

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**“DENSIDAD DE SIEMBRA Y MOMENTOS DE APLICACIÓN DE  
FÓSFORO EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.)  
BAJO GOTEÓ”**

**Presentada por:**

**SANDY CRISTINA LOPEZ ROMERO**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO**

**Lima – Perú**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**“DENSIDAD DE SIEMBRA Y MOMENTOS DE APLICACIÓN DE  
FÓSFORO EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.)  
BAJO GOTEO”**

**Tesis para optar el Título de:  
INGENIERO AGRONOMO**

**SANDY CRISTINA LOPEZ ROMERO**

**Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:**

-----  
Dr. Oscar Loli Figueroa  
**PRESIDENTE**

-----  
Ing. Mg. Sc. Lorenzo Hurtado Leo  
**ASESOR**

-----  
Ing. Mg. Sc. Cecilia Figueroa Serrudo  
**MIEMBRO**

-----  
Ing. Mg. Sc. Julio Nazario Ríos  
**MIEMBRO**

**Lima – Perú  
2019**

## **DEDICATORIA**

A mi abuelita Jesús Cordero, por ser mi motivo e inspiración para cumplir mis metas. Eres mi ángel y de toda nuestra familia.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios, por guiar mí camino siempre en la dirección correcta y en el momento justo, pues él bendice cada paso que doy.

A mi madre Maritza Romero, que ha sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, consejos, oportunidad y recursos para lograrlo, a mi hermano Richard Lopez, por haberme dado su apoyo y a mi hermoso hijo Christopher por ser mi motivo de alegría para seguir adelante.

A mi patrocinador Ing. Agr. Mg. Sc. Lorenzo Hurtado, por su orientación y apoyo para la ejecución del presente trabajo de investigación.

A mi familia por el apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

A mi compañero de vida; Edwin Condori por su motivación y todo su amor.

# INDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 AGRONOMÍA DEL CULTIVO DE MAÍZ MORADO .....	3
2.2 NUTRICIÓN DEL FÓSFORO .....	10
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
3.1 MATERIALES.....	15
3.1.1. Lugar del experimento.....	15
3.1.2. Características del suelo .....	15
3.1.3. Característica del agua de riego.....	16
3.1.4. Características climatológicas de la zona experimental .....	16
3.1.5. Variedad de maíz morado PMV 581 .....	18
3.1.6. Fuentes de fertilizantes .....	18
3.1.7 Módulo de riego .....	19
3.2. MÉTODOS.....	22
3.2.1 Factores en estudio .....	23
3.2.2 Características del campo experimental .....	26
3.2.3 Diseño experimental.....	27
3.2.4 Identificación de Variables a Evaluar.....	27
3.2.5 Parámetros agronómicos del cultivo .....	29
3.2.6 Análisis de la concentración de antocianinas en maíz morado. ....	30
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>33</b>
4.1 RESULTADOS GENERALES Y PARÁMETROS AGRONÓMICOS DEL MAÍZ MORADO.....	33
4.1.1 Respuesta por momentos en la aplicación de fósforo .....	34
4.1.2 Respuesta por densidad de siembra.....	35
4.2 PARÁMETROS AGRONÓMICOS DEL CULTIVO DE MAÍZ MORADO POR DENSIDAD DE SIEMBRA APLICADO EN DIFERENTES MOMENTOS. ....	36
4.2.1 Eficiencia de Uso de Agua (EUA – kg/m <sup>3</sup> ) .....	37

