \frac{(100 - \%Humedaddecampo)}{86}$$

Corrección del peso de campo por fallas

Para corregir el peso de campo por fallas, se empleó la tabla de factores de corrección por falla de acuerdo a la fórmula de Jenkins, adaptada para riego localizado.

$$Pcf = Ph * \frac{(H-0.3M)}{(H-M)} = pH * f \text{ Dónde:}$$

Pcf: Peso corregido por fallas.

Ph: Peso de campo.

H: Número de golpes/parcela cuando la población es perfecta (0 fallas).

M: Número de fallas, una falla cuando no hay plantas en el golpe.

f: factor de corrección.

Peso ajustado al 14% de humedad

$$PC14\% = f * Pcf$$

Rendimiento de mazorca (kg/ha)

Se halló mediante la siguiente fórmula

$$RTO \left(\frac{kg}{ha} \right) = \left(\frac{10000}{A} \right) * 0.971 * PC$$

Dónde:

A: Área de parcela

0.971: Coeficiente de contorno

PC: Rendimiento de mazorcas (kg/parcela, corregido por fallas y humedad).

3.2.7 Componentes del rendimiento

Número de plantas por metro cuadrado

Se contó el número de plantas por parcela al final del experimento, con ello se calculó el número promedio de plantas por metro cuadrado.

Numero de mazorcas por planta

En base al número de plantas por subparcela y número total de mazorcas cosechadas, se procedió a determinar el número de mazorcas por planta.

Peso promedio de mazorcas comerciales

En base al peso total por subparcela de mazorcas comerciales y al número determinado por conteo en campo, se calculó el peso promedio de mazorcas.

Características de la mazorca

Del total de mazorcas cosechadas por subparcela, fueron tomadas diez mazorcas al azar, en las cuales se determinó.

Longitud de la mazorca (cm)

Se midió de las diez mazorcas tomadas al azar, su longitud desde la base hasta el ápice. Posteriormente se determinó el valor promedio.

Diámetro de mazorca (cm)

Se obtuvo de diez mazorcas tomadas al azar, midiendo su diámetro en la parte media de cada mazorca. Posteriormente se promedió los valores encontrados.

3.2.8 Parámetros agronómicos del cultivo

Eficiencia de uso de agua (EUA-Kg/m³)

Relación entre el rendimiento comercial y el requerimiento de riego del cultivo.

$$\text{EUA (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Rendimiento comercial (kg/ha)}}{\text{Riego aplicado (m}^3\text{/ha)}}$$

Índice de cosecha (IC-%)

Relación porcentual entre la materia seca de la mazorca comercial respecto de la materia seca total de la parte aérea (hojas+ tallo+ panca+ panoja)

$$\text{IC (\%)} = \frac{\text{Materia seca de mazorca (kg)}}{\text{Materia seca total (kg)}}$$

Coefficiente de transpiración (CT-l/kg)

Relación entre la cantidad de agua evapotranspirada (lámina neta), respecto a la materia seca total producida.

$$\text{CT (l/Kg)} = \frac{\text{Requerimiento neto de riego (ETc - l/ha)}}{\text{Materia seca total (kg/planta) x N}^\circ \text{ plantas/ha}}$$

Índice de área foliar (IAF)

Relación entre la superficie foliarexpuesta a la radiación solar (m²) respecto a la superficie de terreno (m²)

$$\text{IAF} = \frac{\text{N}^\circ \text{ plantas/ha x área foliar (m}^2\text{/planta)}}{10000 \text{ m}^2\text{/ha}}$$

Requerimiento de riego (m³/ha)

Se obtuvo por lectura directa del contómetro (caudalímetro) desde el inicio del ensayo (riego de pre siembra) hasta el final del ciclo del cultivo y el promedio de la eficiencia del sistema de riego por goteo empleado (90%). La cantidad de agua aplicada (m³/unidad de riego) se expresaron en m³/ha.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuadros que se presentan a continuación, han sido elaborados a partir del anexo y comprenden la serie numerada de 5 al 13, en los que se presentan los valores promedios de las variables evaluadas y se acompaña del resumen del análisis de varianza de los factores en estudio, mostrando la significación estadística y los coeficientes de variabilidad.

4.1 Resultados generales y parámetros agronómicos de maíz morado cv. PMV – 581

En el cuadro 5. presenta los resultados generales y los parámetros agronómicos que caracterizan al cultivo de maíz morado PMV – 581; eficiencia de uso de agua (EUA-kg/m³), Índice de cosecha (IC%), índice de área foliar (IAF-m²/m²), coeficiente de transpiración (CT-l/kg) y evapotranspiración del cultivo (ETc - mm/campaña)

Bajo las condiciones de clima, suelo y manejo agronómico del presente ensayo, el periodo vegetativo del cultivo fue de 145 días después de la siembra (DDS), siendo el gasto de agua de riego de 3,957.3 m³/ha y el rendimiento comercial promedio de mazorcas 6,907 de kg/ha. Asimismo, para una población de 5,1 plantas /m², el número promedio de mazorcas por planta 1.37 y el peso promedio de mazorca 138.7 g. Bajo estas condiciones las plantas alcanzan una altura de 256.9 cm, expanden una superficie foliar de 7,163 cm²/planta y acumulan un total de materia seca de 341.8 g/planta, siendo la relación de hojas: tallos: mazorca: panoja: panca de 11.8%, 43.4%, 33.6%, 2.3% y 8.9% respectivamente, presentando un diámetro de mazorca de 4.55 cm y cuya longitud de mazorca alcanzo 15.3 cm. Los parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado PMV – 581 en general, alcanzaron valores similares comparados con ensayos con la misma variedad de maíz morado, en similares condiciones medio ambientales.

4.1.1 Eficiencia de uso de agua (EUA-Kg/m³)

La eficiencia de uso de agua, principal parámetro agronómico de los cultivos, relaciona los kilogramos de mazorcas de maíz morado producidos por metro cúbico de agua aplicado en el riego presenta como valor medio 1.74 kg/m³.

Al respecto, **Espinoza (2003)**, en condiciones similares de calidad de agua, suelo y medio ambiente, investigó sobre el efecto de la fertirrigación nitrogenada en maíz morado cv. PMV-581, encontrando valores para la EUA de 3.6 kg/m³. **Solano (1999)**, sobre el efecto de la fertirrigación NPK en el rendimiento de tres variedades de maíz morado, encontró valores de EUA de 1.21 kg/m³ para la variedad morado Canteño, de 1.20 kg/m³ para la variedad PMV-581 de Huánuco y de 1.17 para la variedad PMV-581 de Cañete. Asimismo, **Mayanga (2011)**, probando el efecto de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada en maíz morado cv. PMV-581, encontró valores promedio de 1.3kg/m³ para la EUA. **Giles (2011)**, en maíz morado cv. PMV-581, probando el efecto de la aplicación de ácidos húmicos y de la fertilización nitrogenada, encontró un valor promedio en la EUA de 0.93 kg/m³. **Rodríguez (2013)** encontró un valor promedio de 1.7 kg/m³ comparando densidades de siembra y niveles nutricionales. **Alvarado (2014)** encontró un valor 1.84 kg/m³ en promedio para tres láminas de riego aplicadas en maíz morado PMV -581. Finalmente, **Aguirre (2014)** en el cultivar PRO-Semillas encontró una eficiencia de uso de agua de 1.66 kg/m³ aplicando humatos de potasio y fertilización nitrogenada en maíz morado.

4.1.2 Evapotranspiración (ETc) y Coeficiente de Cultivo (Kc)

La evapotranspiración del cultivo (ETc) equivale al consumo neto de agua por la planta. El proceso se define como la pérdida de agua de una cubierta vegetal bajo la forma de vapor a través de la evaporación y transpiración durante un intervalo dado. En las condiciones en que prosperó el cultivo de maíz morado PMV-581, la evapotranspiración promedio (ETc) fue de 356.1 mm/campaña, con una media de 2.87mm/día (28.7m³/ha/día evapotranspirados) y un coeficiente de cultivo (Kc) estimado de 0.91.

Al respecto, **Espinoza (2003)**, en condiciones similares de calidad de agua, suelo y ambiente, sobre el efecto de la fertirrigación nitrogenada en maíz morado PMV-581, encontró valores para la evapotranspiración del cultivo (ETc) de 257.1 mm/campaña, con un valor medio de 0.72 mm/día y un Kc medio de 1.09. **Solano (1999)**, sobre el efecto de la fertirrigación NPK en tres variedades de maíz morado, encontró valores para la ETc de 346.4 mm/campaña, con una media de 3.20 mm/día y un Kc medio de 0.91. Asimismo, **Mayanga (2011)**, encontró valores promedio para la ETc de 375.77mm/campaña con una media de 3.25 mm/día y 0.96 de Kc medio. **Giles (2011)**, de 365.0 mm/campaña, con una media de 2.9 mm/día y 0.87 de Kc medio. **Rodríguez (2013)** encontró un valor promedio

de 349.7 mm/campaña y un Kc medio de 0.96, comparando densidades de siembra y niveles nutricionales. **Alvarado (2014)** en promedio obtuvo en evapotranspiración 300.10 mm/campaña con una media de 2.25 mm/día y un Kc medio de 0.82 comparando tres láminas de riego aplicadas en maíz morado PMV - 581. Finalmente, **Aguirre (2014)** en el cultivar PRO-Semillas encontró una Evapotranspiración promedio (ETc) de 311.1 mm/campaña, con una media de 2.15 mm/día y un coeficiente de cultivo (Kc) estimado de 0.97 comparando niveles de fertilización nitrogenada en maíz morado.

4.1.3 Índice de área foliar (IAF)

Parámetro que expresa la relación entre la superficie foliar expuesta a la radiación solar por unidad de terreno y por tanto, un gran estimador de la capacidad de producción del cultivo. Al respecto, el cultivo de maíz morado PMV-581 presenta en promedio (considerando una población de plantas de 50,868.0 plantas/ha) un índice de área foliar (IAF) de 3.64m²/m².

Al respecto, **Espinoza (2003)**, sobre el efecto de la fertirrigación nitrogenada en maíz morado PMV-581, encontró valores para el índice de área foliar (IAF) de 7.3 m²/m² asimismo, **Solano (1999)**, sobre el efecto de la fertirrigación NPK en tres variedades de maíz morado, encontró valores en el IAF para la variedad morado canteño de 3.1 m²/m², para la variedad PMV-581 en Huánuco de 3.1 m²/m² y de 3.0 m²/m² para la variedad PMV-581 de Cañete. Asimismo, **Mayanga (2011)**, encontró un valor en el IAF de 7.6m²/m². **Giles (2011)**, encontró un valor en el IAF de 5.7m²/m². **Rodríguez (2013)** encontró un valor promedio de 7.1 m²/m², comparando densidades de siembra y niveles nutricionales. **Alvarado (2014)** obtuvo 2.6 m²/m² como índice de área foliar en las tres láminas de riego y nivel nutricional aplicadas en maíz morado PMV - 581. Finalmente, **Aguirre (2014)** en el cultivar PRO-Semillas encontró una IAF de 1.85 m²/m² comparando niveles de fertilización nitrogenada en maíz morado.

4.1.4 Índice de cosecha (IC%)

El índice de cosecha (IC) expresa la eficiencia del cultivo, relacionando la materia seca del producto cosechado (mazorcas) respecto de la materia seca total producida (hojas tallos, mazorca, panca y panoja). Al respecto, la media para el cultivo de maíz morado PMV-581 alcanza un valor de 46.1%.

Al respecto, **Espinoza (2003)**, encontró valores para el índice de cosecha (IC) de 45.6%. **Solano (1999)**, encontró valores en el IC de 38.1% para la variedad morado Canteño, para la variedad PMV-581 en Huánuco de 37.8% y de 37.5% para la variedad PMV-581 de Cañete. Asimismo, **Mayanga (2011)**, probando el efecto de la fertilización nitrogenada en maíz morado cv. PMV-581, encontró un valor en el IC de 31.4%. **Giles (2011)**, en maíz morado cv. PMV-581, probando el efecto de la aplicación de ácidos húmicos y de la fertilización nitrogenada, encontró un valor en el IC 35.3%. También, **Rodríguez (2013)** encontró un valor promedio de 34.7% comparando densidades de siembra y niveles nutricionales. **Alvarado (2014)** obtuvo 42.8% como índice de cosecha en las tres láminas de riego y nivel nutricional aplicadas en maíz morado PMV - 581. Finalmente, **Aguirre (2014)** en el cultivar PRO-Semillas encontró un IC de 52.6% comparando niveles de fertilización nitrogenada en maíz morado.

4.1.5 Coeficiente de transpiración (CT)

Parámetro agronómico que indica la cantidad de agua evapotranspirada necesaria para producir un kilogramo de materia seca - parte aérea. Así, el coeficiente de transpiración promedio encontrado en maíz morado PMV-581 fue de 204.8 l/kg.

Al respecto, **Espinoza (2003)**, encontró valores para el coeficiente de transpiración de 167.4 l/kg. **Solano (1999)**, encontró valores de 234.9 l/kg para la variedad morado Canteño, para la variedad PMV-581 en Huánuco de 229.3 l/kg y para la variedad PMV-581 de Cañete de 229.2 l/kg. Asimismo, **Mayanga (2011)**, encontró un valor de 187.9 l/Kg. **Giles (2011)**, encontró un valor de 205.8 l/kg. También, **Rodríguez (2013)** encontró un valor promedio de 187.9 l/kg de Coeficiente de transpiración comparando densidades de siembra y niveles nutricionales. **Alvarado (2014)** obtuvo, en promedio, 202.9 l/kg como coeficiente de transpiración en las tres láminas de riego aplicadas en maíz morado PMV - 581. Finalmente, **Aguirre (2014)** en el cultivar PRO-Semillas encontró un CT de 318.3 litros evapotranspirados por Kg de materia seca producida comparando niveles de fertilización nitrogenada en maíz morado.

4.2 Fenología del cultivo de maíz morado cv. PMV - 581 y consumo de agua de riego

El Cuadro 6 presenta el consumo de agua de riego por estado fenológico del cultivo de maíz morado PMV-581. Durante los 145 días que duró el ciclo vegetativo. El uso-consumo de agua, con una eficiencia de riego de 90% fue de 3,976.5 m³/ha.

A los 8 días después de la siembra(dds) a la germinación de la semilla, el consumo de agua fue de 99.55m³/ha, asimismo, la evapotranspiración del cultivo(ETc) fue de 1.12 mm/día y el Kc estimado fue de 0.52.

A los 28 dds el cultivo presentó en promedio 5 hojas verdaderas y el consumo de agua fue de 576.2m³/ha que representa el 14.5% de agua aplicada, asimismo, la evapotranspiración del cultivo (ETc) fue de 2.15 mm/día y el Kc estimado fue de 0.78.

A los 43 dds el cultivo presentó en promedio siete hojas verdaderas y el consumo de agua fue 961.2m³/ha, representando el 24.2% del total aplicado. En este periodo la evapotranspiración del cultivo (ETc) fue de 2.31 mm/día y el Kc estimado fue de 0.84.

A los 60 dds el cultivo presenta 9 hojas. En este momento, el gasto parcial de agua se eleva a 1,508.2 m³/ha, representando el 38.1% del total aplicado. En este período, la Evapotranspiración promedio del cultivo es 2.9 mm/día y el Kc estimado de 0.92.

A los 66 dds aparece la inflorescencia masculina, siendo el consumo de agua de 1,718.2 m³/ha, representando el 43.2% del total aplicado. En este período, la ETc promedio del cultivo es de 3.15 mm/día y el Kc promedio estimado de 1.00.

A los 73 dds el cultivo presenta 11 hojas. En este momento el gasto parcial de agua se eleva a 1,988.2 m³/ha, siendo el 50.2 % del total aplicado. En este período, la Evapotranspiración promedio del cultivo es 3.47 mm/día y el Kc estimado de 1.10.

A los 82 dds aparece la inflorescencia femenina, el gasto de agua en esta etapa es de 2,341.2 m³/ha, representando el 59.1% del total aplicado. En este período, la ETc promedio del cultivo es de 3.53 mm/día y el Kc promedio estimado de 1.12.

A los 87 dds el cultivo presentó en promedio 12 hojas y se aplicaron 2,558.4 m³/ha, siendo el 64.6% del total aplicado. Asimismo la evapotranspiración del cultivo fue de 3.91mm/día y el Kc estimado fue de 1.24.

A los 106 dds el cultivo se encuentra en formación de grano, siendo el gasto de agua en este momento fenológico de 3,199.3 m³/ha, siendo el 81 % del total aplicado. En este período, la ETc promedio del cultivo es de 3.04mm/día y el Kc estimado es 0.88.

Finalmente, a los 128 dds el cultivo se encuentra iniciando la madurez fisiológica, siendo el gasto de agua de riego de 3,957.3 m³/ha, representando el 100 % del total aplicado. En este período, la ETc promedio del cultivo fue de 3.10mm/día y el Kc estimado fue de 0.70.

Al respecto, **Espinoza (2003)**, estudiando el efecto de la fertirrigación nitrogenada y densidad de siembra en maíz morado PMV-581, obtuvo un gasto de 3,025.4 m³/ha, siendo el período vegetativo de 184 días. **Solano (1999)**, en una siembra de verano, sobre el efecto de la fertirrigación NPK en tres variedades de maíz morado, gastó un total de agua de riego de 3,765.4 m³/ha, siendo el periodo vegetativo promedio de 108 días. Asimismo, **Mayanga (2011)**, probando el efecto de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada en maíz morado cv. PMV-581, gastó 4,420.8 m³/ha, siendo el periodo vegetativo de 150 días. **Giles (2011)**, en maíz morado cv. PMV-581, probando el efecto de la aplicación de ácidos húmicos y de la fertilización nitrogenada, gastó 4,294.6 m³/ha, siendo el periodo vegetativo de 141 días. **Rodríguez (2013)**, comparo la aplicación de ácidos húmicos con densidades de siembra y gastó un total de 4,114.1 m³/ha con un periodo vegetativo de 152 días. **Alvarado (2014)**, probando tres láminas de riego y niveles nutricionales en maíz morado, con un ciclo vegetativo de 157 días, aplico en promedio 3,530.9 m³/ha. Finalmente, **Aguirre (2014)**, aplicando ácidos húmicos al cultivar PRO-Semillas con un periodo vegetativo de 163 días aplico un total de 3,659.95 m³/ha.

Cuadro 5. Resultados generales y parámetros agronómicos de maíz morado cv. PMU-581

Características	Valor promedio
1 Rendimiento económico (kg/ha de mazorca - 14% Hd)	6,907.0
2 Requerimiento de riego (m³/ha)	3,957.1
3 Componentes del rendimiento	
Numero de mazorcas por planta (unidad)	1.37
Peso promedio de mazorca al 14% de Hd. (g)	138.75
Número de plantas/ha	50,868
4 Variables de crecimiento	
Altura de planta (cm)	256.9
Area foliar (cm ² /planta)	7,164
Materia seca total (g/planta)	341.82
Materia seca de hojas (g/planta)	40.41
Materia seca de tallo (g/planta)	148.48
Materia seca de panca (g/planta)	30.36
Materia seca de panoja (g/planta)	7.60
Materia seca de mazorca (g/planta)	114.95
Numero de hojas por planta (unidad)	11.35
Numero de hojas por encima de la mazorca principal (unidad)	5.2
Diámetro de la mazorca (cm)	4.55
Longitud de mazorca (cm)	15.28
5 Parámetros agronómicos	
Eficiencia del uso del agua (EUA-Kg/m ³)	1.74
Indice de cosecha (%)	46.1%
Coeficiente de transpiración (L/kg)	204.8
Indice de Area foliar (IAF - m ² /m ²)	3.64
Evapotranspiración del cultivo (mm/campaña)	356.1

Cuadro 6. Fenología del cultivo de maíz morado cv. PMU - 581 y consumo de agua de riego

Etapa del cultivo	Estado fenológico	Fecha	Ciclo Vegetativo		Volumen aplicado (L/area)	Requerimiento de riego		Etc (mm/día)	Eto (m/día)	Kc Estimado
			Parcial (días)	Acumulado (días)		Neto (mm)	Aplicado (m³/ha)			
Apertura del sistema		03-sep-11	-1							
Siembra	Siembra	04-sep-11	0	0						
	Emergencia	12-sep-11	8	8	2,293.6	8.96	99.55	1.12	2.15	0.52
Crecimiento vegetativo	5 Hojas	02-oct-11	20	28	10,982.4	42.9	476.67	2.15	2.75	0.78
	7 Hojas	17-oct-11	15	43	8,870.4	34.65	385.00	2.31	2.75	0.84
	9 Hojas	03-nov-11	17	60	12,613.0	49.27	547.44	2.90	3.15	0.92
Crecimiento reproductivo	Inflorescencia masculina	09-nov-11	6	66	4,838.4	18.9	210.00	3.15	3.15	1
	Inflorescencia femenina- 11 hojas	16-nov-11	7	73	6,210.4	24.26	269.55	3.47	3.15	1.1
	12 hojas	25-nov-11	9	82	8,133.1	31.77	353.00	3.53	3.15	1.12
	Polinización	30-nov-11	5	87	5,004.7	19.55	217.22	3.91	3.15	1.24
	Formación de la mazorca	19-dic-11	19	106	14,765.8	57.68	640.88	3.04	3.45	0.88
Cierre del sistema	Madurez fisiológica	10-ene-12	22	128	17,464.3	68.22	758.00	3.10	4.43	0.7
Cosecha	Cosecha	27-ene-12	17	145						
Promedios totales					91,176.4	356.1	3,957.3	2.87	3.13	0.91

Eficiencia de riego
localizado: 90%

Area efectiva de riego = 230.4 m2

4.3 Variables de crecimiento del cultivo maíz morado cv. PMV – 581

4.3.1 Principales variables de crecimiento

El Cuadro 7 y los gráficos del 1 al 6; presentan los resultados obtenidos en las principales variables de crecimiento del cultivo de maíz morado cv. PMV – 581: Altura de planta, área foliar, número de hojas, diámetro de tallo, número de hojas por encima de la mazorca principal y altura de la mazorca principal, por efecto del nivel de Potasio (KK) y por efecto del nivel nutricional (NN).