4.2.2 Índice de Área Foliar (IAF- m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) .....	38
4.2.3 Índice de Cosecha (IC%).....	39
4.2.4 Coeficiente de Transpiración (CT-l/kg) .....	40
4.3 FENOLOGÍA DEL CULTIVO DE MAÍZ MORADO, USO DE AGUA Y COEFICIENTE DE CULTIVO .....	50
4.4 VARIABLES DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ MORADO. ....	53
4.4.1 Altura de planta (cm).....	53
4.4.2 Área foliar (cm <sup>2</sup> /planta) .....	54
4.4.3 Número de hojas.....	55
4.4.4 Diámetro de tallo (cm).....	56
4.5 MATERIA SECA TOTAL Y SUS COMPONENTES.....	62
4.5.1 Materia Seca total (g/planta) .....	62
4.5.2 Materia seca de hojas (g/planta) .....	63
4.5.3 Materia Seca de Tallo (g/planta) .....	65
4.5.4 Materia Seca de Mazorca (g/planta).....	66
4.5.5 Materia Seca de Panoja (g/planta).....	67
4.5.6 Materia seca de panca.....	68
4.6 RENDIMIENTO DE MAZORCAS DE MAÍZ MORADO .....	76
4.6.1 Rendimientos Parciales de mazorcas de Maíz Morado.....	78
4.7 COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE MAÍZ MORADO .....	88
4.7.1 Número de plantas por metro cuadrado.....	89
4.7.2 Numero de mazorcas/planta .....	89
4.7.3 Peso promedio de mazorcas .....	90
4.8 CARACTERÍSTICAS DE LA MAZORCA .....	91
<b>V. ANÁLISIS AGROECONÓMICO .....</b>	<b>104</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>106</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....</b>	<b>108</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>113</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de caracterización del suelo.....	17
Tabla 2. Análisis del Agua de Riego.....	20
Tabla 3. Variables meteorológicas de la zona de estudio - Periodo experimental jun - dic 2015 .....	21
Tabla 4. Programación de actividades de fertilización.....	25
Tabla 5. Disposición de las parcelas experimentales.....	32
Tabla 6. Resultados y parámetros agronómicos de cinco momentos de aplicación de fósforo a nivel 60, 000 plantas/ha.....	42
Tabla 7. Resultados y parámetros agronómicos de cinco momentos de aplicación de fósforo a nivel de 70, 000 plantas/ha.....	43
Tabla 8. Resultados y parámetros agronómicos de cinco momentos de aplicación de fósforo nivel de 80, 000 plantas/ha.....	44
Tabla 9. Parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado por densidad de siembre y momento de aplicación de fósforo.....	45
Tabla 10. Fenología del cultivo de maíz morado y requerimiento de riego.....	52
Tabla 11. Variables de crecimiento del maíz morado PMV 581 por densidad de siembra y momento de aplicación de fósforo.....	57
Tabla 12. Distribución de materia seca del maíz morado PMV 581 por densidad de siembra y momento de aplicación de fósforo.....	69
Tabla 13. Rendimiento total y comercial de maíz morado PMV 581 por densidad de siembre y momento de aplicación de fósforo.....	81
Tabla 14. Rendimientos parciales de maíz morado PMV 581 por densidad de siembra y momento de aplicación de fósforo.....	84
Tabla 15. Componentes del rendimiento de maíz morado PMV 581 por densidad de siembra y momento de aplicación de fósforo. ....	102
Tabla 16. Características de mazorca de maíz morado PMV 581 por densidad de siembra y momento de aplicación de fósforo.....	103
Tabla 17. Análisis económico en maíz morado PMV 581 por densidad de siembra y momento de aplicación de fósforo.....	105

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Respuesta en la eficiencia de uso de agua de maíz morado PMV-581 de densidades por momentos de la fertilización fosforada.....	46
<b>Figura 2:</b> Respuesta en el índice de área foliar de maíz morado PMV-581 de densidades por momentos de la fertilización fosforada. ....	47
<b>Figura 3:</b> Respuesta en el índice de cosecha de maíz morado PMV-581 de densidades por momentos de la fertilización fosforada. ....	48
<b>Figura 4:</b> Respuesta del coeficiente de transpiración de maíz morado PMV-581 de densidades por momentos de la fertilización fosforada.....	49
<b>Figura 5:</b> Respuesta en la altura de planta de maíz morado PMV-581 de densidades por momentos de la fertilización fosforada. ....	58
<b>Figura 6:</b> Respuesta del área foliar de maíz morado PMV-581 de densidades por momentos de la fertilización fosforada. ....	59
<b>Figura 7:</b> Respuesta del número de hojas de maíz morado PMV-581 de densidades s por momentos de la fertilización fosforada. ....	60
<b>Figura 8:</b> Respuesta del diámetro de tallo de maíz morado PMV-581 de densidades por momentos de la fertilización fosforada. ....	61
<b>Figura 9:</b> Respuesta de la materia seca total de maíz morado PMV-581, de densidades por momentos de la fertilización fosforada. ....	70
<b>Figura 10:</b> Respuesta de la materia seca de hojas de maíz morado PMV-581, de densidades por momentos de la fertilización fosforada.....	71
<b>Figura 11:</b> Respuesta de la materia seca de tallos de maíz morado PMV-581, de densidades por momentos de la fertilización fosforada.....	72
<b>Figura 12:</b> Respuesta de la materia seca de mazorca de maíz morado PMV-581, de densidades por momentos de la fertilización fosforada.....	73
<b>Figura 13:</b> Respuesta de la materia seca de panoja de maíz morado PMV-581, de densidades por momentos de la fertilización fosforada.....	74
<b>Figura 14:</b> Respuesta de la materia seca de panca de maíz morado PMV-581, de densidades por momentos de la fertilización fosforada.....	75