El análisis de variancia para niveles de Potasio (KK) muestra que la única variable con alta significancia estadística es el área foliar, las demás variables de crecimiento no muestran diferencias estadísticas.

De otro lado, las variables Altura de planta, Área foliar, número de hojas por planta, número de hojas por encima de la mazorca principal y altura a la mazorca principal no muestran diferencias estadísticas por efecto del nivel nutricional (NN) en estudio, en cambio para la variable diámetro de tallo, la diferencia es significativa. Finalmente, ninguna variable muestra diferencias estadísticas para los efectos de interacción de niveles nutricionales por niveles de Potasio, indicando efectos independientes de ambos factores.

Al respecto, **Rodríguez (2013)**, en el ANVA y las pruebas de Duncan respectivas encontró diferencias altamente significativas para el área foliar y diámetro de tallo por efectos del nivel nutricional mientras que por efecto de la densidad de siembra no encontró diferencias para ninguna de las variables en maíz morado cv. PMV - 581. Asimismo, **Aguirre (2014)** comparando la aplicación de humatos de potasio y niveles nutricionales en maíz morado cv. Pro semillas, tampoco encontró diferencias estadísticas para las variables en estudio. Finalmente, **Alvarado (2014)**, comparando láminas de riego y niveles nutricionales en maíz morado cv. PMV – 581 encontró diferencias significativas para el nivel nutricional en variables como altura de planta, área foliar y número de hojas por encima de la mazorca principal, mientras que por efecto de láminas de riego, no encontró diferencias estadísticas.

Para la variable **altura de planta** (Gráfico 1), la prueba de comparación de Duncan por efecto del nivel de potasio (KK) y nivel nutricional (NN), indica que las medias son estadísticamente similares, con diferencias porcentuales menores del 1%. El mayor valor (2.67m) caracteriza a K2: 160 Kg/ha con un incremento del 7.0% respecto al nivel K3: 240 kg/ha, donde se presentó el menor valor (2.5 m). Al respecto, **Rodríguez (2013)**, no encontró diferencias significativas, y se observa que el incremento en los tratamientos es menor al 3%. **Aguirre (2014)**, tampoco encontró diferencias estadísticas probando la aplicación de humatos de potasio y niveles nutricionales para el cv. Pro semillas. Finalmente, **Alvarado (2014)**, para el cv. PMV – 581 no encontró diferencias significativas probando 3 láminas de riego.

Respecto de la variable **área foliar** (Gráfico 2), la prueba de comparación de Duncan por efecto de la aplicación de Potasio (KK), indica que las medias presentan diferencias estadísticas altamente significativas entre niveles de potasio, el mayor valor (7,991 cm²/planta) que caracteriza a K1: 80 kg/ha K₂O representa un 17.0% de incremento respecto al testigo no fertilizado. En cambio, Duncan para niveles nutricionales (NN), indica que las medias son estadísticamente similares aunque el mayor valor (7,337 cm²/planta) caracteriza al tratamiento NP + AH (160-80 kg/ha + 300 l/ha) representa un 6.9% de incremento respecto al testigo no fertilizado. Al respecto, **Rodríguez (2013)**, encontró diferencias significativas a nivel de NPK + AH con un 20.7% de incremento respecto al testigo no fertilizado. Mientras que, **Aguirre (2014)**, no encontró diferencias estadísticas comparando humatos de potasio y niveles nutricionales en el cv. Pro semillas. Finalmente, **Alvarado (2014)**, para el cv. PMV – 581 tampoco encontró diferencias significativas en 3 láminas de riego, mientras que por efecto del nivel nutricional, encontró diferencias estadísticas con el tratamiento NPK con incrementos del 47.1% respecto al tratamiento solo con ácidos húmicos (AH).

Para la variable número de hojas por planta (**Gráfico 3**), la prueba de comparación de Duncan muestra que no hay diferencias significativas por efecto de la aplicación de potasio (KK), tampoco del nivel nutricional (NN) y de la interacción de ambos (NNxKK). Al respecto, **Rodríguez (2013)**, no encontró diferencias estadísticas para densidades de siembra, mientras que por efecto del nivel nutricional las diferencias estadísticas fueron significativas de NPK+AH respecto al testigo. **Aguirre (2014)**, no encontró diferencias comparando la aplicación de humatos de potasio y niveles nutricionales en el cv. Pro semillas. Finalmente, **Alvarado (2014)**, para el cv. PMV – 581 no encontró diferencias

significativas en las 3 láminas de riego aplicadas y tampoco por efecto de niveles nutricionales.

Para la variable diámetro de tallo (**Gráfico 4**) las pruebas de comparación de Duncan para el efecto de la aplicación de Potasio (KK) indican que las medias son similares. Mientras que la comparación de Duncan por efecto del nivel nutricional (NN), indica que las medias presentan diferencias estadísticas. El tratamiento NP + AH (160-80 Kg/ha + 300 lt/ha) que presenta el valor más alto (2.35 cm) representa un incremento del 9.03% respecto al testigo (2.15 cm).

Al respecto, **Rodríguez (2013)**, mediante la prueba de Duncan para los efectos de densidad de siembra no encontró diferencias estadísticas, mientras que por efecto del nivel nutrición las medias son estadísticamente diferentes. Al respecto, el tratamiento NPK+AH presentó un 25.8% de incremento respecto al testigo. **Aguirre (2014)**, no encontró diferencias comparando niveles nutricionales en el cv. Pro semillas. Finalmente, **Alvarado (2014)**, para el cv. PMV – 581 tampoco encontró diferencias estadísticas en las 3 láminas de riego y niveles nutricionales en estudio.

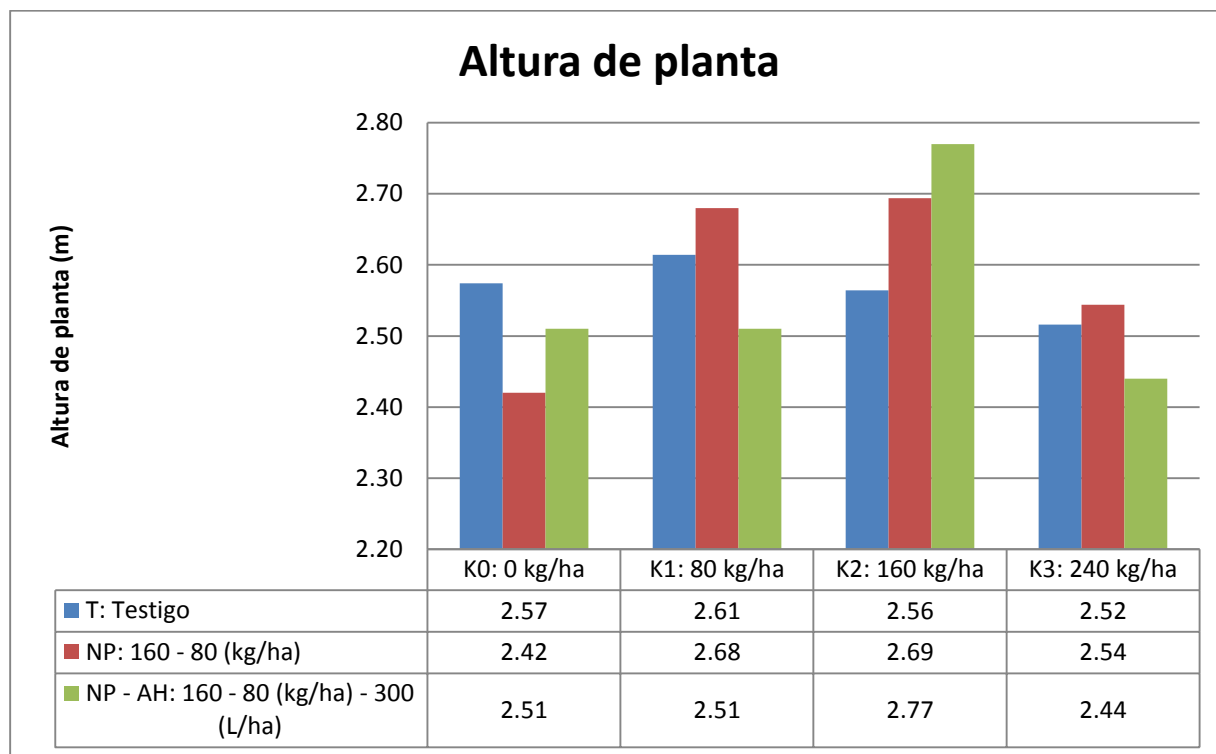
Respecto a la variable número de hojas por encima de la mazorca principal (**Grafico 5**), las pruebas de comparación de Duncan para el factor niveles de potasio (KK), niveles nutricionales (NN) y la interacción de ambos, indica que las medias son similares estadísticamente. Al respecto, **Rodríguez (2013)** no encontró diferencias significativas para esta variable, con incrementos solo del 6%. **Aguirre (2014)**, tampoco encontró diferencias estadísticas comparando niveles nutricionales en el cv. Pro semillas. Finalmente, **Alvarado (2014)** para el cv. PMV – 581 no encontró diferencias estadísticas en láminas de riego, mientras que para efectos nutricionales las diferencias fueron significativas con un incremento del 17.4% de NPK+AH respecto al testigo.

Para la variable altura de la mazorca principal (**Grafico 6**), las pruebas de Duncan por efecto de la aplicación de potasio (KK), indica que no existen diferencias estadísticas. Lo mismo se observa para efectos de nivel nutricional (NN). El tratamiento NP: 160 + 80 kg/ha (1.65 m) presenta un 3.1 % de incremento respecto al testigo no fertilizado. Mientras que el tratamiento NP+AH: 160 + 80 Kg/ha – 300 lt/ha presenta el nivel más bajo (1.49). Al respecto, **Rodríguez (2013)**, para esta variable no encontró diferencias significativas siendo los incrementos menores al 6%.

Cuadro 7. Variables de crecimiento del cultivo de maíz morado cv. PMV - 581

Nivel del Factor	Altura de planta (m)	Area Foliar (cm²/planta)	Numero de hojas por planta	Diámetro de tallo (cm)	Numero de hojas desde la mazorca principal	Altura a la mazorca principal
Nivel Nutricional						
T: Testigo	2.57	6,863.3	11.30	2.15	5.15	1.60
NP: 160 - 80 (kg/ha)	2.58	7,289.8	11.60	2.23	5.35	1.65
NP - AH: 160 - 80 (kg/ha) + 300 (l/ha)	2.56	7,337.7	11.15	2.35	5.30	1.49
Nivel de Potasio						
K0: 0 kg/ha	2.50	6,787.1	11.60	2.15	5.13	1.62
K1: 80 kg/ha	2.60	7,991.3	11.47	2.33	5.40	1.56
K2: 160 kg/ha	2.68	7,868.3	11.20	2.34	5.40	1.58
K3: 240 kg/ha	2.50	6,007.5	11.13	2.16	5.13	1.57
Promedio General	2.57	7,163.5	11.35	22.48	5.27	1.58
Análisis de variancia						
Fuentes de Variación	Significación					
Nivel de Potasio (KK)	NS	**	NS	NS	NS	NS
Nivel Nutricional (NN)	NS	NS	NS	*	NS	NS
Interacción (KK x NN)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V (%)	8.8	19.3	7.0	11.3	12.1	13.6

Grafico 1. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la altura de planta (m) de maíz morado cv. PMV-581.



Prueba de Duncan (alfa= .005)

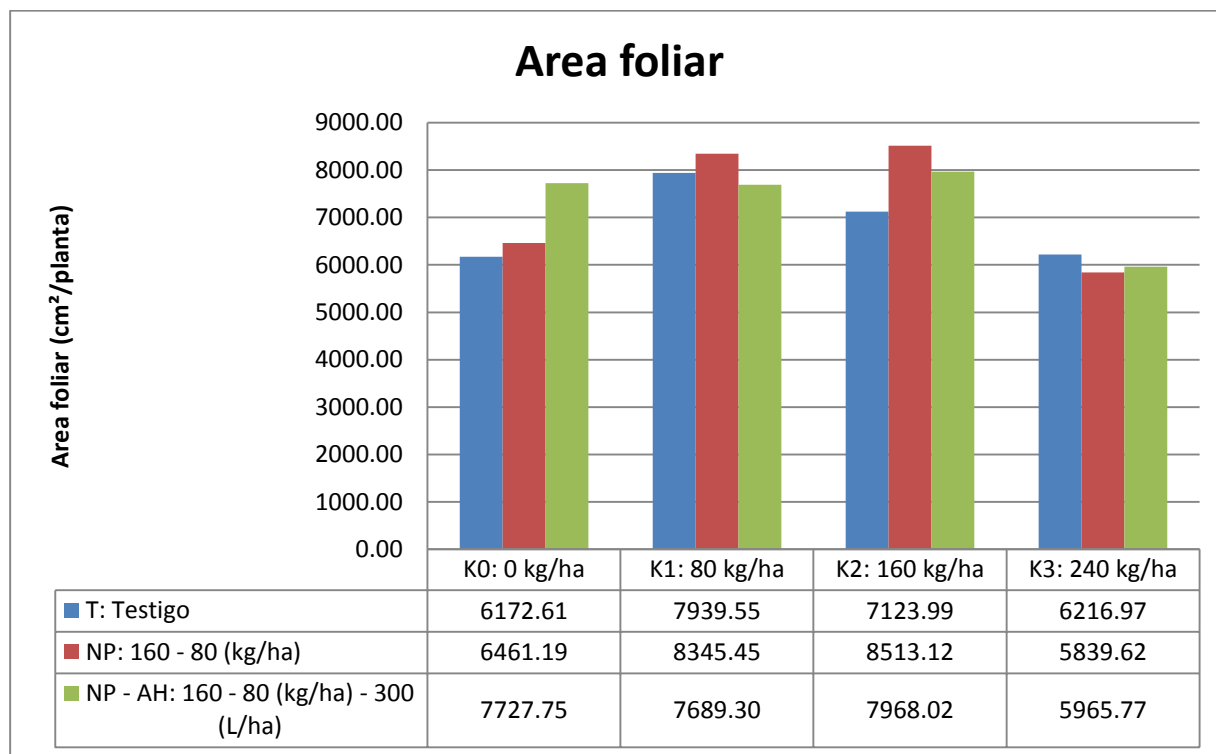
Efecto del nivel nutricional en la altura de planta de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional(kg/ha N –P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	2.557	A	99.6
NP: 160 - 80	2.584	A	100.6
T: Testigo	2.567	A	100.0

Efecto de la fertilización potásica en la altura de planta de maíz morado cv. PMV - 581

Nivel de Potasio(kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: 0	2.501	A	100.0
K1: 80	2.601	A	104.0
K2: 160	2.676	A	107.0
K3: 240	2.500	A	99.9

Grafico 2. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el área foliar (cm²/planta) de maíz morado cv. PMV-581.



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

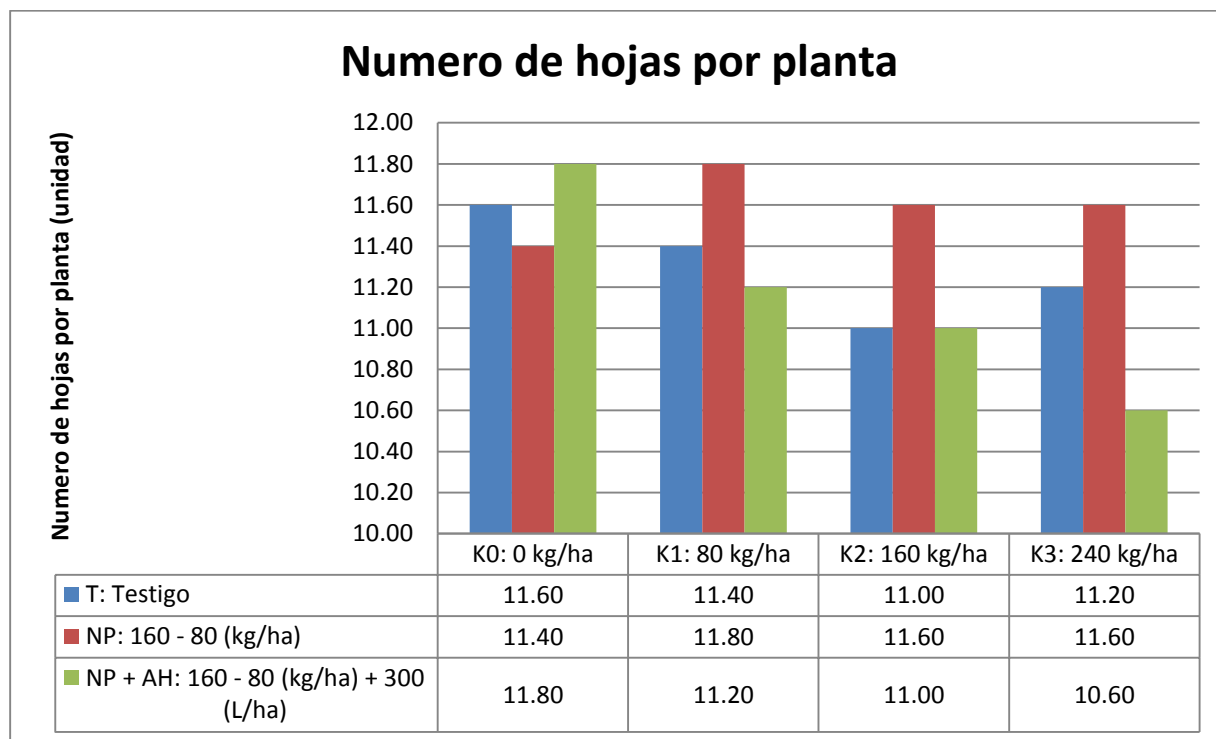
Efecto del nivel nutricional en el área foliar de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional(kg/ha N –P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 + 300 (l/ha)	7,337.7	A	106.9
NP: 160 - 80	7,289.8	A	106.2
T: Testigo	6,863.3	A	100.0

Efecto de la fertilización potásica en el área foliar de maíz morado cv. PMV – 581

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: 0	6,787.1	B	100.0
K1: 80	7,991.3	A	117.7
K2: 160	7,868.3	B	115.9
K3: 240	6,007.5	C	88.5

Grafico 3. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el número de hojas por planta de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

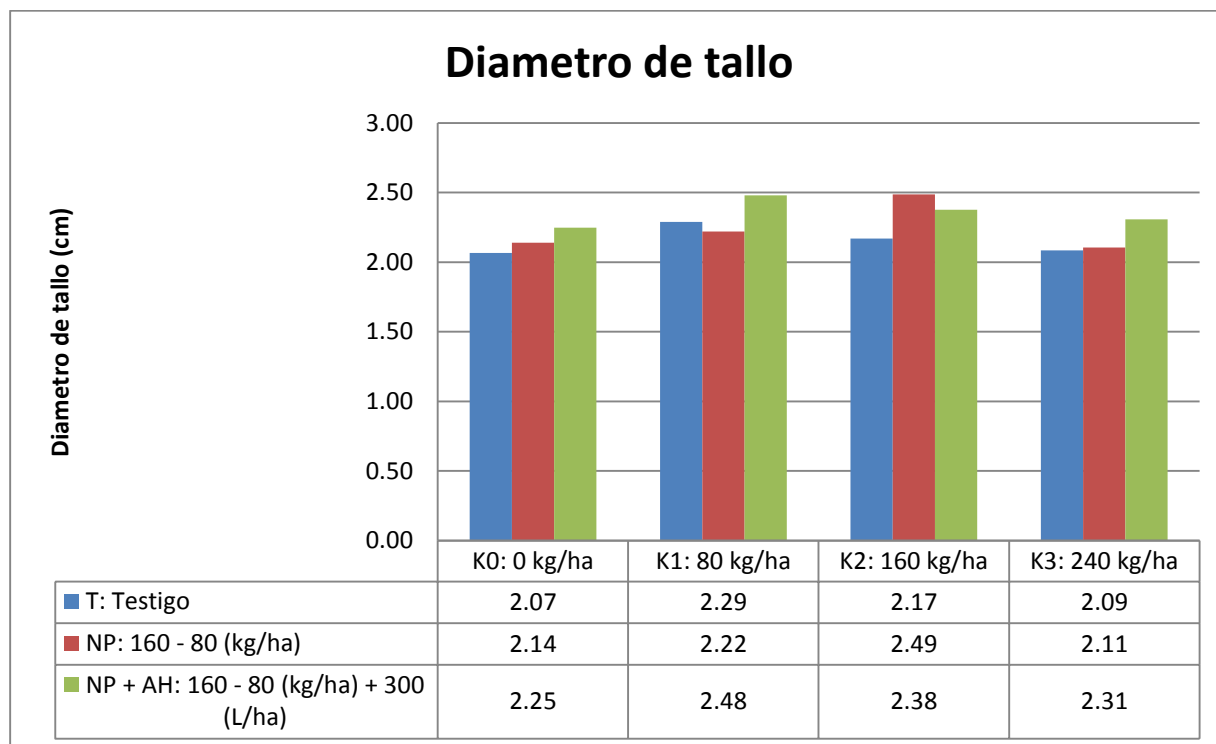
Efecto del nivel nutricional en el número de hojas por planta de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	11.15	A	98.6
NP: 160 - 80	11.60	A	102.6
T: Testigo	11.30	A	100.0

Efecto de la fertilización potásica en el número de hojas por planta de maíz morado cv. PMV - 581

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	11.60	A	100.0
K1: 80	11.46	A	98.8
K2: 160	11.20	A	96.5
K3: 240	11.13	A	95.9

Grafico 4. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el diámetro de tallo (cm) de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa=0.05)

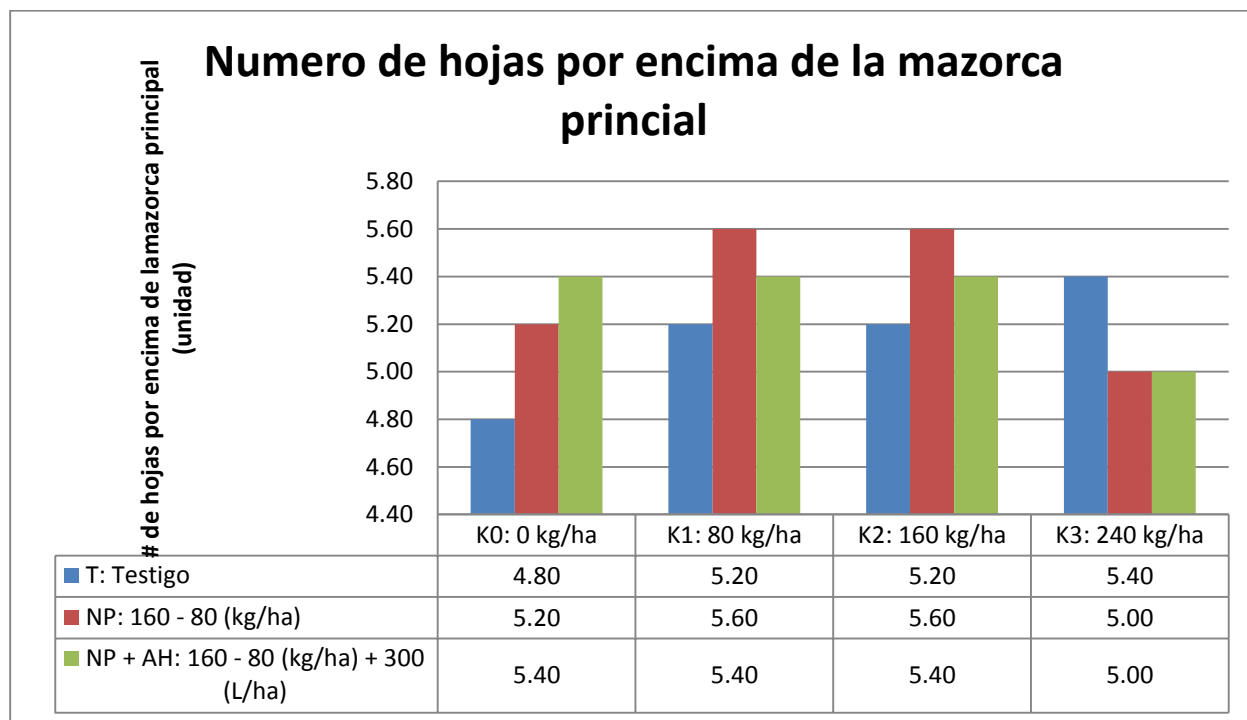
Efecto del nivel nutricional en el diámetro de tallo de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	2.353	A	109.3
NP: 160 - 80	2.238	B	103.9
T: Testigo	2.153	B	100.0

Efecto de la fertilización potásica en el diámetro de tallo de maíz morado cv. PMV - 581

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	2.151	A	100.0
K1: 80	2.330	A	108.2
K2: 160	2.345	A	109.0
K3: 240	2.166	A	100.7

Grafico 5. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el número de hojas por encima de la mazorca principal de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

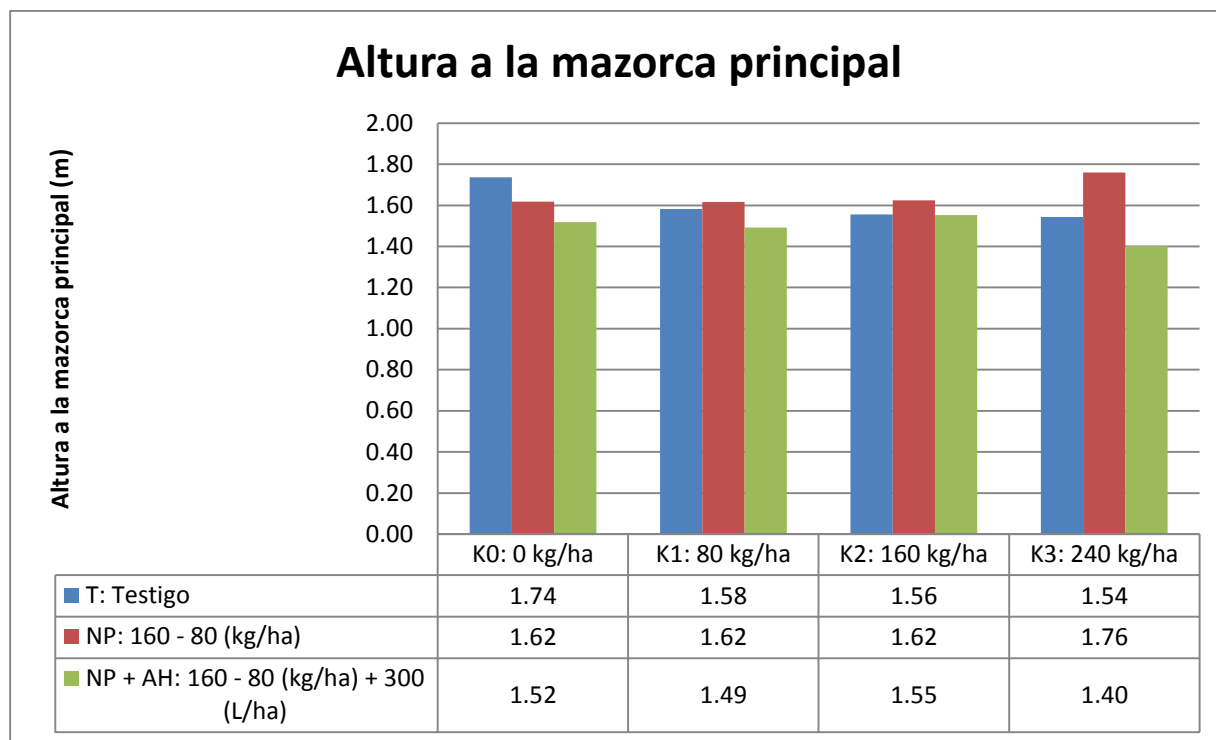
Efecto del nivel nutricional en el número de hojas por encima de la mazorca principal en maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	5.30	A	102.9
NP: 160 - 80	5.35	A	103.8
T: Testigo	5.15	A	100.0

Efecto de la fertilización potásica en el número de hojas por encima de la mazorca principal en maíz morado cv. PMV – 581

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	5.13	A	100.0
K1: 80	5.40	A	105.2
K2: 160	5.40	A	105.2
K3: 240	5.13	A	100.0

Grafico 6. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la altura a la mazorca principal de maíz morado cv. PMV – 581



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

Efecto del nivel nutricional en la altura a la mazorca principal de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	1.491	B	92.9
NP: 160 - 80	1.654	A	103.1
T: Testigo	1.604	B	100.0

Efecto de la fertilización potásica en la altura a la mazorca principal de maíz morado cv. PMV – 581

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	1.624	A	100.0
K1: 80	1.563	A	96.2
K2: 160	1.577	A	97.1
K3: 240	1.568	A	95.5

4.3.2 Materia seca total y sus componentes hojas, tallos, mazorcas, panoja y panca.

El Cuadro 8, presenta los resultados por efecto de la aplicación de potasio (KK) y del nivel nutricional (NN), sobre la materia seca total y de sus componentes; materia seca de hojas, tallos, mazorca, panoja y de panca, variables de crecimiento de gran importancia del cultivo de maíz morado cv. PMV-581.

Al respecto, el análisis de variancia indica que por efecto de la aplicación de Potasio (KK) existen diferencias estadísticas en la materia seca de hojas y la materia seca de tallo. De otro lado, por efecto del nivel nutricional (NN), no se muestran diferencias significativas para ninguna de las variables. Asimismo, para la interacción (NN x KK), se encontró diferencias estadísticas solo en la materia seca de hojas.

Al respecto, **Rodríguez (2013)**, encontró diferencias altamente significativas para la materia seca de hojas, tallo, panoja y la materia seca total, mientras que por efecto de la densidad de siembra no encontró diferencias estadísticas para ninguna de las variables evaluadas en maíz morado cv. PMV - 581. En cambio, **Aguirre (2014)**, por efecto de la aplicación de humatos de potasio, no encontró diferencias estadísticas en ninguna de las variables de crecimiento, mientras que por efecto nutricional se observó alta diferencia estadística en las variables materia seca de mazorca, panca y materia seca total en maíz morado cv. Pro semillas.

Finalmente, **Alvarado (2014)**, comparando tres láminas de riego y niveles nutricionales en maíz morado cv. PMV – 581 encontró alta significación estadística para los efectos de nivel nutricional en la variable materia seca de hoja mientras que para las variables materia seca de mazorca, panoja y total encontró diferencias significativas. Para los efectos de láminas de riego en cambio, encontró diferencias altamente significativas para materia seca de mazorca y la materia seca total.

Materia seca de hojas (g/planta)

Según el Grafico 7, la prueba de comparación de medias de Duncan por efecto de la aplicación de Potasio (KK), indica que existen diferencias estadísticas entre las medias de las niveles de potasio aplicadas K1: 80, K2: 160 y K3: 240 kg/ha de K₂₀, donde K2 con 45.5 g/planta presenta un incremento de 10.2% respecto al testigo. Asimismo, respecto al efecto del nivel nutricional (NN) indica que no existen diferencias

Cuadro 8. Distribución de la materia seca en el cultivo de maíz morado cv. PMV – 581

Nivel del Factor	Materia seca de hojas (g/planta)	Materia seca de tallo (g/planta)	Materia seca de mazorca (g/planta)	Materia seca de panca (g/planta)	Materia seca de panoja (g/planta)	Materia seca total (g/planta)
Nivel Nutricional						
T: Testigo	35.38	135.93	118.13	31.62	6.85	327.91
NP: 160 - 80 (kg/ha N -P2O5)	42.64	149.46	116.17	30.40	7.40	346.07
NP - AH: 160 - 80 (kg/ha) + 300 l/ha)	43.23	160.07	110.56	29.08	8.55	351.49
Nivel de Potasio						
K0: 0 kg/ha	41.32	172.32	103.51	25.84	7.02	350.01
K1: 80 kg/ha	45.47	168.75	128.20	37.43	8.75	388.60
K2: 160 kg/ha	45.55	125.39	117.86	28.70	7.87	325.37
K3: 240 kg/ha	29.33	127.48	110.24	29.51	6.75	303.30
Promedio General	40.42	148.49	114.95	30.37	7.59	341.82
Análisis de variancia						
Fuentes de Variación	Significación					
Nivel de Potasio (KK)	*	*	NS	NS	NS	NS
Nivel Nutricional (NN)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interacción (KKxNN)	*	NS	NS	NS	NS	NS
C.V (%)	11.3	14.4	22.1	30.4	29.9	15.4

estadísticas entre los niveles en estudio (NP+AH), (NP) y el testigo (T0) no fertilizado; siendo el nivel fertilizado con nitrógeno y fosforo con ácidos húmicos (N2: NP+AH) quien presento el mayor valor en la materia seca (43.2 g/planta), con 22.1% de incremento respecto al testigo (T0) con 35.3 g/planta.

Respecto a la interacción entre niveles de Potasio y niveles nutricionales (KK x NN), el análisis de varianza indica que existen diferencia estadística. El análisis de los efectos simples indica que al interactuar el tratamiento K0: Testigo con NN2: NP + AH existe diferencia significativas, lo mismo se aprecia con el tratamiento K1: 80 kg/ha con NN1: NP donde también se observa diferencias estadísticas

Al respecto, **Rodríguez (2013)**, para los efectos de la densidad de siembra encontró diferencias significativas siendo la D1: 55,555 plantas/ha la que mostro un incremento del 2.8 % respecto a la D3: 75, 555 plantas/ha. Mientras que por efecto del nivel nutricional también se encontró diferencias estadísticas con NPK+AH que mostró un 39.9% de incremento respecto al Testigo. **Aguirre (2014)**, encontró diferencias significativas comprando aplicación de humatos de potasio donde AH1 mostro un 35.5% de incremento respecto al AH2 para el cv. Pro semillas. Finalmente, **Alvarado (2014)**, para el cv. PMV – 581 no encontró diferencias estadísticas en las 3 láminas de riego aplicadas, mientras que por efecto del nivel nutricional se presentaron diferencias estadísticas, donde NPK mostro un 48.2% de incremento respecto a ácidos húmicos (AH).

Materia Seca de Tallo (g/planta)

Para la variable materia seca de tallo (Grafico 8), la prueba de Duncan por efecto de la aplicación de Potasio (KK), indica que las medias son estadísticamente diferentes, donde K2: 160 Kg/ha K₂O presenta el valor más bajo (125.3 g/planta) siendo un 37.4% menor de lo obtenido con el K0: Testigo con 168.7 g/planta. Por efecto del nivel nutricional (NN), Duncan indica que las medias son estadísticamente diferentes. Así, NP+AH con 160.07 g/planta y el testigo (T0) con 135.9 g/planta, presentan diferencias porcentuales de 17.7%.

Al respecto, **Rodríguez (2013)**, no encontró diferencias estadísticas, mientras que por efecto nutricional NPK+AH mostro un 70.7% de incremento respecto al testigo. **Aguirre**

(2014), no encontró diferencias estadísticas al comparar ácidos húmicos, mientras que por efecto del nivel nutricional las diferencias estadísticas fueron significativas para el cv. Pro semillas. Finalmente, **Alvarado (2014)**, para el cv. PMV – 581 no encontró diferencias estadísticas en láminas de riego y niveles nutricionales en estudio

Materia Seca de Mazorca (g/planta)

Según el Grafico 9, la prueba de comparación de Duncan por efecto de la aplicación de Potasio (KK) y del nivel nutricional (NN), indica las medias son estadísticamente similares. Sin embargo, se observó que dentro de los efectos por aplicación de potasio, el nivel K1: 80 kg/ha K₂O con 128.2 g presentó un 23.8% de incremento respecto al Testigo, donde se presentó el menor valor.

Al respecto, **Rodríguez (2013)**, para los efectos de densidad de siembra no encontró diferencias estadísticas, mientras que por efecto del nivel nutricional las medias fueron estadísticamente diferentes, mostrando el nivel NPK+AH un incremento de 14.3% respecto del testigo. **Aguirre (2014)** al respecto, no encontró diferencias estadísticas en las medias comparando humatos de potasio y niveles nutricionales para el cv. Pro semillas. Finalmente, **Alvarado (2014)**, para el cv. PMV – 581 tampoco encontró diferencias por láminas de riego, pero si para niveles nutricionales donde NPK muestra un incremento de 17.5% respecto al testigo no fertilizado.

Materia Seca de Panca (g/planta)

Según el **(Gráfico 10)**, la prueba de comparación de Duncan, por efecto de la aplicación de potasio (KK) indica que las medias son estadísticamente diferentes, donde el nivel K1: 80 kg/ha K₂O, con 37.4 g/planta muestra un 44.8% de incremento respecto al Testigo, que presenta el menor valor. En cambio, Duncan para el nivel nutricional (NN), indica que las medias (NP+AH), (NP) y el testigo no fertilizado (T0) son estadísticamente similares.

Al respecto, **Rodríguez (2013)**, para los efectos de densidad de siembra y niveles nutricionales no encontró diferencias estadísticas. **Aguirre (2014)**, tampoco encontró diferencias estadísticas para niveles de ácidos húmicos y niveles nutricionales en el cv. Pro semillas. Finalmente, **Alvarado (2014)**, para el cv. PMV – 581 no encontró diferencias significativas para láminas de riego y niveles nutricionales.

Materia Seca de Panoja (g/planta)

Respecto a la variable materia seca de panoja (Gráfico 11), la prueba de comparación de Duncan indica por efecto de la aplicación de potasio (KK) y efecto nutricional (NN), las medias son estadísticamente similares. Se observa a nivel para potasio, el mayor valor se presenta en K1: 80kg/ha con 8.7 g que representa el 24.5 % de incremento respecto al testigo mientras que para el nivel nutricional NN2: NP + AH con 8.5 g/planta representa un 24.8% de incremento frente al Testigo (6.8 g/planta).

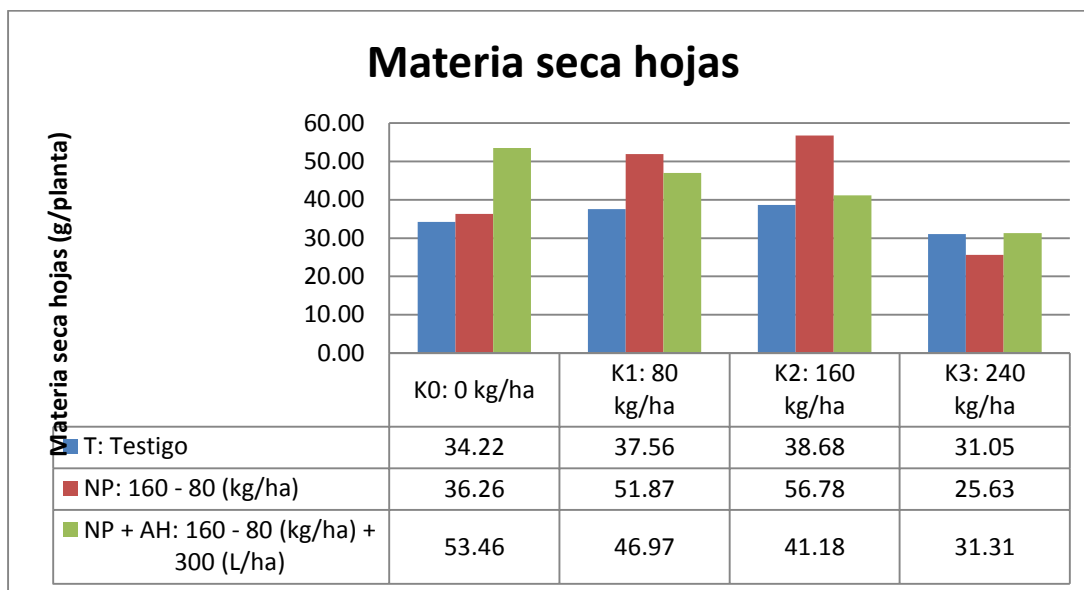
Al respecto, **Rodríguez (2013)** no encontró diferencias significativas, mientras que por efecto del nivel nutricional si se observa medias estadísticamente diferente, donde NPK+AH muestra un 38.8% de incremento respecto al testigo. **Aguirre (2014)**, no encontró diferencias estadísticas en esta variable comparando de humatos de potasio y niveles nutricionales en el cv. Pro semillas. Finalmente, **Alvarado (2014)**, para el cv. PMV – 581 tampoco encontró diferencias al comparar láminas de riego mientras que para el efecto nutricional en cambio, observó medias estadísticamente diferentes, donde NPK+AH con el mayor valor, observó un 13.1% de incremento respecto al testigo.

Materia Seca total (g/planta)

Al respecto, para esta variable (Grafico 12), la prueba de comparación de Duncan por efecto de la aplicación de Potasio (KK), indica que las medias son estadísticamente diferentes, donde K1: 80 kg/ha K20, que se caracteriza por presentar el mayor valor con 388.6 g/planta presenta un 11.0 % de incremento respecto al testigo. Mientras que para el nivel nutricional (NN), Duncan muestra que las medias son estadísticamente similares.