<b>Figura 15:</b> Respuesta del rendimiento total de maíz morado PMV-581, de densidades por momentos de la fertilización fosforada. ....	82
<b>Figura 16:</b> Respuesta del rendimiento comercial de maíz morado PMV-581, de densidades por momentos de la fertilización fosforada. ....	83
<b>Figura 17:</b> Respuesta del rendimiento de primera calidad de maíz morado PMV-581, de densidades por momentos de la fertilización fosforada.....	85
<b>Figura 18:</b> Respuesta del rendimiento de segunda calidad de maíz morado PMV-581, de densidades por momentos de la fertilización fosforada.....	86
<b>Figura 19:</b> Respuesta del rendimiento de descarte de maíz morado PMV-581, de densidades por momentos de la fertilización fosforada.....	87
<b>Figura 20:</b> Respuesta del número de plantas/m <sup>2</sup> de maíz morado PMV-581, densidades por momentos de la fertilización fosforada. ....	95
<b>Figura 21:</b> Respuesta número de mazorcas/plantas de maíz morado PMV-581 de densidades por momentos de la fertilización fosforada.....	96
<b>Figura 22:</b> Respuesta del peso promedio de mazorca de maíz morado PMV-581 densidades por momentos de la fertilización fosforada.....	97
<b>Figura 23:</b> Respuesta de 3 densidades de siembra en la longitud de mazorca aplicado en diferentes momentos en el cultivo de maíz morado. ....	98
<b>Figura 24:</b> Respuesta del diámetro de mazorca de maíz morado PMV-581 de densidades por momentos de la fertilización fosforada. ....	99
<b>Figura 25:</b> Respuesta de antocianinas de grano de mazorca de maíz morado PMV-581 de densidades por momentos de la fertilización fosforada.....	100
<b>Figura 26:</b> Respuesta de antocianinas de coronta de mazorca de maíz morado PMV-581 de densidades por momentos de la fertilización fosforada.....	101

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Altura de planta (cm).....	114
ANEXO 2: Área foliar (cm <sup>2</sup> /planta) .....	115
ANEXO 3: Numero de hojas.....	118
ANEXO 4: Diámetro de tallo (cm) .....	119
ANEXO 5: Materia seca total (g).....	120
ANEXO 6: Materia seca hojas (g/planta).....	121
ANEXO 7: Materia seca tallo (g/planta) .....	122
ANEXO 8: Materia seca mazorca (g/planta).....	123
ANEXO 9: Materia seca panoja (g/planta).....	124
ANEXO 10: Materia seca panca (g/planta).....	125
ANEXO 11: Rendimiento total (kg/ha).....	126
ANEXO 12: Rendimiento comercial (kg/ha) .....	127
ANEXO 13: Rendimiento de primera calidad (kg/ha) .....	128
ANEXO 14: Rendimiento de segunda calidad (kg/ha) .....	129
ANEXO 15: Rendimiento descarte (kg/ha).....	130
ANEXO 16: Número de plantas / m <sup>2</sup> .....	131
ANEXO 17: Número de mazorcas por planta .....	132
ANEXO 18: Peso promedio de mazorca (g) .....	133
ANEXO 19: Longitud de mazorca (cm).....	134
ANEXO 20: Diámetro de mazorca (mm).....	135
ANEXO 21: Antocianinas (mg/100 g muestra original).....	136
ANEXO 22: Antocianinas (mg/100 g muestra original).....	137
ANEXO 23: Eficiencia de uso de agua (Kg/m <sup>3</sup> ) .....	138
ANEXO 24: Coeficiente de transpiración (l/Kg) .....	139
ANEXO 25: Índice de cosecha (%).....	140
ANEXO 26: Índice de área foliar (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) .....	141
ANEXO 27 Costos de producción del cultivo de maíz morado.....	144

## RESUMEN

El ensayo se llevó a cabo en la Unidad de Investigación de Riegos perteneciente al Departamento Académico de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina de Junio a Diciembre del 2015.