Al respecto, **Rodríguez (2013)**, para densidades de siembra no encontró diferencias significativas, mientras que por efecto nutricional observó medias estadísticamente diferentes, donde NPK+AH presentó un 34.6% de incremento respecto al Testigo. **Aguirre (2014)**, tampoco encontró diferencias estadísticas entre medias al comparar la aplicación de humatos de potasio niveles nutricionales para el cv. Pro semillas. Finalmente, **Alvarado (2014)**, para el cv. PMV – 581 encontró diferencias estadísticas

Grafico 7. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la materia seca de hojas de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa= 0.005)

Efecto del nivel nutricional en la materia seca de hojas de maíz morado Cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	43.231	A	122.1
NP: 160 - 80	42.638	A	120.5
T: Testigo	35.379	A	100.0

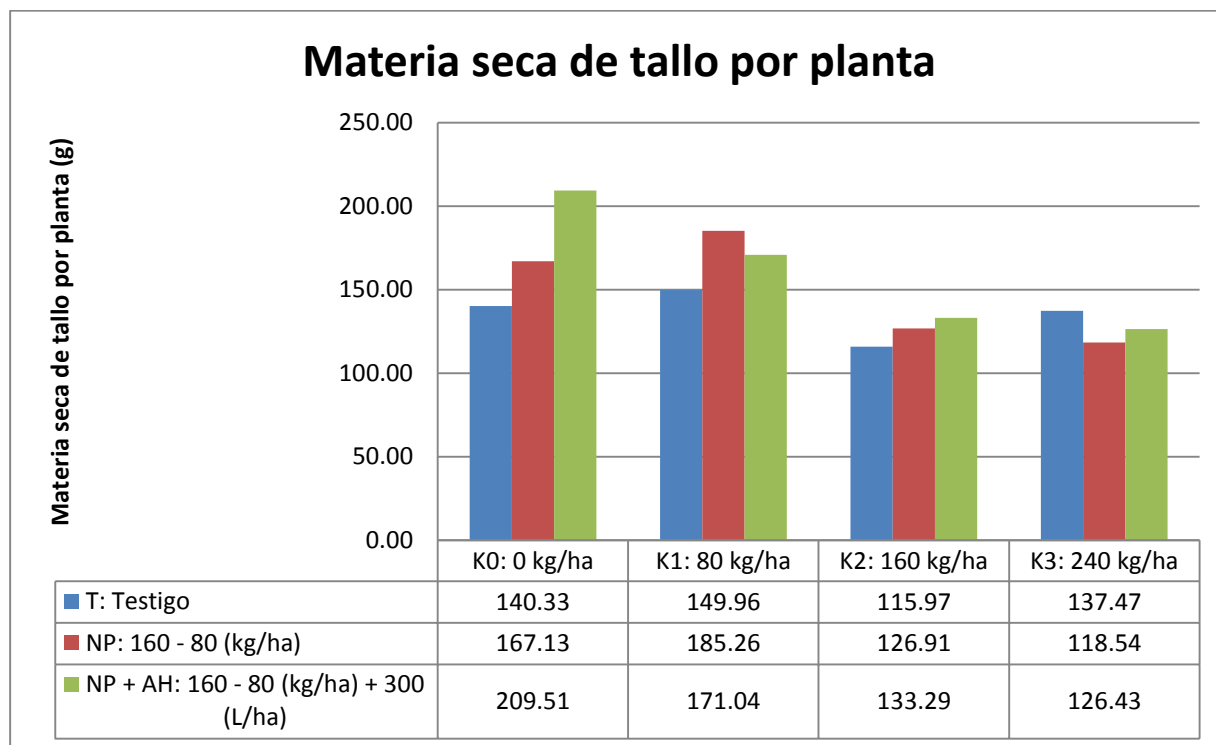
Efecto de la fertilización Potásica en la materia seca de hojas de maíz morado

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	41.317	A	100.0
K1: 80	45.469	A	110.0
K2: 160	45.549	A	110.2
K3: 240	29.328	B	70.9

Análisis de los efectos simples

FV	GL	SC	CM	F cal	P valor	Significancia
Tra(K:0)	2	1117.1	558.5	3.5	0.03	*
Tra(K:80)	2	528.7	264.4	1.7	0.19	ns
Tra(K:160)	2	962.8	481.4	3.0	0.06	ns
Tra(K:240)	2	103.0	51.5	0.3	0.72	ns
Amb(Testigo)	3	178.7	59.6	0.4	0.76	ns
Amb(NP)	3	3077.8	1025.9	6.5	0.001	*
Amb(NP+AH)	3	1324.8	441.6	2.8	0.05	ns
Error	44	6947.1	157.9			

Grafico 8. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la materia seca de tallo por planta de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

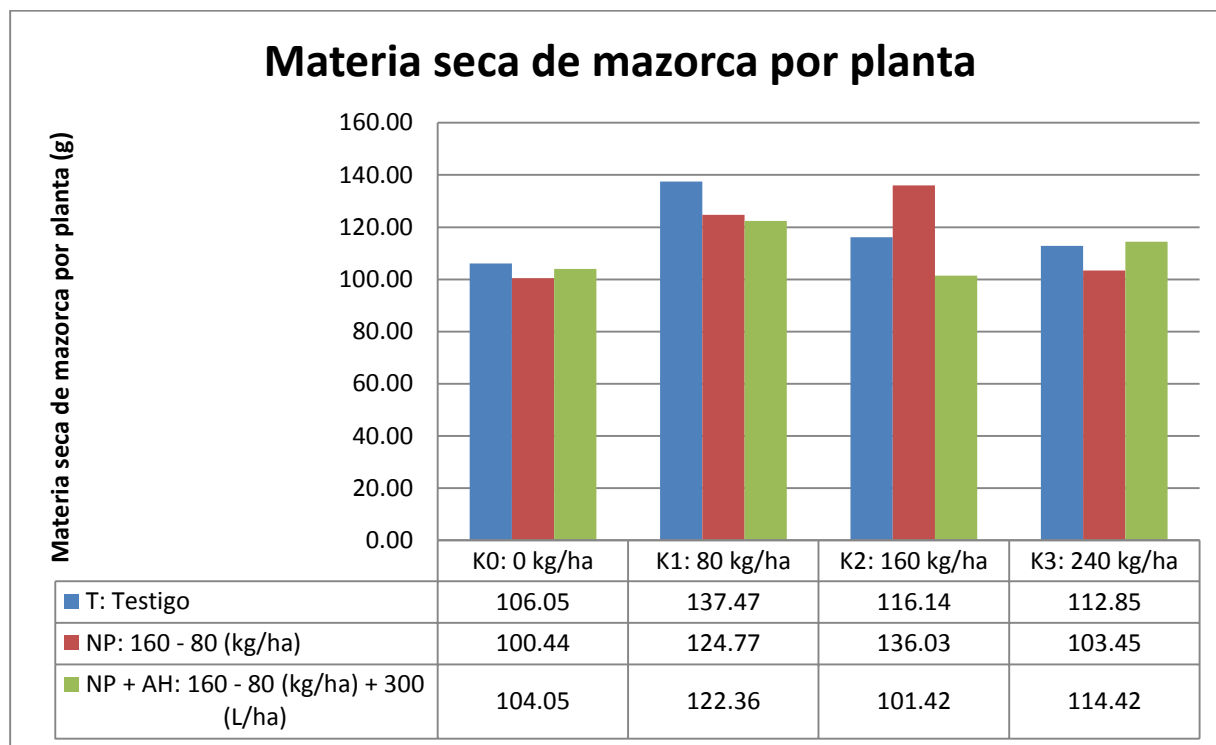
Efecto del nivel nutricional en la materia seca de tallo de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	160.07	A	117.7
NP: 160 - 80	149.46	B	109.9
T: Testigo	135.93	B	100.0

Efecto de la fertilización potásica en la materia seca de tallo de maíz morado cv. PMV - 581

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	172.32	A	100.0
K1: 80	168.75	A	97.9
K2: 160	125.39	B	72.7
K3: 240	127.48	B	73.9

Grafico 9. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la materia seca de mazorca de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

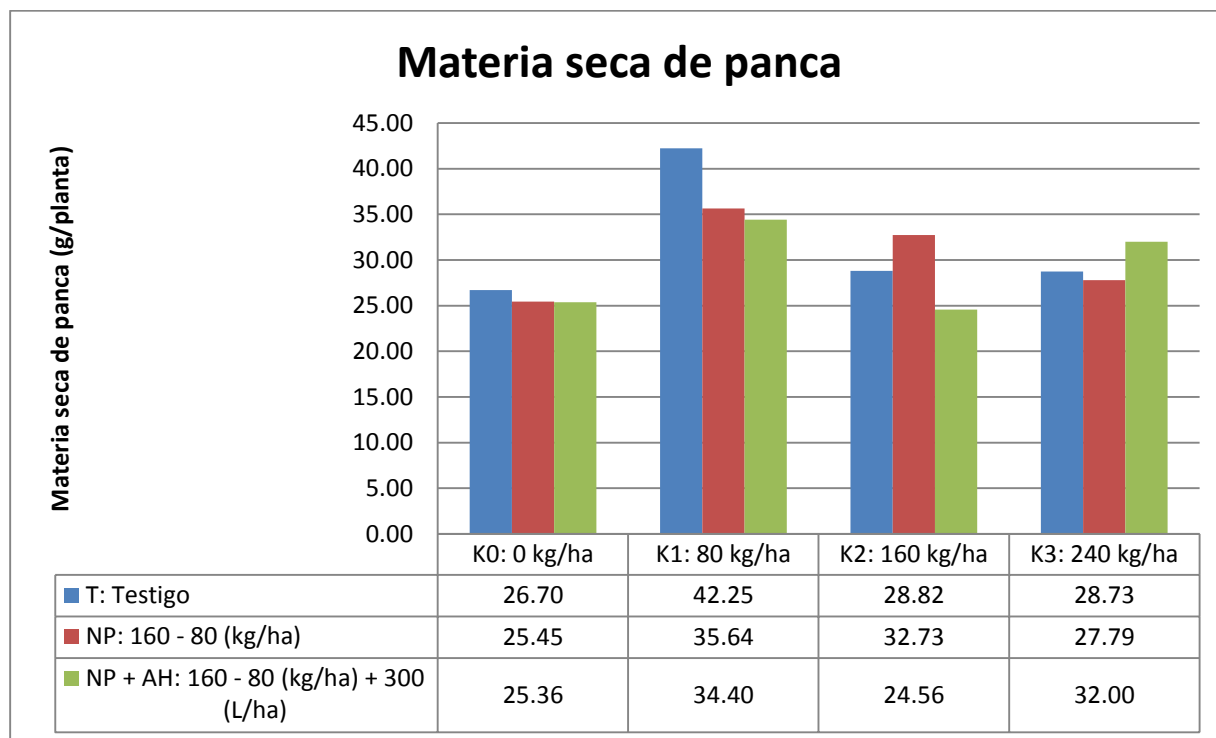
Efecto del nivel nutricional en la materia seca de mazorca de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	118.13	A	106.8
NP: 160 - 80	116.17	A	105.0
T: Testigo	110.56	A	100.0

Efecto de la fertilización potásica en la materia seca de mazorca de maíz morado cv. PMV – 581

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	103.51	A	100.0
K1: 80	128.20	A	123.8
K2: 160	117.86	A	113.8
K3: 240	110.24	A	106.5

Grafico 10. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la materia seca de panca de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

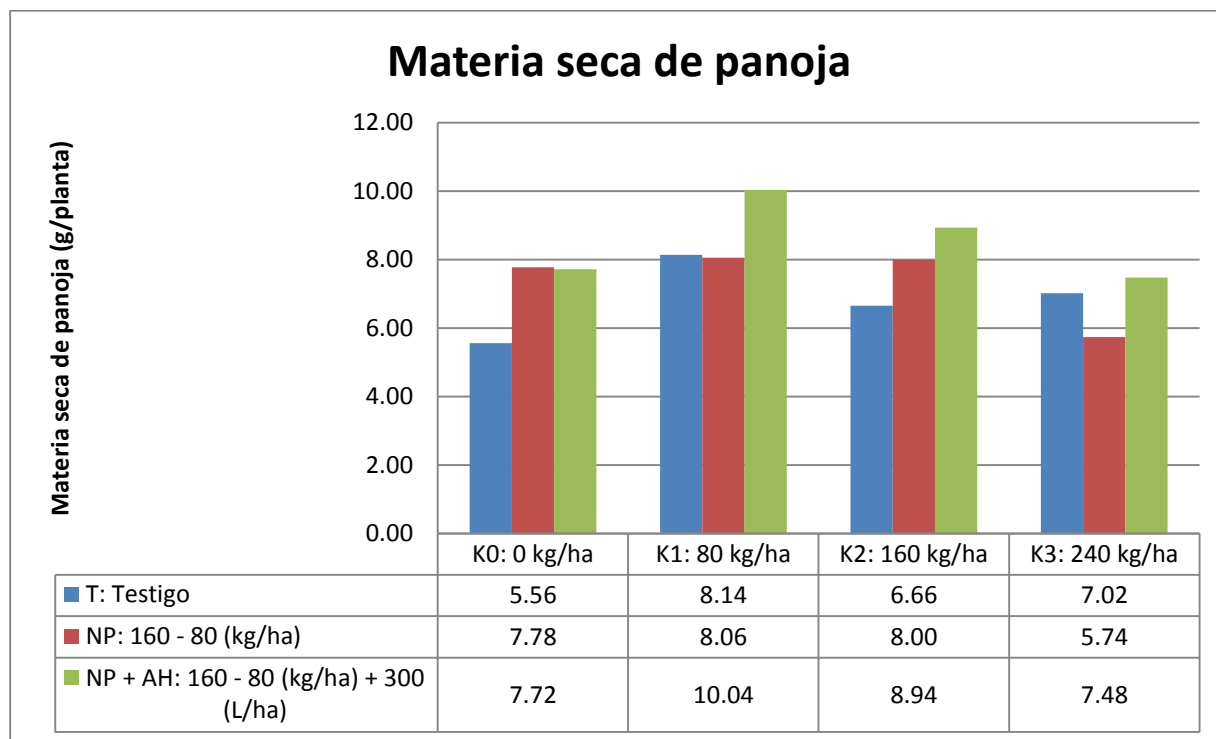
Efecto del nivel nutricional en la materia seca de panca de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	29.08	A	91.9
NP: 160 - 80	30.40	A	96.1
T: Testigo	31.62	A	100.0

Efecto de la fertilización potásica en la materia seca de panca de maíz morado cv. PMV - 581

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	25.84	B	100.0
K1: 80	37.43	A	144.8
K2: 160	28.70	B	111.0
K3: 240	29.51	B	114.2

Grafico 11. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la materia seca de panoja de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

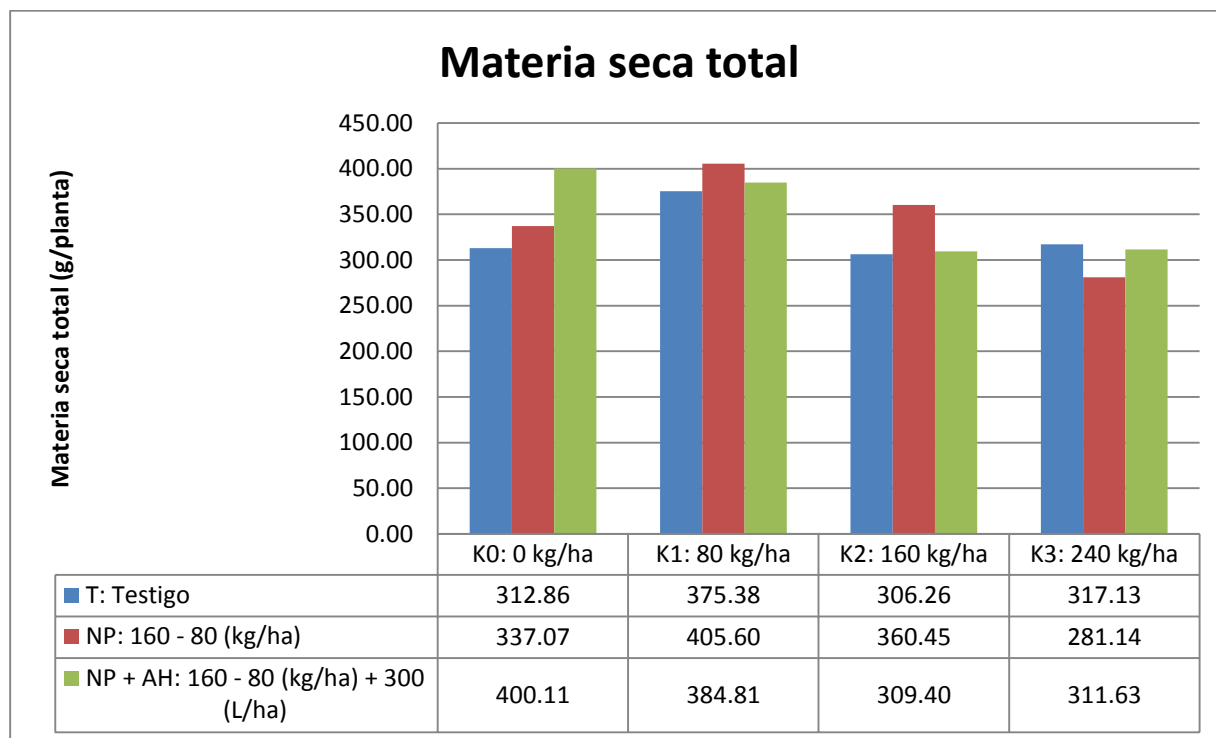
Efecto del nivel nutricional en la materia seca de panoja de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	8.545	A	124.8
NP: 160 - 80	7.395	B	108.0
T: Testigo	6.845	B	100.0

Efecto de la fertilización potásica en la materia seca de panoja de maíz morado

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	7.020	A	100.0
K1: 80	8.746	A	124.5
K2: 160	7.866	A	112.0
K3: 240	6.746	A	96.1

Grafico 12. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la materia seca total de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

Efecto del nivel nutricional en la materia seca total de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	351.5	A	107.1
NP: 160 - 80	346.1	A	105.5
T: Testigo	327.9	A	100.0

Efecto de la fertilización potásica en la materia seca total de maíz morado cv. PMV - 581

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	350.0	B	100.0
K1: 80	388.6	A	111.0
K2: 160	325.3	B	92.9
K3: 240	303.3	B	86.6

al comparar 3 láminas de riego, donde la mayor lámina aplicada (L1) mostro un 17.1% de incremento respecto a la menor lámina aplicada (L3), además, por efecto de niveles nutricionales observó que el tratamiento NPK mostró un incremento del 17.4% respecto al testigo.

4.4 Rendimiento de maíz morado cv. PMV - 581

El **Cuadro 9** presenta los resultados de las variables **Rendimiento Total, Rendimiento Comercial y rendimiento de descarte de mazorcas**, estableciendo que para un rendimiento total promedio de 9,315 kg/ha, el rendimiento comercial (mazorcas de 1ra +2da) representan el 74.1% del total producido y las mazorcas de descarte el 25.8%. Al respecto, el análisis de variancia muestra que por efecto de la aplicación de potasio (KK), no existe diferencias estadísticas en las tres variables. Así mismo, por efecto del nivel nutricional (NN), las diferencias tampoco son significativas. Respecto a los efectos de interacción (KK x NN), indica que no existen diferencias estadísticas en el rendimiento total, rendimiento comercial y rendimiento de descarte, estableciendo efectos independientes de ambos factores.

Al respecto, **Rodríguez (2013)**, encontró por el efecto de la densidad de siembra alta significancia para las variables rendimiento total y rendimiento comercial en maíz morado cv. PMV - 581. También, para efectos de nivel nutricional encontró alta significancia para el rendimiento comercial mientras que para el rendimiento total no se encontró significancia. Así mismo, para efectos de la interacción (NN x DD) no encontró diferencias estadísticas. En cambio, **Aguirre (2014)**, en maíz morado cv. Pro semillas por efecto de la aplicación de humatos de potasio, no encontró diferencias estadísticas en ninguna de las dos variables, mientras que por efecto nutricional se presentó diferencias altamente significativas en ambos rendimientos. Tampoco la interacción (AH x NN) mostró diferencias estadísticas. Finalmente, **Alvarado (2014)**, comparando tres láminas de riego y los efectos nutricionales en maíz morado cv. PMV - 581 encontró alta diferencia significativa para ambas variables, en cambio, para la interacción láminas por niveles (LL x NN) no encontró diferencias estadísticas.

Cuadro 9. Rendimiento del maíz morado cv. PMV – 581

Nivel del Factor	Rendimiento total (kg/ha)	Rendimiento Comercial (kg/ha)	Rendimiento de descarte
Nivel Nutricional			
T: Testigo	8,523.7	6,283.2	2,240.5
NP: 160 - 80 (kg/ha)	9,877.3	7,499.1	2,378.2
NP - AH: 160 - 80 (kg/ha) + 300 (L/ha)	9,541.7	6,938.7	2,603.0
Niveles de Potasio			
K0: 0 kg/ha	9,614.8	6,687.8	2,927.0
K1: 80 kg/ha	9,499.2	7,336.6	2,162.6
K2: 160 kg/ha	9,625.5	7,065.6	2,559.9
K3: 240 kg/ha	8,517.61	6,538.1	1,979.5
Promedio General	9,314.3	6,907.0	2,407.2
Análisis de variancia			
Fuentes de Variación	Significación		
Nivel de Potasio (KK)	NS	NS	NS
Nivel Nutricional (NN)	NS	NS	NS
Interacción (KKxNN)	NS	NS	NS
C.V (%)	19.2	24.5	19.8

4.4.1 Rendimiento total del cultivo de maíz morado cv. PMV-581 (kg/ha)

Según la prueba de comparación de Duncan (**Grafico 13**), por efecto de la aplicación de potasio (KK), no se obtuvo diferencia significativa, sin embargo se observa que el mayor rendimiento total se obtuvo a nivel de K2: 160 kg/ha K20, con 9,625.5 kg/ha, mientras que el menor rendimiento se presentó a nivel de K3: 240 kg/ha con 8,523.3 kg/ha, siendo la diferencia porcentual de 12.9%. Asimismo, por efecto del nivel nutricional, Duncan tampoco muestra que existen diferencias estadísticas. El mayor rendimiento se presenta a nivel de NP: 160 – 80 kg/ha N-P205, similar a K3: NP + AH, con 9,541.7 kg/ha, que supero en 11.9% al Testigo con 8,523.7 kg/ha, quien obtuvo el menor rendimiento.