Se estudió la respuesta del fósforo aplicado en diferentes momentos del ciclo vegetativo del cultivo de maíz morado, M0: Testigo no fertilizado con fósforo, M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE), M3: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE), M4: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta la formación de grano pastoso (109 DDE); bajo tres densidades de siembra D1= 60,000 pl./ha, D2= 70,000 pl/ha y D3= 80,000 pl/ha y riego localizado por goteo.

El diseño estadístico fue parcelas divididas. Las densidades de siembra fueron dispuestas aleatoriamente en parcelas dentro de cada block y los momentos de aplicación del fósforo, dispuestos aleatoriamente a nivel de sub parcelas dentro de cada parcela completa.

El rendimiento total y comercial de mazorcas de maíz morado presentó diferencias altamente significativas por efecto de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo. El mayor rendimiento comercial se presenta a nivel de 80,000 pl/ha con 8,985 kg/ha de mazorcas. Asimismo con la aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) se obtuvo el mayor rendimiento comercial con 8,222 kg/ha de mazorcas.

Asimismo, los parámetros agronómicos que caracterizan al cultivo indican que es con la aplicación de fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) que se presenta la máxima eficiencia de uso de agua (EUA) con 2,77 kg/m<sup>3</sup>. El mayor índice de cosecha (IC) de 52.2% con la aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE). Asimismo, el mayor índice de área foliar (IAF) se presenta en el testigo no fertilizado con fósforo con 5,69 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> y el mayor coeficiente de transpiración (CT) de 204 l/kg se presenta con la aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE).

La concentración de antocianinas en coronta presenta diferencias estadísticas para el factor densidades. Con 60,000 pl/ha (1,044 mg/100g) se presenta el mayor valor y difiere porcentualmente de 70,000 pl/ha (696 mg/100g) con 50.1%. Para antocianinas en grano no existen diferencias estadísticas, sin embargo, el mayor valor también se presentó con 60,000 pl/ha (186 mg/100g). De otro lado, la respuesta al momento de aplicación del fósforo no muestra diferencias estadísticas, el mayor valor en coronta (886 mg/100g), se presenta cuando se aplica el fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) y en grano (196 mg/100g) cuando se aplica el 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE).

**Palabras clave:** Maíz morado, densidad de siembra, momentos de aplicación de **fósforo**.

## ABSTRACT

The trial was carried out in the Irrigation Research Unit belonging to the Soil Academic Department at the National Agrarian University La Molina from June to December 2015.

The response of phosphorus applied at different times of the vegetative cycle of the purple corn crop was studied. M0: Control without phosphorus, M1: 100% Phosphorus application at the start of growth (7 DAE), M2: Phosphorus application during the slow growth phase (45 DAE), M3: Phosphorus application from emergence to the start of male bloom (65 DAE), M4: Phosphorus application from emergence to pasty grain formation (109 DAE); under three sowing densities D1 = 60,000 pl/ha, D2 = 70,000 pl/ha and D3 = 80,000 pl/ha and drip irrigation.

The statistical design was divided plots. Planting densities were randomly arranged in plots within each block and phosphorus application times randomly arranged at the level of subplots within each complete plot.

Total and commercial yield of ears of purple corn presented highly significant differences due to the effect of sowing density and the moment of phosphorus application. The highest commercial yield was presented at the level of 80,000 pl/ha with 8,985 kg/ha of ears of corn. Likewise, with the application of phosphorus during the slow growth phase (45 DAE), the highest commercial yield was obtained with 8,222 kg/ha of ears of corn.