Al respecto, **Rodríguez (2013)**, para los efectos de densidad de siembra encontró alta significación estadística. Con D3: 75,555 plantas/ha obtuvo el mayor rendimiento con 8,910 kg/ha que representó un 14.8% de incremento respecto a la D1: 55,555 planta/ha. Para efecto de los niveles nutricionales, observó que a nivel de NPK+AH obtuvo 8766 kg/ha que representó un 11.3% de incremento respecto al testigo. **Aguirre (2014)**, no encontró diferencias estadísticas comparando la aplicación de humatos de potasio, pero por nivel nutricional encontró diferencias estadísticas. N2:120 kg/ha de N obtuvo el mayor rendimiento con 7,085 kg/ha representando el 26.7% de incremento respecto del testigo N0. Finalmente **Alvarado (2014)**, con el cv. PMV – 581 encontró diferencias significativas en las 3 láminas de riego aplicadas, siendo L1: 350 mm/campaña (4,118 m³/ha) que presentó el mayor rendimiento (8,410 kg/ha) siendo el incremento del 28.7% respecto a L3: 250 mm/campaña (2,941 m³/ha), asimismo, para efectos de nivel nutricional, el tratamiento NPK+AH fue el obtuvo el mayor rendimiento con 8,182 kg/ha que significó el 29.9% de incremento respecto al testigo no fertilizado y no aplicado con AH.

4.4.2 Rendimiento Comercial de maíz morado cv. PMV-581 (kg/ha)

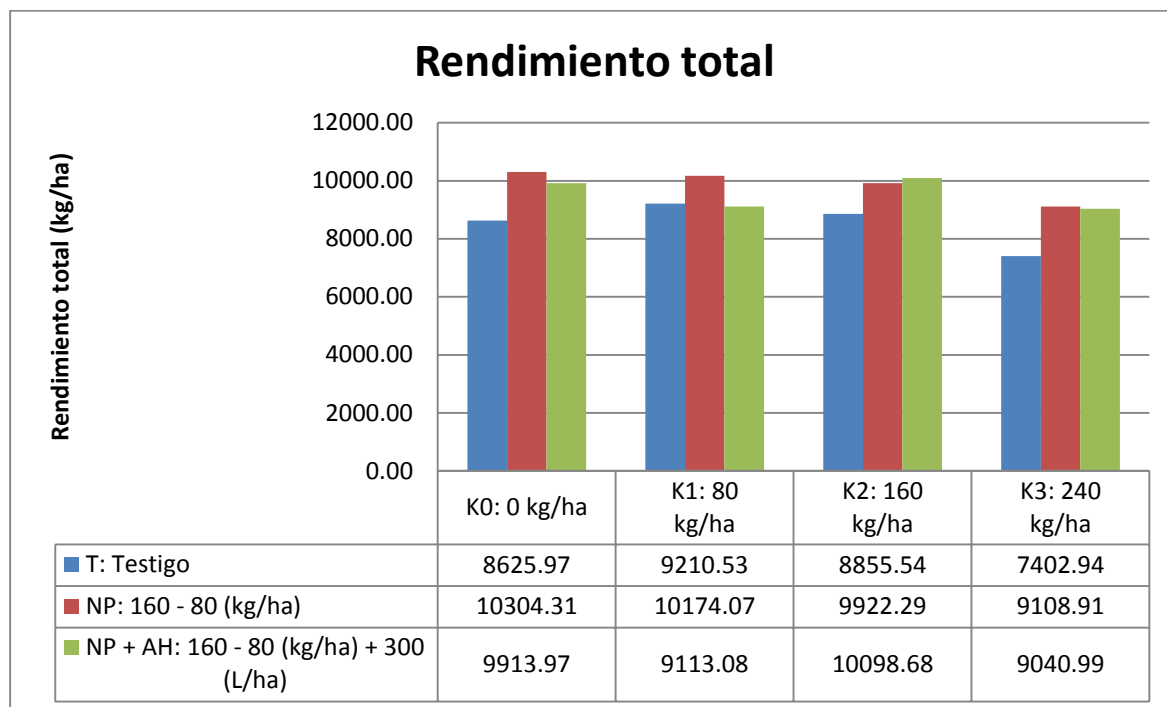
Respecto al rendimiento comercial (Grafico 14), la prueba de comparación de Duncan por efecto de niveles de de potasio (KK), indica medias estadísticamente similares, aunque el mayor valor caracteriza a K2: 80 kg/ha K20 con 7,336 kg/ha, que presenta un incremento del 12.2 % comparado con K3: 240 kg/ha que presentó el rendimiento

más bajo y de 109.7% del testigo sin potasio. Al respecto, se aprecia que el testigo no fertilizado con potasio, muestra un rendimiento comercial mayor que el nivel K3: 240 kg/ha K₂O y que el nivel de potasio K2: 160 kg/ha de K₂O supera al testigo en solo 5.6% siendo las medias similares estadísticamente. Esta respuesta del rendimiento de mazorcas, con un máximo a nivel de 80 kg/ha K₂O, indicaría como lo menciona **Loué (1,996)** que en suelos de texturas medias con niveles mayores que 160 ppm de K⁺ intercambiable sólo se obtienen pequeños aumentos de rendimiento a la aplicación de fertilizante potásico. De otro lado, el exceso de K en las plantas es raro dado que la absorción de K está regulada estrictamente. Asimismo, el exceso de oferta de potasio no se caracteriza por síntomas específicos, pero puede disminuir el crecimiento de la planta y rendimiento. El exceso de oferta de K tiene un impacto en la absorción de otras especies catiónicas y puede, por tanto, afectar el rendimiento y la calidad de los cultivos (**Mengel, 2006**).

Para niveles nutricionales, tampoco se observa significación estadística. Duncan indica que las medias no son diferentes estadísticamente. El mayor valor caracteriza a N-P: 160-80 kg/ha N – P₂O₅ que presentó un rendimiento de 7,499 kg/ha, siendo el incremento porcentual de 19.3% comparado con el Testigo no fertilizado y de 108.1% respecto de N-P + AH, lo cual indica el efecto depresivo de la fuente húmica, representando una disminución del rendimiento de 560 kg/ha de mazorcas.

De otro lado, es necesario establecer que el agua de riego con 0.65 meq/litro de NO₃, aporta de manera significativa nitrógeno para el cultivo. Así, el consumo de agua de riego con 3,976.5 m³/ha/campaña, permite el ingreso de 160.2 kg/ha campaña de nitratos (NO₃), lo que significa un suplemento de 37.4 kg/ha de nitrógeno lo cual puede explicar en parte, un rendimiento significativamente alto en el tratamiento testigo absoluto, no fertilizado con nitrógeno ni potasio, con 5,835 kg/ha de mazorcas. Asimismo, el rendimiento máximo caracteriza al tratamiento con 160 kg/ha de N y 80 kg/ha de P₂O₅, fertilizado con 80 kg/ha de K₂O, con 8,048 kg/ha de mazorcas siendo la diferencia porcentual de 37.9%, lo que indicaría los beneficios de la fertilización, aun en condiciones de suelos y aguas con problemas de salinidad.

Grafico 13. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el rendimiento total (kg/ha) de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

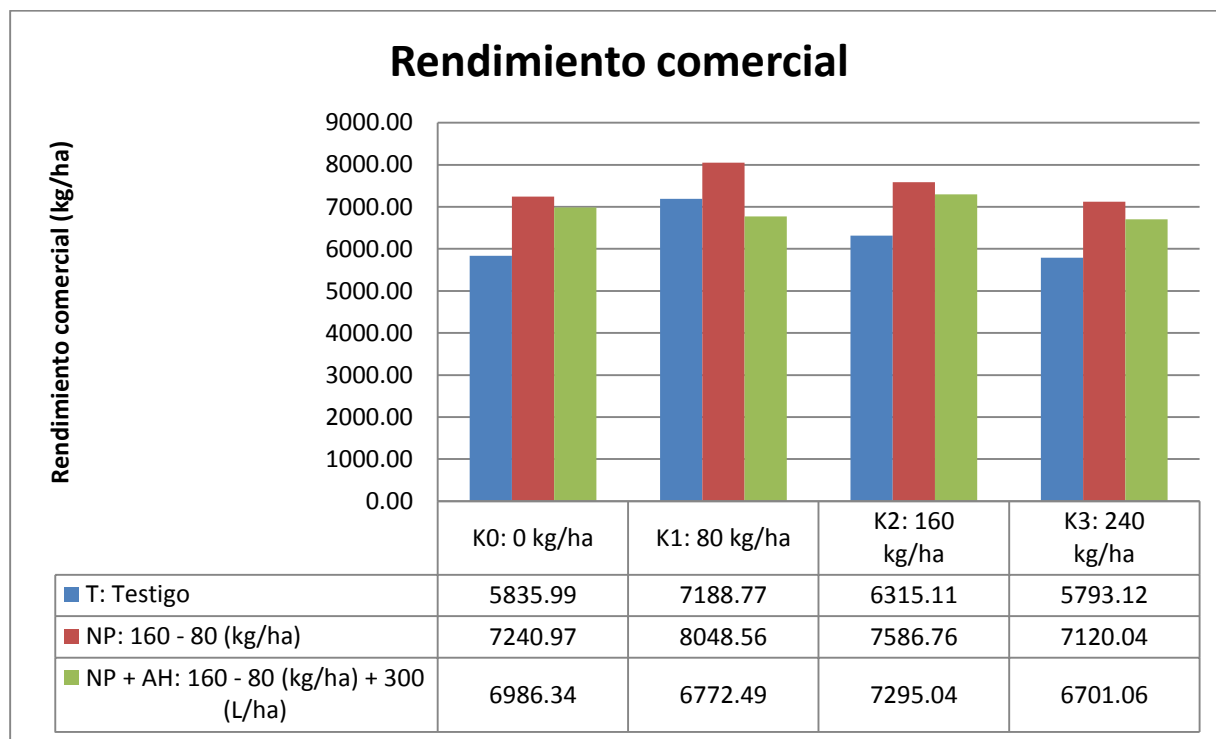
Efecto del nivel nutricional en el rendimiento total de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	9,541.7	A	111.9
NP: 160 - 80	9,877.4	A	115.8
T: Testigo	8,523.7	B	100.0

Efecto de la fertilización Potásica en el rendimiento total de maíz morado

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	9,614.8	A	100.0
K1: 80	9,499.2	A	98.8
K2: 160	9,625.5	A	100.1
K3: 240	8,523.3	A	88.6

Grafico 14. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el rendimiento comercial (kg/ha) de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

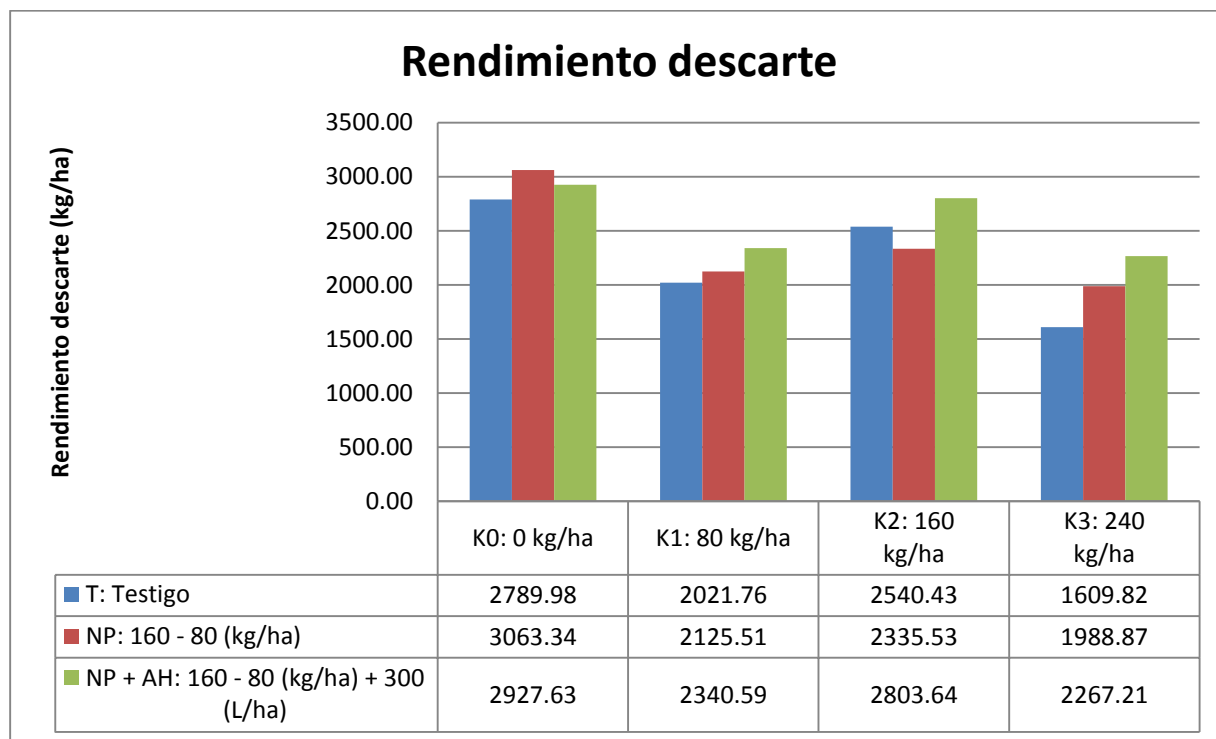
Efecto del nivel nutricional en el rendimiento comercial de maíz morado Cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	6,938.7	A	110.4
NP: 160 - 80	7,499.1	A	119.3
T: Testigo	6,283.2	B	100.0

Efecto de la fertilización Potásica en el rendimiento comercial de maíz morado

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	6,687.8	A	100.0
K1: 80	7,336.6	A	109.7
K2: 160	7,065.6	A	105.6
K3: 240	6,538.1	A	97.76

Grafico 15. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el rendimiento descarte (kg/ha) de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

Efecto del nivel nutricional en el rendimiento descarte de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	2584.8	A	107.0
NP: 160 - 80	2378.3	B	90.1
T: Testigo	2240.5	B	100.0

Efecto de la fertilización Potásica en el rendimiento descarte de maíz morado

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	2927.0	A	100.0
K1: 80	2162.6	B	73.8
K2: 160	2559.9	B	87.4
K3: 240	1955.3	B	67.8

Al respecto, **Rodríguez (2013)**, para los efectos de densidad de siembra y niveles nutricionales encontró diferencias significativas, donde con D3: 75,555 plantas/ha obtuvo 7,386 kg/ha que representa el 15.9% de incremento respecto a D1 55,555 plantas/ha. **Aguirre (2014)**, no encontró diferencias significativas comprando aplicación de humatos de potasio, mientras que por efecto del nivel nutricional se observó que N2: 120 kg/ha de N obtuvo 6,713 kg/ha que representa el 29.1% de incremento respecto al testigo (N0) en maíz morado cv. Pro semillas. Finalmente, **Alvarado (2014)**, para el cv. PMV – 581 encontró diferencias estadísticas en las 3 láminas de riego aplicadas, donde L1: 350 mm obtuvo 7,735 kg/ha de mazorcas, que representa un 47.7% de incremento respecto a L3: 250 mm con 5,237 kg/ha

4.4.3 Rendimiento de descarte del cultivo de maíz morado cv. PMV – 581

Respecto al rendimiento de descarte (Gráfico 15), la prueba de comparación de Duncan por efecto de niveles de potasio (KK), indica medias estadísticamente iguales, el mayor valor caracteriza al testigo sin potasio con 2,927 kg/ha, diferente de los tres niveles de potasio aplicados los cuales son similares estadísticamente entre sí. En general, se aprecia que conforme se incrementa el nivel de potasio aplicado el rendimiento descarte disminuye de manera similar al rendimiento total, pero diferente del rendimiento comercial.

Por efecto del nivel nutricional (NN), Duncan indica medias estadísticamente similares. El nivel NP +AH, con el mayor rendimiento descarte con 2,603 kg/ha de mazorcas, es estadísticamente similar a NP con 2,192 kg/ha y del testigo con 2,431.3 kg/ha.

Al respecto, **Rodríguez (2013)**, por el efecto de la densidad de siembra encontró diferencias significativas para el rendimiento de mazorcas comerciales (primera calidad) mientras que para mazorcas descarte no encontró diferencias comerciales en maíz morado cv. PMV - 581. En cambio, **Aguirre (2014)**, comparando la aplicación de humatos de potasio y el efecto nutricional en maíz morado cv. Pro semillas, no encontró diferencias estadísticas para las variables en estudio. Finalmente, **Alvarado (2014)**, comparando láminas de riego no encontró diferencias estadísticas,

aunque el mayor rendimiento de descarte caracterizo a la menor lámina de riego L3: 250 mm, con 1,310 kg/ha, comparado al rendimiento de la lámina L1: 350 mm con 675 kg/ha.

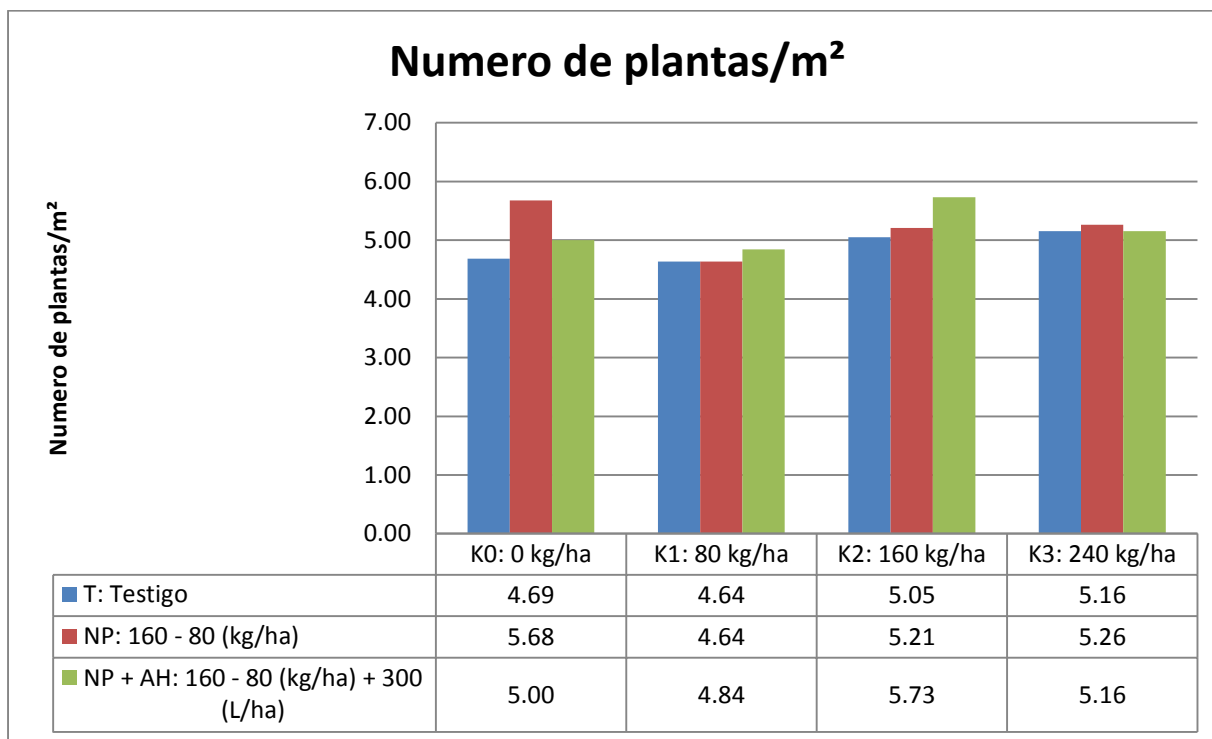
4.5 Componentes del rendimiento de maíz morado cv. PMV – 581

El Cuadro 10, presenta los resultados en las variable **número de plantas/m², número de mazorcas por planta y peso promedio de mazorca**, al respecto, el análisis de variancia nos muestra por efecto de la aplicación de potasio (KK) existe diferencia significativa para las variable **número de plantas/m²**, pero, para la variable **número de mazorcas/planta y peso promedio de mazorca** no existen diferencias estadísticas. Asimismo, por efecto del nivel nutricional (NN), no se muestran diferencias estadísticas para las tres variables y respecto a los efectos de interacción (NN x DD); tampoco existen diferencias estadísticas en las medias de los componentes del rendimiento. Al respecto, **Rodríguez (2013)**, para los efectos de densidad de siembra encontró alta diferencia significativas para las variables número de plantas/m² y numero de mazorcas por planta, además por efecto del nivel nutricional también encontró alta significación estadística para la variable peso promedio de mazorca y número de plantas/m². **Aguirre (2014)**, no encontró diferencias significativas comparando la aplicación de humatos de potasio, mientras que por efecto del nivel nutricional encontró altas diferencias estadísticas para el peso promedio de mazorcas en maíz morado cv. Pro semillas. Finalmente, **Alvarado (2014)**, para el cv. PMV – 581 respecto a efectos de la lámina de riego, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para el peso promedio de mazorcas y por efecto del nivel nutricional, se encontró diferencias estadísticas significativas. Respecto a los efectos de interacción (LL x NN) no encontró diferencias estadísticas. Respecto al **número de plantas/m²**, por efecto de la aplicación de potasio (KK) Duncan indica que las medias son diferentes estadísticamente, donde el valor más bajo con 4.705 plantas/m² se presenta a nivel de K1: 80 kg/ha K₂O, estadísticamente diferente del testigo y de K2: 160 kg/ha y K3: 240 kg/ha K₂O, los cuales son similares entre sí.

Cuadro 10. Componentes del rendimiento de maíz morado cv. PMV – 581

Nivel del Factor	Número de plantas/m²	Número de mazorcas por planta	Peso promedio de mazorca (g)
Nivel Nutricional			
T: Testigo	4.88	1.39	132.31
NP: 160 - 80 (kg/ha)	5.19	1.35	142.86
NP - AH: 160 - 80 (kg/ha) + 300 (l/ha)	5.18	1.36	141.08
Nivel de Potasio			
K0: 0 kg/ha	5.1215	1.40	138.10
K1: 80 kg/ha	4.7049	1.46	143.55
K2: 160 kg/ha	5.3299	1.28	145.86
K3: 240 kg/ha	5.191	1.34	127.49
Promedio General	5.09	1.37	138.75
Análisis de variancia			
Fuentes de Variación	Significación		
Nivel de Potasio (KK)	*	NS	NS
Nivel Nutricional (NN)	NS	NS	NS
Interacción (KK x NN)	NS	NS	NS
C.V (%)	6.2	14.1	10.4

Grafico 16. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el número de plantas por m² de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

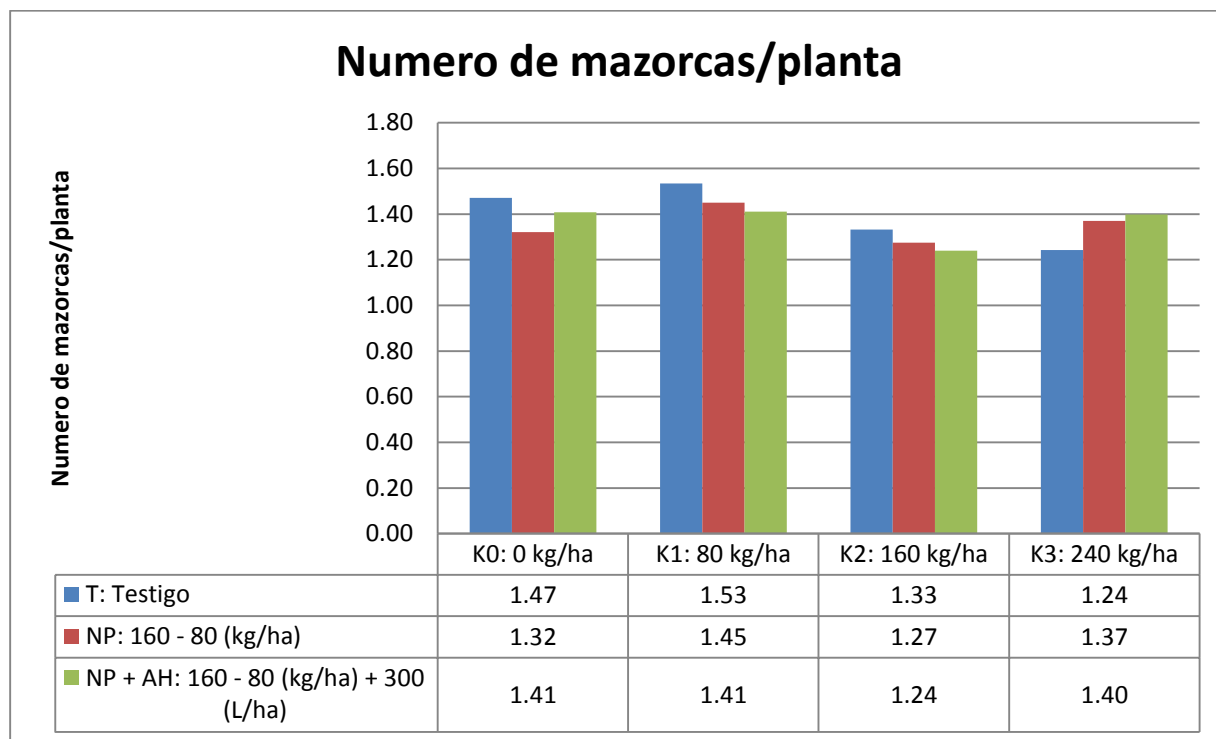
Efecto del nivel nutricional en el número de plantas por m² de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	5.18	A	106.0
NP: 160 - 80	5.20	A	106.4
T: Testigo	4.88	A	100.0

Efecto de la fertilización potásica en el número de plantas por m² de maíz morado cv. PMV – 581

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	5.12	A	100.0
K1: 80	4.70	B	91.8
K2: 160	5.33	A	104.0
K3: 240	5.19	A	101.3

Grafico 17. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el número de mazorcas por planta de maíz morado cv. PMV-581.



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

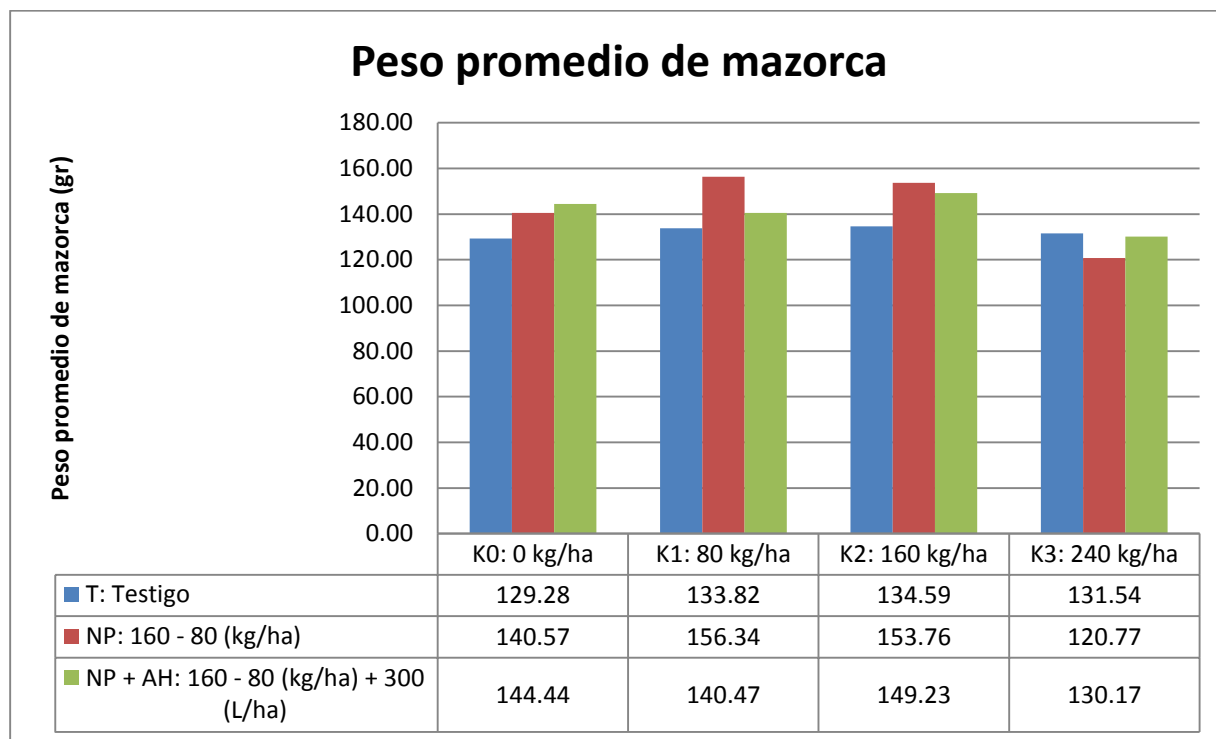
Efecto del nivel nutricional en el número de mazorcas por planta de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	1.377	A	99.21
NP: 160 - 80	1.349	A	97.19
T: Testigo	1.388	A	100.0

Efecto de la fertilización potásica en el número de mazorcas por planta de maíz morado cv. PMV – 581

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	1.397	B	100.0
K1: 80	1.478	A	105.8
K2: 160	1.279	B	91.55
K3: 240	1.332	B	95.35

Grafico 18. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el peso promedio de mazorca de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

Efecto del nivel nutricional en el peso promedio de mazorca de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	140.95	A	106.5
NP: 160 - 80	142.8	A	107.9
T: Testigo	132.3	A	100.0

Efecto de la fertilización potásica en el peso promedio de mazorca de maíz morado cv. PMV – 581

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	138.1	A	100.0
K1: 80	143.5	A	103.9
K2: 160	145.8	A	105.6
K3: 240	127.4	A	92.2

De otro lado, por efecto de nivel nutricional (NN) Duncan indica que las medias son similares estadísticamente

Al respecto, **Rodríguez (2013)**, para los efectos de densidad de siembra, encontró medias estadísticamente diferentes. **Aguirre (2014)**, también encontró diferencias estadísticas comparando la aplicación de humatos de potasio, en maíz morado cv. Pro semillas. Finalmente, **Alvarado (2014)**, para el cv. PMV – 581 no encontró diferencias significativas en las 3 láminas de riego aplicadas y tampoco para los efectos del nivel nutricional.

Respecto al **número de mazorcas/planta**, por efecto de la aplicación de potasio (KK) Duncan indica que las medias son similares estadísticamente, donde el mayor valor con 1.47 mazorcas, que caracteriza a K1: 80 kg/ha K₂O, presenta un incremento porcentual de 5.8% respecto del testigo no fertilizado.

Al respecto, **Rodríguez (2013)**, para los efectos de densidad de siembra, encontró diferencias estadísticas para la D1: 55,555 plantas/ha con 1.26 mazorcas/planta representa el 10.8% de incremento respecto a la D3. **Aguirre (2014)**, no encontró diferencias estadísticas comparando la aplicación de humatos de potasio y niveles nutricionales en cv. Pro semillas. Finalmente, **Alvarado (2014)**, para el cv. PMV – 581 no encontró diferencias estadísticas en las 3 láminas de riego aplicadas y los niveles nutricionales en estudio.

Respecto al **peso promedio de mazorca**, por efecto de la aplicación de potasio (KK) y efecto del nivel nutricional, Duncan indica que las medias son estadísticamente similares

Al respecto, **Rodríguez (2013)**, para los efectos de densidad de siembra y niveles nutricionales encontró la medias presentaron diferencias estadísticas. **Aguirre (2014)**, tampoco encontró diferencias estadísticas comparando la aplicación de humatos de potasio para el maíz morado cv. Pro semillas, mientras que a nivel nutricional, N2: 160 kg/ha obtuvo el mayor peso promedio de mazorcas (107.9 g) siendo 18.1% de incremento respecto N0: testigo. Finalmente, **Alvarado (2014)**, para el cv. PMV – 581 encontró diferencias significativas en las 3 láminas de riego aplicadas y por efecto del nivel nutricional, donde con L1: 350 mm obtuvo el mayor peso promedio de mazorcas con 148.5 g que representa el 28.2% de incremento respecto al L3:250 mm.

4.6 Características de la mazorca de maíz morado cv. PMV – 581

El (Cuadro 11), presenta los resultados de las variables **longitud de mazorca y diámetro de mazorca**, al respecto, el análisis de variancia muestra que por efecto del nivel de Potasio (KK), no existen diferencias estadísticas para ambas variables. Asimismo, por efecto del nivel nutricional (NN), tampoco se observan diferencias estadísticas. Respecto a los efectos de interacción (NN x DD); no se encontró diferencia significativa para ambas variables.

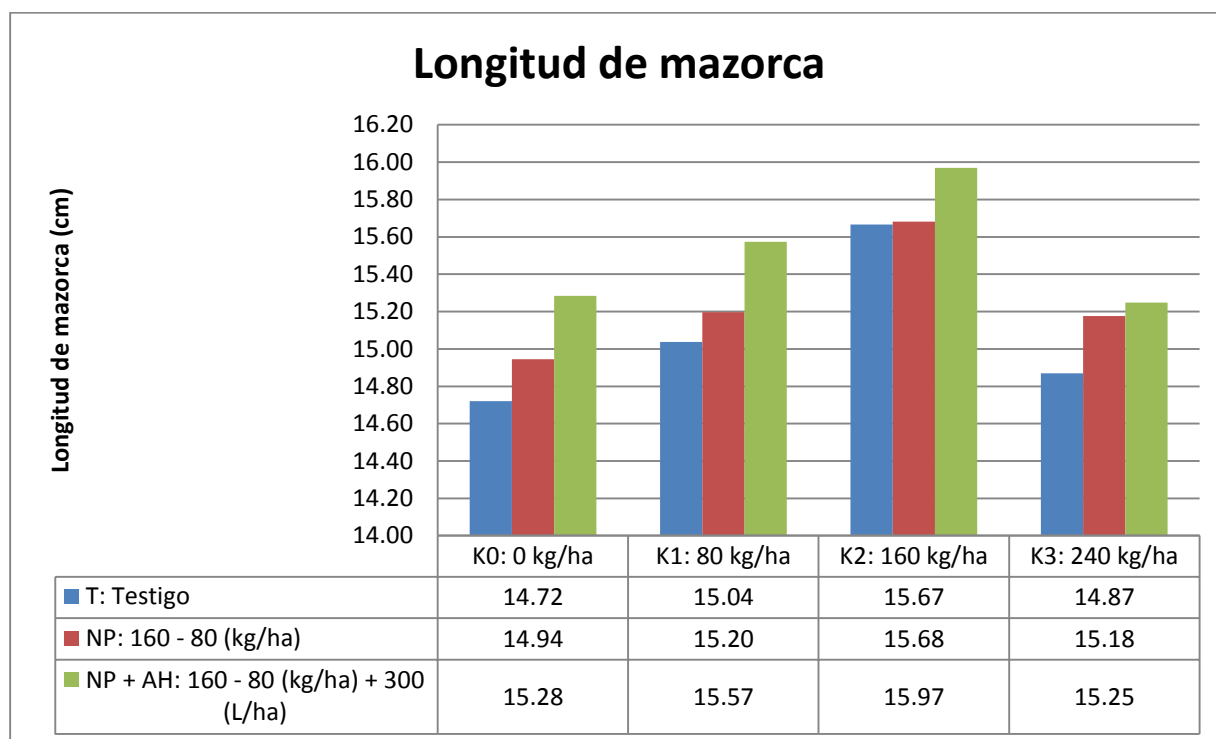
Al respecto, **Rodríguez (2013)**, para los efectos de densidad de siembra y efectos de los niveles nutricionales para maíz morado cv. PMV-581 no encontró diferencias estadísticas para las dos variables, longitud de mazorca y diámetro de tallo, mientras que por la interacción de niveles nutricionales por densidad de siembra, encontró diferencias estadísticas significativas en la variable longitud de mazorca. **Aguirre (2014)**, no encontró diferencias estadísticas comparando la aplicación de humatos de potasio y el efecto del nivel nutricional en maíz morado cv. Pro semillas.

Respecto a la variable **longitud de mazorca**, por efecto de la aplicación de potasio (KK) y efecto del nivel nutricional (NN) Duncan indica que las medias son estadísticamente similares. Al respecto, **Rodríguez (2013)**, para los efectos de densidad de siembra y niveles nutricionales no encontró diferencias estadísticas. **Aguirre (2014)**, tampoco encontró diferencias comparando la aplicación de humatos de potasio y el efecto del nivel nutricional para el cv..

Cuadro 11. Características de calidad de la mazorca de maíz morado cv. PMV – 581

Nivel del Factor	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)
Nivel Nutricional		
T: Testigo	15.07	4.55
NP: 160 - 80 (kg/ha)	15.25	4.57
NP - AH: 160 - 80 (kg/ha) - 300 (L/ha)	15.52	4.54
Nivel de Potasio		
K0: 0 kg/ha	14.98	4.58
K1: 80 kg/ha	15.27	4.50
K2: 160 kg/ha	15.77	4.64
K3: 240 kg/ha	15.10	4.50
Promedio General	15.28	4.55
Análisis de variancia		
Fuentes de Variación	Significación	
Nivel de Potasio (KK)	NS	NS
Nivel Nutricional (NN)	NS	NS
Interacción (KKxNN)	NS	NS
C.V (%)	5.6	3.0

Grafico 19. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en la longitud de mazorca de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

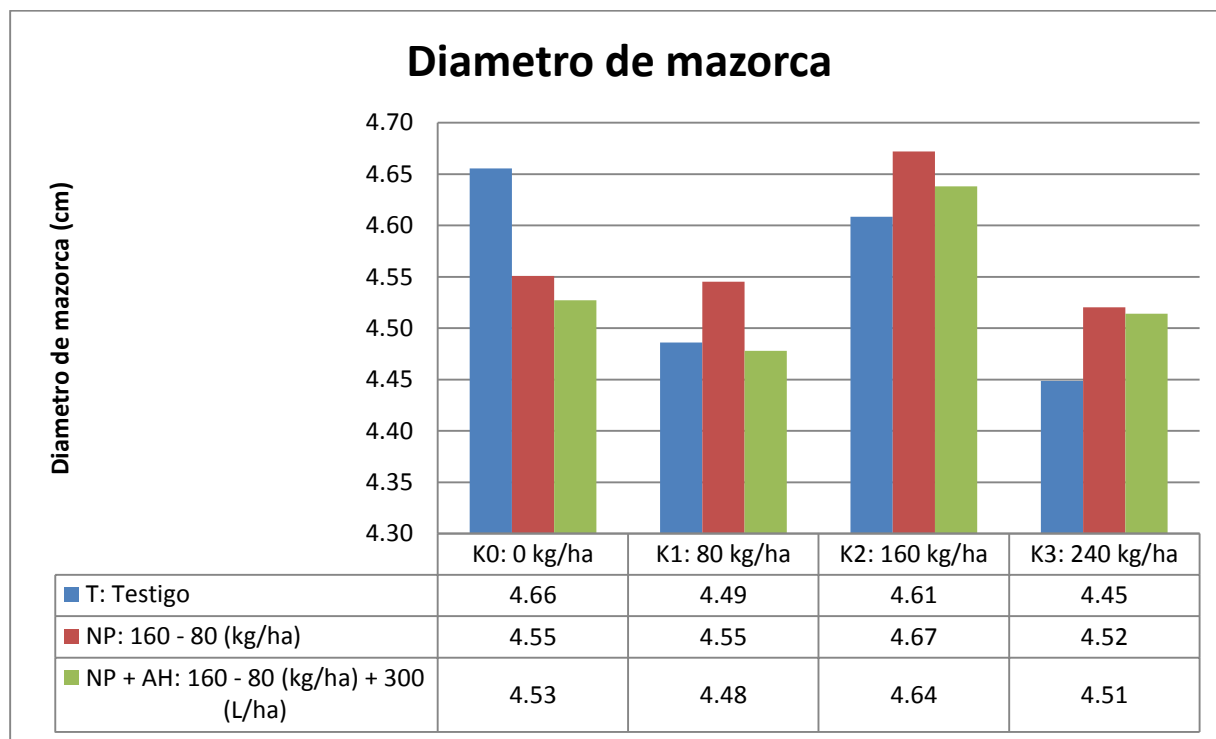
Efecto del nivel nutricional en la longitud de mazorca en maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	15.52	A	102.9
NP: 160 - 80	15.25	B	101.1
T: Testigo	15.07	C	100.0

Efecto de la fertilización potásica en la longitud de mazorca en la planta de maíz morado cv. PMV – 581

Nivel de Potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	14.98	A	100.0
K1: 80	15.27	A	101.9
K2: 160	15.77	A	105.2
K3: 240	15.09	A	100.7

Grafico 20. Efecto de la fertilización potásica y del nivel nutricional en el diámetro de mazorca de maíz morado cv. PMV-581



Prueba de Duncan (alfa= 0.05)

Efecto del nivel nutricional en el diámetro de mazorca en la planta de maíz morado cv. PMV-581.

Nivel Nutricional (kg/ha N – P205)	Medias	DUNCAN	Incremento %
NP + AH: 160 - 80 +300 (l/ha)	4.55	A	100.2
NP: 160 - 80	4.57	A	100.7
T: Testigo	4.54	A	100.0

Efecto de la fertilización potásica en el diámetro de mazorca en la planta de maíz morado cv. PMV – 581

Nivel de potasio (kg/ha K2O)	Medias	DUNCAN	Incremento %
K0: Testigo	4.58	A	100.0
K1: 80	4.50	A	98.3
K2: 160	4.64	A	101.3
K3: 240	4.50	A	98.2

Pro semillas. Respecto a la variable **Diámetro de mazorca**, por efecto de la aplicación de potasio (KK) y del nivel nutricional (NN), Duncan indica que las medias son estadísticamente similares. Al respecto, **Rodríguez (2013)**, para los efectos de densidad de siembra y nivel nutricional no encontró diferencias estadísticas y observa que el incremento en los tratamientos es menor al 8%. **Aguirre (2014)**, tampoco no encontró diferencias estadísticas comparando aplicación de humatos de potasio y el efecto del nivel nutricional para el cv. Pro semillas.

V. ANÁLISIS AGRO-ECONÓMICO

El Cuadro 12, muestra el análisis agro-económico del cultivo de maíz morado cv PMV-581 y su respuesta a los factores en estudio. Al respecto, para niveles de potasio, el nivel de rentabilidad más elevado se presenta a nivel de K1: 80 kg/ha de K_2O , con un IR de 142%. Niveles de rentabilidad de 134%, 111% y 81% se obtienen con K0: Testigo, K2: 160 kg/ha y K3: 240 kg/ha de K_2O . Para niveles de nutrición, el testigo no fertilizado y no aplicado con Ácidos húmicos muestra el índice de rentabilidad más alto con 174%. Rentabilidades de 135% y 43% se presentan para N1: NP (160-80 kg/ha N- P_2O_5) y N2: NP+AH (160-80 kg/ha N- P_2O_5 + 300 l/ha de ácidos húmicos comerciales).