Furthermore the agronomic parameters that characterize the crop indicate that it is with the phosphorus application during the slow growth phase (45 DAE) that the maximum water use efficiency (EUA) with 2.77 kg/m<sup>3</sup> was presented. The highest harvest index (CI) of 52.2% with the 100% phosphorus application at the start of growth (7 DAE). Also, the highest leaf area index (LAI) was found on control without phosphorus with 5.69 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> and the highest transpiration coefficient (TC) of 204 l/kg was presented with the 100% of phosphorus application at the growth start (7 DAE).

The anthocyanins concentration in corn kernel presents statistical differences for densities factor. With 60,000 pl/ha (1,044 mg/100g) the highest value was presented and differs in percentage from 70,000 pl/ha (696 mg/100g) with 50.1%. For grain anthocyanins there are no statistical differences, however, the highest value was also presented with 60,000 pl/ha (186 mg/100g). On the other hand, the response for the moment of phosphorus application does not show statistical differences, the highest value in corn kernel (886

mg/100g), occurs when phosphorus was applied during the slow growth phase (45 DAE) and with grain (196 mg/100g) when 100% phosphorus was applied at the growth start (7DAE).

**Key words:** Purple corn, sowing density, phosphorus application moments.

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) es originario de América, que representa uno de los aportes más valiosos a la seguridad alimentaria mundial, este junto con el arroz y el trigo son considerados como las tres gramíneas más cultivadas en el mundo. Asimismo, en el transcurso del tiempo diversas instituciones mundiales, estatales y privadas que vienen realizando estudios con el objetivo de incrementar los niveles de rendimiento y de producción de nuevos híbridos mejorados para desarrollar variedades con un alto nivel productivo, resistentes al clima y a las enfermedades **(Fuentes, 2002)**.

Además, el colorante del maíz morado ha sido poco estudiado, sin embargo, se puede afirmar que por la alta concentración de pigmentos antociánicos puede ser utilizado como una fuente natural. Si bien, la presente investigación es necesaria debido a que es potencialmente exportable y apreciable para países cuya cultura se está orientando al consumo de productos naturales, tales como Estados Unidos, Alemania, Japón entre otros, se vienen realizando investigaciones para la utilización del colorante extraído de la coronta y del grano del maíz morado con resultados que dan origen a una gran demanda de este producto en los mercados internacionales **(Sevilla y Valdez, 1985)**.

En los últimos años el Perú lidera las exportaciones de maíz morado, esto debido a la calidad y contenido de pigmentos que es un aspecto de calidad valorado en el mercado, generando divisas para el país. En el 2013, el volumen exportado ascendió a 610876 kilos; mientras que, en 2012, se enviaron 412541 kilos. El precio se situó en US\$ 1.89/kilo en promedio mientras que en el 2015 el precio incremento a US\$ 2.02/kilo, y todo esto gracias a la importancia alimenticia y medicinal del cultivo, debido a su alto contenido de antocianinas.

Al respecto, cualquier factor de 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 densidad de siembra, la variedad o cultivar, la disposición espacial, control fitosanitario, control de malezas, la forma y época de siembra y sobre todo el aporte de nutrientes. El manejo eficiente de la nutrición en el cultivo de maíz morado es fundamental para alcanzar rendimientos elevados sostenidos en el tiempo y con resultados económicos positivos. Por ello, el manejo nutricional es uno de los factores más importantes para optimizar resultados de los sistemas de explotación de maíz en donde la fertilización representa una tecnología más que debe ser integrada dentro del proceso de producción. El fósforo entre todos los elementos esenciales está asociado con un incremento del crecimiento de raíces y madurez de la planta. Se le considera esencial en la formación de semillas. Mejora la calidad de ciertos frutos y hortalizas, el desarrollo radicular, en particular se ve favorecido por una buena alimentación de fósforo al principio del ciclo vegetativo. Una alimentación insuficiente en fósforo se manifestará en un retraso del crecimiento, fecundación defectuosa, movimientos anormales de las reservas y retraso de la maduración, lo que determinará una menor calidad y reducción de la cosecha.