Asimismo, los índices de rentabilidad más bajos se presentan con el nivel de fertilización potásica más elevado; K3: 240 kg/ha de K_2O y con la aplicación de ácidos húmicos; N2: NP +AH (160-80 kg/ha de N- P_2O_5 + 300 l/ha) con un IR de 28% siendo la utilidad neta de sólo 2,217 soles. En general, los tratamientos con ácidos húmicos presentan índices de rentabilidad bajos, siendo menores al 55%.

Finalmente, el mayor índice de rentabilidad caracteriza al tratamiento con 80 kg/ha de K_2O sin nitrógeno, sin fosforo y sin ácidos húmicos con un IR de 225% y una utilidad neta de 7,464 soles

Grafico 12. Análisis agro-económico del cultivo de maíz morado cv. PMV - 581

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Valor bruto de la Produccion (\$/.)	Costo total de la Produccion (\$/.)	Utilidad Neta (\$/.)	Indice de Rentabilidad (%)	Indice promedio de Rentabilidad (%)
K1(NN0)	7,188.8	10,783.1	3,318.8	7,464.2	225	142%
K1(NN1)	8,048.6	12,072.8	4,655.4	7,417.4	159	
K1(NN2)	6,772.5	10,158.7	7,130.4	3,028.3	42	
K2(NN0)	6,315.1	9,472.7	3,670.8	5,801.7	158	111%
K2(NN1)	7,586.8	11,380.1	5,007.4	6,372.7	127	
K2(NN2)	7,295.0	10,942.6	7,482.4	3,460.1	46	
K3(NN0)	5,793.1	8,689.7	4,022.8	4,666.8	116	81%
K3(NN1)	7,120.0	10,680.1	5,359.4	5,320.6	99	
K3(NN2)	6,701.1	10,051.6	7,834.4	2,217.1	28	
K0(NN0)	5,836.0	8,754.0	2,966.8	5,787.1	195	134%
K0(NN1)	7,241.0	10,861.5	4,303.4	6,558.0	152	
K0(NN2)	6,986.3	10,479.5	6,778.4	3,701.0	55	

Nivel de Potasio (K₂O)
K1: 80 kg/ha
K2: 160 kg/ha
K3: 240 kg/ha
K0: 0

Nivel Nutricional
(T0): Testigo
(NP+AH): 160-80 (kg/ha) - 300 (l/ha)
(NP):160-80 (kg/ha)

VI. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente ensayo en maíz morado cv. PMV 581, el rendimiento total y el rendimiento comercial de mazorcas no presentan diferencias estadísticas al nivel de potasio aplicado y al efecto nutricional. Tampoco se observó efectos para la interacción.

El mayor rendimiento total y rendimiento comercial se presenta a nivel de NP: 160 kg/ha de N y 80 kg/ha de P₂O₅ con 9,690 kg/ha y 7,499 kg/ha de mazorcas respectivamente, ambos estadísticamente similar con NP + AH (6,938 kg/ha), y al testigo (T₀) no fertilizado (6,283.2 kg/ha de mazorcas).

Estadísticamente la fertilización potásica muestra medias similares, sin embargo, el mayor rendimiento se presenta a nivel de 80 kg/ha de K₂O con 7,336 kg/ha, mostrando un incremento de 12.0% respecto de K₃: 240 kg/ha K₂O y de 10% respecto del testigo no fertilizado.

La clasificación por categorías del rendimiento total de mazorcas establece, que el rendimiento de mazorcas comercial es de 74.1% y el rendimiento de descarte el 25.9 %

Las variables de crecimiento; altura de planta, número de hojas por planta, hojas desde la mazorca principal y altura de la mazorca principal no presentan significación estadística para las fuentes de variación. En cambio área foliar y diámetro de tallo muestran diferencias estadísticas para potasio y para niveles nutricionales respectivamente.

El análisis de los componentes del rendimiento de maíz morado, indica que para potasio, el número de plantas/m² presenta diferencias estadísticas. El mayor número de plantas/m² se presenta a nivel de K₂: 160 kg/ha K₂O (5.33 plantas/m²), diferente estadísticamente a K₁: 80kg/ha y a los niveles de fertilización de 240 kg/ha de K₂O y testigo no fertilizado. Para niveles nutricionales las medias son similares.

Bajo las condiciones de suelo, agua clima y tecnología en el manejo de maíz morado PMV-581, los parámetros agronómicos que caracterizan al cultivo, muestran una eficiencia de uso de agua (EUA) de 1.74 kg de mazorcas producidas por m³ de agua aplicado, una Evapotranspiración del Cultivo (ET_c) de 356.1 mm/campaña, un Índice

de Cosecha (IC) de 46.1 %, un índice de área foliar (IAF) de 3.64 m²/m² de superficie foliar por superficie de terreno y un coeficiente de transpiración (CT) de 204.8 litros evapotranspirados por kilogramo de materia seca producida.

Para un ciclo vegetativo de 145 días en el cultivo de maíz morado cv. PMV-581, el requerimiento de agua en riego por goteo fue de 3,976.5 m³/ha, siendo la evapotranspiración media del cultivo (ETc) de 2.87 mm/día y el coeficiente del cultivo (Kc) promedio estimado de 0.91.

El análisis agroeconómico indica que el mayor índice de rentabilidad (IR) de 225% caracteriza al tratamiento con 80 kg/ha de K₂O a nivel del testigo sin nitrógeno y fosforo, siendo la utilidad neta de 7,464 soles, mientras que el menor índice de rentabilidad (IR) de 28% se presenta a nivel de 240 kg/ha de K₂O con 160 kg/ha de N, 80 kg/ha de P₂O₅ y ácidos húmicos, siendo la utilidad neta de solo 2,217 soles.

VII. BIBLIOGRAFIA

Aguirre Pajuelo E. (2014). Efecto de la aplicación de humatos de potasio y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de maíz morado cv. PROSEMILLAS (*Zea mays* L.) Bajo RLAf: Goteo. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. UNALM Lima-Perú.

Alvarado Diaz, V. (2014). Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el crecimiento y rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) cv. PMV – 581. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. UNALM Lima-Perú.

Benton Jones, J. 1998. Tomato Plant Culture. In the field, greenhouse and home garden. CRC Press, Boca Raton, FL 199 pp.

Black, C.A. 1975. Relaciones Suelo – Planta Tomo II. Edit. Hemisferio Sur. México. Pp.445 – 446.

Blevins, D. G. 1994. Uptake, translocation and function of essential mineral elements in crop plants. p. 259 - 275. En K.J. Boote et al. (ed.) Physiology and determination of crop yield. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

Bidwell, R.S. 1993. Fisiología Vegetal. AGT Editor S.A. México D.C.

Clark y Rosswall, 1981. Terrestrial nitrogen cycles. Processes, ecosystem strategies and management impact. Ecol. Bull. Stockholm.

Espinoza, F. 2003. Efecto de la fertirrigación nitrogenada y de la densidad espacial de plantas en el cultivo de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.) bajo RLAf goteo. Tesis UNALM. Lima. Perú.

Fassbender, 1978. Química de suelos, con énfasis en los suelos de América Latina. San José, Costa Rica. 66p.

FOPEX, 1985. Fondo de promoción de exportación no tradicionales. Estudio de factibilidad del cultivo de maíz morado. Manual de cultivo. Lima-Perú.

- FAO. 2000.** Sustainable tomato production. En: Pest management notes N° 13.
- Giles Paucar, E. (2011).** Efecto de la aplicación de ácidos húmicos y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de maíz morado cv. PMV – 581 (*Zea mays* L.) bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. UNALM Lima-Perú.
- Greenwood, N. N. y Earnshaw, A.1998.** Chemistry of the Elements, 2da Edición.Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Grobman, 1982.** Maíz precerámica de Huarmey, costa norcentral del Perú.
- Gross, G. et al. 1985.** Introducción al estudio de los productos naturales. Informe Sección General OEA, USA.450 pp.
- Hayes y Wilson 1997.**Humic Substances in Soils, Peats and Waters. Health and Environmental Aspects.The Royal Society and Chemistry. Cambridge.
- Harper, J.E. 1994.**Nitrogen metabolism. p. 285–302. En K.J. Boote et al. (ed.) Physiology and determination of crop yield. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Kapulnik, Y. 1996.** Nonsymbiotic Nitrogen-Fixing Soil Microorganisms. p. 757-767. En Y. Waisel, A. Eshel y U. Kafkafi eds. Plant Roots - The Hidden Half. Marcel Dekker, Inc. Nueva York.
- Loue, A. (1979).** Los microelementos en la agricultura. Versión española de Alonso Domínguez Vivancos. Ediciones Mundi Prensa. Madrid – España.
- Mengel, K. 2006.** Potassium. En: Barker, A.V. and D.J. Pilbeam. Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 91-120.
- Manrique, 1988.** El maíz en el Perú. 2da.Edición. Fondo del libro del Banco Agrario del Perú. Lima-Perú.
- Manrique, A. 1997.** El maíz en el Perú. Ed. CONCYTEC. Lima. Perú.

- Marschner, 1993.** Mineral nutrition of higher plants.8° edition. New York. USA.
- Mengel y Kirkby, 1982.**Principles of Plant Nutrition Internacional Potash Institute, 3rd Edition.Suiza. Berna 655p.
- Mendoza Layme G. (2008),** Efecto de bioestimulantes y ácidos húmicos en el rendimiento y calidad del cultivo de brócoli (*Brasica oleracea* L. variedad, itálica cv. Legacy). Tesis para optar por el título de Ing. Agrónomo. UNALM Lima-Peru.
- Malavolta, E (1972).** Nutrición y fertilización. Simposio Brasileño del frijol; Universidad federal vicosa 209- 242
- Marschner, H., 1996.** Mineral nutrition of higher plants.8° edition New York USA.
- Mengel K. y Arneke, W.W. 1892.** Effect of potassium on water potencial, the pressure potencial and cell elongation in leaves of *Phaseolus vulgaris*.Physiol. Plant.54, 402-40.
- Munson, R.D. 1985.** Potassium in agricultura.Proc. Int Symp. Atlanta. Am. Soc. Agron. Madinson. USA.
- Mayanga Mariños, A (2011),** Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de maíz morado (*zea mays* L.) cv PMV-581, bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. UNALM Lima-Perú.
- Pissarek, H. P. 1973.** The development of potassium deficiency symptoms in spring rape.Z. Pflanzenernahr Bodenk. 136, 1-96
- Pizarro F. 1986.** Drenaje y recuperación de suelos salinos. 2da. Edición. Editorial Agrícola Española. S.A. Madrid.
- Rodríguez, S., F., 1995.** Fertilizantes - Nutrición Vegetal. A.G.T. editor S.A. México
- Salisbury F.B. y Cleon W. Ross. 2000.** Plant Physiology 1. 304 pp. International Thompson Editores Spain. Paraninfo S.A. Madrid. España.
- Scholberg, J., McNeal, B. L., Boote, K. J., Jones, J. W. Locascio, S. J. y Olson, S. M. 2000.** Nitrogen stress effect on growth and nitrogen accumulation by field grown tomato. Agron. J. 92:159-167.

- Sparks, D. L. 2000** .Bio availability of soil potassium.En: Sumner, M. E. (Ed.). Handbook of Soil Science. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. D 38 - D 53.
- Sanchez, C. A. 2006.** Phosphorus. En: Barker, A.V. y Pilbeam, D. J. Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 51-90.
- Taiz, L. y Zeiger, E. 2006.** Fisiología Vegetal. (3ª Edición). Universitat Jaume I.
- Sevilla y Valdez, 1985.** Estudios de Factibilidad del Cultivo de Maíz Morado. Fondo de Promoción de Exportaciones (FOPEX) Lima, Perú. 46p.
- Solano, R. 1999.** Efecto de la fertirrigacion N-P-K en el rendimiento y el contenido de antocianina de tres variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) bajo R.L.A.F.: goteo. Tesis Ingeniero Agrónomo UNALM. Lima, Peru. 105p.
- Stoller, J. 1985.** Rol of humic acids in agricultura. Tech. Bullet Stoller Entreprises Inc.
- Rodríguez Velarde, E. (2013),** Efecto de la fertilización NPK y de la aplicación de ácidos húmicos en tres poblaciones de plantas en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) cv. PMV – 581; bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. UNALM Lima-Perú.
- Senn, L y Kingman, A. 1983.** A review of hummus and humic acids. Research series N° 165. S.C. Agricultural experiment station Clemson – South Caroline.
- Timberlake, CF, Bridle P. 1979.** Distribution of anthocyanins in Food Plants. In: *Anthocyanins as Food Colors*. Markasis P (ed), Academic Press, New York, p. 126-57
- Toscano A. F. 2003.** Efecto de la Relación Nitrógeno – Calcio en el Rendimiento de Maíz Hibrido PM – 104 bajo Condiciones de Riego por Exudación. Tesis Magíster Scientiae - UNALM.
- Wilcox, G. E. 1983.** Deficiencias nutricionales del frijol, su identificación y su corrección. Goiania. Embrapa C.N.A.P.F pg. 22, boletín técnico N° 5.
- Zewdie, Y., and P. W. Bosland. 2000.** Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annuum* L. Euphytica 111:185–190.

ANEXOS

ANEXO 1: Altura de planta (m)

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	2.45	2.53	2.40	2.90	2.59	2.57	106.36
NP: 160-80 Kg/ha	1.95	2.73	2.04	2.77	2.61	2.42	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	2.46	2.71	2.65	2.18	2.55	2.51	100.35
						2.50	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	2.70	2.40	2.50	2.90	2.57	2.61	104.14
NP: 160-80 Kg/ha	2.34	2.69	2.82	2.72	2.83	2.68	106.77
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	2.35	2.27	2.60	2.82	2.51	2.51	100.00
						2.60	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	2.50	2.32	2.84	2.48	2.68	2.56	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	2.55	2.88	2.47	2.93	2.64	2.69	105.07
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	2.80	2.72	2.39	2.87	3.07	2.77	108.03
						2.68	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	2.33	2.31	2.77	2.69	2.48	2.52	103.11
NP: 160-80 Kg/ha	2.19	2.25	2.78	2.84	2.66	2.54	104.26
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	2.32	2.38	2.30	2.34	2.86	2.44	100.00
						2.50	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P-VALOR	Ftabla		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	0.1091	1.55	0.24	2.9	4.46	NS
Bloques	16	0.0705					
Tratamientos (NN)	2	0.0038	0.09	0.91	3.39	5.34	NS
Interacción	6	0.0439	0.85	0.54	2.4	3.43	NS
ERROR	32	0.0517					
TOTAL	59						

C.V (%): 8.8

ANEXO 2. Area Foliar

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	5405.41	6060.61	6750.00	6470.59	6176.47	6172.61	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	6857.14	7352.94	4864.86	6388.89	6842.11	6461.19	104.68
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	10000.00	10000.00	6341.46	5000.00	7297.30	7727.75	125.19
						6787.18	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	10250.00	7222.22	5952.38	8148.15	8125.00	7939.55	103.25
NP: 160-80 Kg/ha	6750.00	9166.67	9189.19	8974.36	7647.06	8345.45	108.53
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	6585.37	5384.62	8947.37	10606.06	6923.08	7689.30	100.00
						7991.43	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	8000.00	6857.14	6969.70	7241.38	6551.72	7123.99	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	10238.10	6250.00	8684.21	9268.29	8125.00	8513.12	119.50
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	8529.41	8461.54	8823.53	6333.33	7692.31	7968.02	111.85
						7868.38	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	5405.41	4146.34	7142.86	8536.59	5853.66	6216.97	106.46
NP: 160-80 Kg/ha	5937.50	5263.16	5789.47	5365.85	6842.11	5839.62	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	3714.29	5000.00	6750.00	6315.79	8048.78	5965.77	102.16
						6007.45	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)

Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P-VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	13300814.87	6.41	0.004	2.9	4.46	**
Bloques	16	2074293.55					
Tratamientos (NN)	2	1364299.617	0.78	0.49	3.39	5.34	NS
Interacción	6	1746138.7500	0.91	0.49	2.4	3.43	NS
ERROR	32	1916494.363					
TOTAL	59						

C.V (%): 19.3

ANEXO 3. Número de hojas por planta

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	12.00	12.00	11.00	11.00	12.00	11.60	101.75
NP: 160-80 Kg/ha	12.00	13.00	10.00	11.00	11.00	11.40	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	13.00	12.00	11.00	11.00	12.00	11.80	101.72
						11.60	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	12.00	11.00	10.00	12.00	12.00	11.40	101.79
NP: 160-80 Kg/ha	12.00	11.00	12.00	11.00	13.00	11.80	105.36
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	11.00	11.00	11.00	11.00	12.00	11.20	100.00
						11.47	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	12.00	10.00	11.00	11.00	11.00	11.00	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	11.00	12.00	10.00	12.00	13.00	11.60	105.45
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	11.00	11.00	10.00	12.00	11.00	11.00	100.00
						11.20	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	12.00	9.00	12.00	13.00	10.00	11.20	105.66
NP: 160-80 Kg/ha	11.00	11.00	13.00	12.00	11.00	11.60	109.43
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	10.00	11.00	11.00	10.00	11.00	10.60	100.00
						11.13	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P- VALOR	Ftabla		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	0.7278	0.58	0.63	2.9	4.46	NS
Bloques	16	1.2583					
Tratamientos (NN)	2	1.0500	2.12	0.2	3.39	5.34	NS
Interacción	6	0.4944	0.78	0.59	2.4	3.43	NS
ERROR	32	0.6333					
TOTAL	59						

C.V (%): 7.0

ANEXO 4. Diámetro de tallo (cm)

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	1.94	2.08	2.38	1.84	2.10	2.07	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	2.19	2.14	1.92	2.24	2.21	2.14	103.53
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	2.46	2.53	2.05	1.48	2.72	2.25	108.76
						2.15	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	2.66	2.33	2.50	1.88	2.08	2.29	103.15
NP: 160-80 Kg/ha	2.44	2.27	2.52	1.95	1.92	2.22	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	2.44	2.25	2.73	2.64	2.34	2.48	111.71
						2.33	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	2.38	2.34	2.33	2.00	1.80	2.17	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	2.64	2.27	2.42	2.88	2.23	2.49	114.65
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	2.41	2.56	2.57	2.20	2.15	2.38	109.59
						2.35	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	1.94	2.04	1.96	2.49	2.00	2.09	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	2.19	1.83	2.09	1.98	2.44	2.11	100.96
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	1.81	2.34	2.53	2.23	2.63	2.31	110.64
						2.17	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P- VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	16.0461	1.67	0.21	2.9	4.46	NS
Bloques	16	9.5980					
Tratamientos (NN)	2	20.1976	4.46	0.06	3.39	5.34	*
Interacción	6	4.5267	0.7	0.65	2.4	3.43	NS
ERROR	32	6.4996					
TOTAL	59						

C.V (%): 11.3

ANEXO 5. Numero de hojas por encima de la mazorca principal

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	5.00	4.00	5.00	5.00	5.00	4.80	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	6.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.20	108.33
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	6.00	6.00	5.00	4.00	6.00	5.40	112.50
						5.13	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	5.20	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	5.00	5.00	6.00	5.00	7.00	5.60	107.69
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	4.00	6.00	5.00	6.00	6.00	5.40	103.85
						5.40	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	6.00	6.00	5.00	5.00	4.00	5.20	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	6.00	6.00	5.00	5.00	6.00	5.60	107.69
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	7.00	5.00	4.00	5.00	6.00	5.40	103.85
						5.40	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	6.00	5.00	5.00	6.00	5.00	5.40	108.00
NP: 160-80 Kg/ha	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	4.00	5.00	5.00	5.00	6.00	5.00	100.00
						5.13	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P- VALOR	Ftabla		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	0.3555	0.5	0.68	2.9	4.46	NS
Bloques	16	0.7083					
Tratamientos (NN)	2	0.2167	0.71	0.52	3.39	5.34	NS
Interacción	6	0.3056	0.75	0.61	2.4	3.43	NS
ERROR	32	0.4083					
TOTAL	59						

C.V (%): 12.1

ANEXO 6. Altura a la mazorca principal (m)

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	1.53	2.01	1.56	1.84	1.74	1.74	114.36
NP: 160-80 Kg/ha	1.43	2.00	1.08	1.84	1.74	1.62	106.59
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	1.53	1.54	1.61	1.67	1.24	1.52	100.00
						1.62	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	1.87	1.36	1.19	2.04	1.45	1.58	106.03
NP: 160-80 Kg/ha	1.52	1.67	1.50	1.82	1.57	1.62	108.31
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	1.64	1.16	1.61	1.47	1.58	1.49	100.00
						1.56	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	1.22	1.14	1.85	1.56	2.01	1.56	100.26
NP: 160-80 Kg/ha	1.30	1.77	1.39	1.80	1.86	1.62	104.64
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	1.27	1.64	1.62	1.63	1.60	1.55	100.00
						1.58	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	1.47	1.19	1.99	1.65	1.42	1.54	110.13
NP: 160-80 Kg/ha	1.63	1.47	2.08	1.95	1.67	1.76	125.53
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	1.47	1.28	1.38	1.31	1.57	1.40	100.00
						1.57	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P- VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	0.0115	0.11	0.95	2.9	4.46	NS
Bloques	16	0.1027					
Tratamientos (NN)	2	0.1404	3.82	0.08	3.39	5.34	*
Interacción	6	0.0368	0.78	0.58	2.4	3.43	NS
ERROR	32	0.0470					
TOTAL	59						

C.V (%): 13.6

ANEXO 7. Materia seca de hojas (g/planta)

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	37.84	33.33	23.63	48.53	27.79	34.22	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	41.14	47.79	29.19	25.56	37.63	36.26	105.96
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	70.00	85.00	28.54	40.00	43.78	53.46	156.22
						41.32	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	35.88	28.89	41.67	48.89	32.50	37.56	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	47.25	64.17	36.76	53.85	57.35	51.87	138.10
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	46.10	43.08	40.26	74.24	31.15	46.97	125.03
						45.47	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	48.00	27.43	34.85	47.07	36.03	38.68	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	76.79	43.75	52.11	78.78	32.50	56.78	146.82
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	34.12	50.77	52.94	41.17	26.92	41.18	106.48
						45.55	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	29.73	22.80	39.29	34.15	29.27	31.05	121.15
NP: 160-80 Kg/ha	20.78	23.68	26.05	26.83	30.79	25.63	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	20.43	22.50	33.75	31.58	48.29	31.31	122.17
						29.33	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P- VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha= 0.05$	$\alpha= 0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	4.8740	4.14	0.02	2.9	4.46	*
Bloques	16	1.1761					
Tratamientos (NN)	2	1.8076	1.18	0.36	3.39	5.34	NS
Interacción	6	1.5285	2.67	0.03	2.4	3.43	*
ERROR	32	0.5735					
TOTAL	59						

C.V (%): 11.3

ANEXO 8. Materia seca de tallo (g/planta)

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	218.35	115.07	152.04	107.46	108.70	140.33	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	226.22	57.92	180.71	171.24	199.58	167.13	119.10
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	234.14	211.62	119.64	149.16	333.02	209.51	149.31
						172.32	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	189.81	162.50	107.53	131.44	158.53	149.96	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	172.93	197.34	204.55	183.06	168.41	185.26	123.53
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	150.18	129.80	232.63	212.29	130.30	171.04	114.05
						168.75	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	111.47	99.95	115.38	132.66	120.36	115.97	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	105.25	152.44	88.49	135.39	152.98	126.91	109.44
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	175.49	160.94	113.65	58.29	158.09	133.29	114.94
						125.39	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	167.45	110.26	146.79	149.62	113.24	137.47	115.98
NP: 160-80 Kg/ha	77.33	97.41	119.51	141.78	156.64	118.54	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	104.27	91.87	104.11	121.29	210.59	126.43	106.66
						127.48	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P- VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	14.7931	4.39	0.01	2.9	4.46	*
Bloques	16	3.3733					
Tratamientos (NN)	2	3.4592	1.24	0.35	3.39	5.34	NS
Interacción	6	2.7995	0.89	0.51	2.4	3.43	NS
ERROR	32	3.1376					
TOTAL	59						

C.V (%): 14.4

ANEXO 9. Materia seca de mazorca (g/planta)

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	112.20	136.43	96.00	55.84	129.78	106.05	105.59
NP: 160-80 Kg/ha	68.93	91.62	86.61	116.73	138.30	100.44	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	62.50	145.69	151.60	82.01	78.44	104.05	100.52
						103.51	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	134.34	138.11	149.00	110.50	155.40	137.47	112.35
NP: 160-80 Kg/ha	108.50	118.71	148.93	110.91	136.80	124.77	101.97
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	166.40	118.73	114.86	85.10	126.72	122.36	100.00
						128.20	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	112.91	101.27	144.00	89.32	133.20	116.14	114.51
NP: 160-80 Kg/ha	177.70	112.28	137.21	96.83	156.14	136.03	134.13
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	81.97	104.98	88.84	119.32	112.00	101.42	100.00
						117.86	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	74.28	70.16	124.09	125.92	169.83	112.85	109.10
NP: 160-80 Kg/ha	57.21	81.28	77.22	107.46	194.06	103.45	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	79.36	124.20	91.57	102.51	174.46	114.42	110.61
						110.24	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P- VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	1685.4050	0.89	0.46	2.9	4.46	NS
Bloques	16	1888.4363					
Tratamientos (NN)	2	308.4380	0.53	0.61	3.39	5.34	NS
Interacción	6	582.0375	0.89	0.51	2.4	3.43	NS
ERROR	32	650.5893					
TOTAL	59						

C.V (%): 22.1

ANEXO 10. Materia seca de panca (g/planta)

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	23.74	32.08	30.55	11.82	35.31	26.70	105.26
NP: 160-80 Kg/ha	20.84	21.40	23.10	22.59	39.34	25.45	100.35
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	13.08	37.42	33.87	26.34	16.12	25.36	100.00
						25.84	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	45.39	43.95	45.04	29.88	46.97	42.25	122.81
NP: 160-80 Kg/ha	27.33	29.15	42.65	39.81	39.28	35.64	103.61
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	50.30	32.11	33.07	15.66	40.86	34.40	100.00
						37.43	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	32.42	32.65	29.02	14.21	35.80	28.82	117.34
NP: 160-80 Kg/ha	36.63	20.36	32.84	26.61	47.20	32.73	133.25
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	13.77	28.20	26.85	26.58	27.41	24.56	100.00
						28.70	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	14.53	12.96	41.08	30.45	44.64	28.73	103.40
NP: 160-80 Kg/ha	9.10	16.81	16.93	29.06	67.04	27.79	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	17.68	35.56	19.77	26.33	60.65	32.00	115.15
						29.51	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P- VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	20047.9610	2.7	0.08	2.9	4.46	NS
Bloques	16	7420.9756					
Tratamientos (NN)	2	3050.6230	0.62	0.56	3.39	5.34	NS
Interacción	6	4932.6044	1.79	0.13	2.4	3.43	NS
ERROR	32	9468.4254					
TOTAL	59						

C.V (%): 15.3

ANEXO 11. Materia seca de panoja (g/planta)

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	3.70	4.50	8.20	6.00	5.40	5.56	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	7.90	7.70	7.50	7.30	8.50	7.78	139.93
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	5.70	11.40	7.60	6.10	7.80	7.72	138.85
						7.02	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	11.60	9.90	6.10	7.50	5.60	8.14	100.99
NP: 160-80 Kg/ha	5.80	9.10	9.90	10.40	5.10	8.06	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	14.10	4.90	13.60	7.70	9.90	10.04	124.57
						8.75	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	8.60	4.50	7.80	6.70	5.70	6.66	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	7.10	5.70	11.00	11.00	5.20	8.00	120.12
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	11.40	9.70	11.60	6.90	5.10	8.94	134.23
						7.87	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	6.90	6.50	6.20	9.10	6.40	7.02	122.30
NP: 160-80 Kg/ha	5.40	2.50	6.20	6.10	8.50	5.74	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	6.30	5.20	8.90	5.90	11.10	7.48	130.31
						6.75	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P-VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	12.2522	1.89	0.17	2.9	4.46	NS
Bloques	16	6.4703					
Tratamientos (NN)	2	15.0500	4.58	0.06	3.39	5.34	*
Interacción	6	3.2860	0.64	0.69	2.4	3.43	NS
ERROR	32	5.1247					
TOTAL	59						

C.V (%): 29.8

ANEXO 12. Materia seca total (g/planta)

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	395.83	321.41	310.41	229.65	306.98	312.86	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	365.03	226.43	327.11	343.41	423.35	337.07	107.74
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	385.41	491.12	341.24	303.61	479.17	400.11	127.89
						350.01	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	417.02	383.34	349.34	328.22	399.00	375.38	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	361.81	418.46	442.78	398.02	406.94	405.60	108.05
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	427.08	328.62	434.42	394.98	338.94	384.81	102.51
						388.60	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	313.41	265.80	331.05	289.96	331.09	306.26	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	403.47	334.53	321.64	348.61	394.02	360.45	117.70
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	316.74	354.59	293.89	252.25	329.52	309.40	101.02
						325.37	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	292.89	222.68	357.45	349.24	363.38	317.13	112.80
NP: 160-80 Kg/ha	169.83	221.69	245.92	311.23	457.03	281.14	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	228.03	279.34	258.11	287.61	505.08	311.63	110.85
						303.30	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P- VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	20047.9610	2.7	0.08	2.9	4.46	NS
Bloques	16	7420.9756					
Tratamientos (NN)	2	3050.6230	0.62	0.56	3.39	5.34	NS
Interacción	6	4932.6044	1.79	0.13	2.4	3.43	NS
ERROR	32	2762.9139					
TOTAL	59						

C.V (%): 15.4

ANEXO 13. Rendimiento total (kg/ha)

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	10685.73	8489.37	7413.97	8413.46	8127.33	8625.97	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	10108.81	6961.84	10867.91	12107.79	11475.20	10304.31	119.46
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	6085.53	10551.62	11399.29	10210.02	11323.38	9913.97	114.93
						9614.75	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	8438.77	10716.09	6971.15	9893.72	10032.89	9210.53	101.07
NP: 160-80 Kg/ha	8322.27	9033.40	11336.03	10513.66	11664.98	10174.07	111.64
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	8008.60	9628.04	10159.41	10007.59	7761.74	9113.08	100.00
						9499.22	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	4740.75	8944.84	9969.64	9425.61	11196.86	8855.54	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	9684.21	10981.78	6931.28	12563.26	9450.91	9922.29	112.05
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	11753.54	9590.08	7818.83	9235.83	12095.14	10098.68	114.04
						9625.50	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	7105.26	6313.26	9412.96	9450.91	8548.10	8166.10	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	6085.53	7135.63	8818.32	9476.21	10298.58	8362.85	102.41
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	6933.20	10716.09	8033.91	10716.09	8805.67	9040.99	110.71
						8523.31	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P-VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha= 0.05$	$\alpha= 0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	4234822.5333	1.47	0.26	2.9	4.46	NS
Bloques	16	2880736.8819					
Tratamientos (NN)	2	5532281.5350	4.94	0.05	3.39	5.34	*
Interacción	6	1119859.9383	0.35	0.91	2.4	3.43	NS
ERROR	32	3225867.8344					
TOTAL	59						

C.V (%): 17.4

ANEXO 14. Rendimiento comercial (kg/ha)

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	7940.28	6971.15	4782.39	3909.41	5576.72	5835.99	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	5933.70	4448.79	6907.89	9514.17	9400.30	7240.97	124.07
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	4149.80	8615.89	8274.29	6667.51	7224.19	6986.34	119.71
						6687.77	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	6148.79	8464.07	4731.78	8147.77	8451.42	7188.77	106.15
NP: 160-80 Kg/ha	5931.07	6439.78	9716.60	9577.43	8577.94	8048.56	118.84
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	4934.21	7249.49	8628.54	7160.93	5889.27	6772.49	100.00
						7336.61	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	4222.33	6250.00	8502.02	5655.36	6945.85	6315.11	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	7533.40	9387.65	5514.27	7768.22	7730.26	7586.76	120.14
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	7742.91	7692.31	5705.97	7034.41	8299.60	7295.04	115.52
						7065.64	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	4382.59	4567.31	5116.40	8097.17	6802.15	5793.12	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	6981.80	5136.64	7413.97	8046.56	8021.26	7120.04	122.91
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	3694.33	8666.50	6654.86	7376.01	7113.60	6701.06	115.67
						6538.08	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)

Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P- VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	1969476.91	0.94	0.44	2.9	4.46	NS
Bloques	16	2091838.61					
Tratamientos (NN)	2	7256380.60	10.93	0.01	3.39	5.34	**
Interacción	6	677339.87	0.24	0.96	2.4	3.43	NS
ERROR	32	2871487.95					
TOTAL	59						

C.V (%): 19.2

ANEXO 15. Rendimiento Descarte (kg/ha)

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	2745.45	1518.22	2631.58	4504.05	2550.61	2789.98	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	4175.10	2513.06	3960.02	2593.62	2074.90	3063.34	109.80
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	1935.73	1935.73	3125.00	3542.51	4099.19	2927.63	104.93
						2926.98	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	2289.98	2252.02	2239.37	1745.95	1581.48	2021.76	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	2391.19	2593.62	1619.43	936.23	3087.04	2125.51	105.13
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	3074.39	2378.54	1530.87	2846.66	1872.47	2340.59	115.77
						2162.62	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	518.42	2694.84	1467.61	3770.24	4251.01	2540.43	108.77
NP: 160-80 Kg/ha	2150.81	1594.13	1417.00	4795.04	1720.65	2335.53	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	4010.63	1897.77	2112.85	2201.42	3795.55	2803.64	120.04
						2559.87	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	2722.67	1745.95	480.77	1353.74	1745.95	1609.82	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	2834.01	1998.99	1404.35	1429.66	2277.33	1988.87	123.55
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	3238.87	2049.60	1379.05	3340.08	1328.44	2267.21	140.84
						1955.30	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P-VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha= 0.05$	$\alpha= 0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	285.1479	2.19	0.12	2.9	4.46	NS
Bloques	16	129.9580					
Tratamientos (NN)	2	88.0895	4.72	0.06	3.39	5.34	*
Interacción	6	18.6518	0.21	0.97	2.4	3.43	NS
ERROR	32	90.5367					
TOTAL	59						

C.V (%): 23.8

ANEXO 16. Numero de plantas/m²

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	5.21	3.91	4.69	4.95	4.69	4.69	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	5.73	5.21	6.25	5.73	5.47	5.68	121.11
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	4.69	4.69	5.21	4.95	5.47	5.00	106.67
						5.12	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	4.43	4.95	4.17	4.95	4.69	4.64	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	4.69	4.17	4.95	4.17	5.21	4.64	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	3.91	4.95	5.47	5.99	3.91	4.84	104.49
						4.70	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	5.21	4.69	4.95	5.21	5.21	5.05	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	4.95	5.73	4.43	6.51	4.43	5.21	103.09
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	6.77	5.21	5.99	4.17	6.51	5.73	113.40
						5.33	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	4.43	4.69	5.47	5.21	5.99	5.16	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	4.95	4.95	5.99	4.95	5.47	5.26	102.02
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	4.95	4.95	5.47	5.21	5.21	5.16	100.00
						5.19	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P- VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	1.0850	4.07	0.02	2.9	4.46	*
Bloques	16	0.2667					
Tratamientos (NN)	2	0.6250	1.37	0.32	3.39	5.34	NS
Interacción	6	0.4577	1.12	0.37	2.4	3.43	NS
ERROR	32	0.4092					
TOTAL	59						

C.V (%): 12.5

ANEXO 17. Numero de mazorcas por planta

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	1.45	1.60	1.28	1.53	1.50	1.47	111.38
NP: 160-80 Kg/ha	1.27	1.10	1.21	1.55	1.48	1.32	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	0.94	1.50	1.70	1.42	1.48	1.41	100.60
						1.40	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	1.65	1.53	1.63	1.32	1.56	1.53	108.71
NP: 160-80 Kg/ha	1.33	1.44	1.32	1.56	1.60	1.45	102.75
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	1.67	1.37	1.33	1.09	1.60	1.41	100.00
						1.46	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	0.85	1.39	1.47	1.30	1.65	1.33	107.43
NP: 160-80 Kg/ha	1.37	1.14	1.24	1.28	1.35	1.27	102.76
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	1.31	1.10	1.17	1.50	1.12	1.24	100.00
						1.28	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	1.29	1.22	1.29	1.15	1.26	1.24	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	1.37	1.16	1.09	1.47	1.76	1.37	110.24
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	1.53	1.37	1.14	1.50	1.45	1.40	112.47
						1.34	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P- VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	0.1104	3.07	0.057	2.9	4.46	*
Bloques	16	0.0359					
Tratamientos (NN)	2	0.0081	0.29	0.75	3.39	5.34	NS
Interacción	6	0.0278	0.72	0.63	2.4	3.43	NS
ERROR	32	0.0386					
TOTAL	59						

C.V (%): 14.3

ANEXO 18. Peso promedio de mazorca (g)

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	145.62	139.79	127.39	114.66	118.96	129.28	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	142.68	125.06	148.10	140.74	146.29	140.57	108.73
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	141.47	154.44	132.50	149.44	144.35	144.44	111.73
						138.10	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	119.11	146.03	105.96	156.40	141.61	133.82	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	137.04	155.22	179.20	166.20	144.06	156.34	116.83
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	126.60	146.35	143.39	158.20	127.81	140.47	104.97
						143.55	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	113.50	141.40	140.71	143.27	134.09	134.59	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	147.20	173.60	130.44	155.16	162.39	153.76	114.24
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	136.62	172.27	114.44	152.08	170.71	149.23	110.87
						145.86	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	127.64	113.41	137.78	162.39	116.49	131.54	108.92
NP: 160-80 Kg/ha	92.50	128.18	139.40	133.75	110.00	120.77	100.00
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	94.48	162.88	132.29	141.17	120.00	130.17	107.78
						127.49	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P- VALOR	Ftabla		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	1006.1055	2.06	0.14	2.9	4.46	NS
Bloques	16	489.5000					
Tratamientos (NN)	2	628.3167	1.9	0.22	3.39	5.34	NS
Interacción	6	330.8056	1.59	0.18	2.4	3.43	NS
ERROR	32	208.2250					
TOTAL	59						

C.V (%): 10.4

ANEXO 19. Longitud de mazorca (cm)

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	15.08	15.01	14.50	14.55	14.46	14.72	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	15.00	15.52	14.18	15.51	14.51	14.94	101.52
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	14.21	16.65	14.87	15.80	14.89	15.28	103.83
						14.98	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	14.97	14.15	16.35	15.46	14.26	15.04	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	15.07	14.98	15.05	14.97	15.91	15.20	101.05
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	15.14	15.30	14.39	16.62	16.42	15.57	103.56
						15.27	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	15.71	16.89	14.51	15.05	16.17	15.67	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	15.76	16.37	14.42	17.31	14.55	15.68	100.10
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	15.62	17.59	14.32	15.76	16.56	15.97	101.94
						15.77	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	12.85	15.70	15.36	14.69	15.75	14.87	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	16.87	15.43	14.33	14.89	14.36	15.18	102.06
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	14.37	15.91	15.49	15.67	14.80	15.25	102.54
						15.10	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P- VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	1.8218	1.81	0.18	2.9	4.46	NS
Bloques	16	1.0044					
Tratamientos (NN)	2	1.0069	24.49	0.001	3.39	5.34	**
Interacción	6	0.0411	0.05	0.99	2.4	3.43	NS
ERROR	32	0.7481					
TOTAL	59						

C.V (%): 5.6

ANEXO 20. Diámetro de mazorca (cm)

Ko = 0 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	I	II	III	IV	V		
T: Testigo	4.66	4.68	4.79	4.58	4.56	4.66	102.84
NP: 160-80 Kg/ha	4.29	4.72	4.82	4.32	4.61	4.55	100.52
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	4.46	4.79	4.49	4.37	4.54	4.53	100.00
						4.58	

K1 =80 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	4.40	4.50	4.60	4.54	4.39	4.49	100.18
NP: 160-80 Kg/ha	4.51	4.31	4.62	4.63	4.66	4.55	101.50
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	4.18	4.71	4.56	4.60	4.35	4.48	100.00
						4.50	

K2 =160 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	4.64	4.61	4.72	4.61	4.47	4.61	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	4.73	4.69	4.57	4.80	4.57	4.67	101.38
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	4.83	4.35	4.63	4.67	4.72	4.64	100.65
						4.64	

K3 = 240 kg/ha K2O

Nivel Nutricional	Repeticiones					Promedio	Incremento
	1	2	3	4	5		
T: Testigo	4.34	4.37	4.30	4.64	4.60	4.45	100.00
NP: 160-80 Kg/ha	4.30	4.58	4.65	4.55	4.54	4.52	101.61
NP + AH: 160-80 kg/ha + 300 l/ha	4.37	4.69	4.60	4.56	4.36	4.51	101.47
						4.49	

ANOVA Variable: Altura de planta (m)							
Fuentes de variacion	GL	CM	F _{Calculado}	P-VALOR	F _{tabla}		SIGN
					$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
Dosis de Potasio (KK)	3	0.0695	2.2	0.12	2.9	4.46	NS
Bloques	16	0.0316					
Tratamientos (NN)	2	0.0055	0.46	0.65	3.39	5.34	NS
Interacción	6	0.0120	0.64	0.69	2.4	3.43	NS
ERROR	32	0.0189					
TOTAL	59						

C.V (%): 3.0

ANEXO 21. COSTOS DE PRODUCCION DEL CULTIVO MAIZ MORADO cv. PMV - 581

I. Módulo de riego

T.C: US\$ 1.00 = S/. 2.65

Detalle:

Área 100 x 100	10000 m ²
Distanciamiento entre lateral	1.6 m
Numero de laterales	63
Longitud de lateral de riego	100
Longitud total de cinta de riego	6250 m
Duración del equipo de riego	5 Años

	UNIDAD	CANTIDAD (ha)	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Manguera PE 16 mm	m	6250	0.1	625
Goteros Kattif (2.3L/hora)	Unidad	20830	0.07	1458.1
Contómetro 1 ½"	Unidad	1	50.5	50.5
Válvulas 1 ½"	Unidad	2	10	20
Conector inicial y empaque de 16 mm	Unidad	63	0.22	13.86
Tubería de conducción de PVC 3"	m	100	2.5	250
Tubería de alimentación de PVC 2 ½"	m	200	1.3	260
Conector de manguera de 16 mm	Unidad	80	0.12	9.6
Terminal de línea 16 mm	Unidad	80	0.12	9.6
Manómetro	Unidad	1	17	17
Venturi 1 ½"	Unidad	1	115	115
Filtro de malla 2 ½"	Unidad	1	45	45
Costo de Instalación	Unidad	1	300	300
Total				3173.66

Presupuesto de depreciación-amortización

✓ Sistema de riego	3174 USD
✓ 1 año	635 USD
✓ campana (6meses)	317 USD