Es por ello que se trata de buscar tecnologías de producción que permitan lograr mayores rendimientos para abastecer el mercado interno y a su vez generar excedentes para su exportación hacia los mercados mundiales. La investigación ha planteado los siguientes objetivos:

1. Determinar la respuesta del momento de la fertilización fosforada en el crecimiento, rendimiento y concentración de antocianinas en el cultivo de maíz morado.
2. Determinar la respuesta en el rendimiento de maíz morado de la interacción entre los momentos de aplicación de fósforo y la densidad de siembra.
3. Determinar los parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado bajo riego por goteo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 AGRONOMÍA DEL CULTIVO DE MAÍZ MORADO

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. En la época pre hispánica fue conocido como oro, sara o kulli, lo cultivan los campesinos de Yucatán y las tribus de Hobi y navajos en los Estados de Norteamérica.

El nombre científico *Zea mays* L, pertenece a la familia poaceae, la variedad originaria de los Andes Peruanos, el único en el mundo por poseer la coronta y granos de color morado con un pigmento denominado *antocianina*. Según **Sevilla y Valdez (1985)** el cultivar el maíz morado PMV-581 mejorado se originó de la variedad Morado de Caraz (primero por selección fenotípica de la mazorca, color de grano y posteriormente por selección masal y selección mazorca-hilera); es recomendado para siembras en la costa. El maíz recibe la denominación de “morado” cuando el pericarpio, las glumas y la tusa o coronta presentan un color muy oscuro, casi negro, por la acumulación de pigmentos antociánicos, que son utilizados en el Perú para colorear la chicha y la mazamorra morada.

Según **Takhtajan (1980)** el maíz se clasifica de la siguiente manera: División *Magnoliophyta*, Clase *Liliopsida* o *Monocotiledónea*, Orden *Poales*, Familia *Poaceae*, Subfamilia *Panicoideae*, Tribu *Andropogoneae*, Género *Zea* y especie *Zea mays* L.

**Según Hanway** citado por **Mayanga (2011)**, mencionan que se divide el desarrollo de la planta de maíz en estados de desarrollo vegetativo (V) y estado de desarrollo reproductivo (R), donde a cada estado de desarrollo lo subdivide en diferentes etapas: Estado vegetativo (VE - Emergencia, V1 - Primera hoja, V2 - Segunda hoja, V3 - Tercera hoja, V6-Sexta hoja, V9 - Novena hoja, V12 - Duodécima hoja, V15 - Décima quinta hoja, V18 - Decima octava hoja, VT- Floración masculina) y estado reproductivo (R1 - Floración femenina, R2-Grano perlita, R3 - Grano lechoso, R4 - Grano masoso, R5 - Grano dentado, R6 - Madurez fisiológica).

Al respecto, **Justiniano (2010)** estudió la fenología en el maíz morado y menciona que el estado de desarrollo vegetativo inició con la germinación y emergencia del maíz morado, en seguida se dio el desarrollo de diferentes números de hojas, hasta llegar a la floración masculina donde la planta alcanzó su tamaño máximo y en este periodo el ritmo de crecimiento de maíz morado fue lento en las primeras semanas, luego aceleró su crecimiento a partir del estado (V6) y finalmente disminuyó en el estado V14. El estado de desarrollo reproductivo se inició con el R1 (floración femenina) a los 102 días después de la siembra (dds) con la aparición de los estigmas manteniéndose por 6-7 días hasta obtener su tamaño máximo el estado R2 se dio a los 116 dds iniciándose la acumulación del almidón en el endospermo, el R3 comenzó a los 27 días promedios después de la floración femenina con una consistencia lechosa de los granos, en seguida se dio el estado R4 a los 34 días promedios después de la floración femenina, donde la consistencia del grano fue masosa, el R5 se inició a los 48 días después de la floración femenina, donde la consistencia del grano fue sólida poniéndose dura las puntas de los granos con una apariencia de dientes; y finalmente se dio la madurez fisiológica (R6) a los 179 dds, donde la capa de abscisión de los granos presentaron un color negro o marrón y a la vez los granos presentaron una consistencia dura con un color de morado intenso.

Según **Takhtajan (1980)**, las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias. El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar 4 metros de altura, robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal. Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas,

paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes. Las flores en el maíz están en una inflorescencia monoica masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral. El fruto del maíz es un cariopside. La pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endosperma triploide. La parte más externa del endospermo en contacto con la pared del fruto es la capa de aleurona.

En el Perú existen muchas variedades de maíz morado, según **Sevilla y Valdez (1985)** las variedades tradicionales más conocidas de maíz morado son las siguientes:

**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 (**Fernández, 1995**).

**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 (**Fernández, 1995**).

**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 2500 msnm.

**Morado de Caraz:** es una variedad derivada de las razas Ancashino y Alazán. Se cultiva en la provincia de Caraz (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.

**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. 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**).

El maíz morado, según **Sevilla y Valdez (1985)** se adapta a diversos climas de la costa y sierra del Perú. La existencia de diferentes variedades le permite esta gran dispersión de área. En cualquier ambiente donde se cultive, es favorecido en su desarrollo y rendimiento por los climas preferentemente secos con temperaturas moderadas. Asimismo, el maíz morado se adapta a diferentes tipos de suelos, prefiere pH entre 6-7, pero se adapta a condiciones de pH más bajo y más elevado, e incluso se da en terrenos calizos, siempre que el exceso de cal no implique el bloqueo de micro elementos (**Marique, 1988**).

De acuerdo con **Sevilla y Valdez (1985)**, en la costa es el mejor lugar geográficamente para la siembra del maíz morado y en la época del invierno (mayo y junio). En la sierra baja de 1000 a 2200 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 zonas por la relativa precocidad de algunas variedades. Mencionan que el maíz como cultivo es de crecimiento rápido donde rinde más a temperaturas moderadas y requieren de suministro abundante de agua a temperatura ideal desde 23.9 a 29.4 ° C, además el efecto general de la temperatura para la estación puede mostrarse como días grado o unidades de calor, utilizando 12.8 ° C como punto de partida (cada grado centígrado superior es una unidad de calor) (**Aldrich y Leng, 1974**).

Asimismo, la densidad de siembra es un factor a tener en cuenta dentro de la producción del cultivo de maíz. **Jussaux (1980)**, menciona que es difícil establecer con precisión una densidad de siembra determinada. Si la densidad es demasiado baja, el suelo no se explota al máximo; si la densidad de siembra es demasiado alta, las plantas llegan a emitir panoja o inflorescencia masculina, pero sin llegar a formar mazorcas y las hojas de la planta entran en senescencia prematuramente. **Manrique (1988)**, indica que la densidad de siembra o número de plantas/ha un es factor un fundamental para obtener altos rendimientos unitarios. La cantidad de plantas/ha depende de las características agronómicas de cada variedad o híbrido y el nivel de fertilización empleado. **Manrique (2001)** manifiesta que el maíz morado es un cultivo de alta densidad de plantas, al cual es recomendable aplicar una fórmula de fertilización NPK igual a 180-80-60. **Arce (1989)**, evaluando el efecto de tres densidades de siembra: 44000; 55000 y 74000 plantas/ha en tres genotipos de maíz precoz (porte bajo), intermedio y tardío (porte alto), encontró que la densidad afectó el rendimiento existiendo diferencias significativas en los tres genotipos. Los rendimientos para las densidades de 74000 y 55000 plantas/ha fueron similares significativamente y superiores al de 44000 plantas/ha. Asimismo, hubo diferencias altamente significativas para la interacción nitrógeno-densidad.

**Barreda (1981)** ha estudiado el efecto de la fertilización N-P-K a tres niveles crecientes y testigo no fertilizado y el efecto de tres densidades de siembra: 55000; 74000 y 111000 plantas/ha, donde encontró diferencias altamente significativas en el rendimiento en grano para el factor fertilización.

El maíz morado se siembra usando dos a cuatro semillas por golpe a una distancia de 40 cm entre golpes, donde se puede sembrar a surco corrido poniendo dos semillas cada 15 cm con una densidad de 82000 plantas/ha (**Risco, 2007**). También se menciona que en Huanta la siembra de maíz morado se realiza en distanciamientos a 70 cm entre ellos usando de dos a tres semillas por golpe, con una distancia de 40 a 50 cm entre golpes, por ello existe una relación de mayor densidad que puede producir rendimiento elevados, pero condicionados a que exista mayor fertilización y manejo de cultivo, pero con el riesgo de obtener muchas plantas improductivas y mazorcas más pequeñas con menor tamaño de grano afectando la calidad y precio del producto.

De otro lado, **Requis (2012)** menciona que la producción de maíz morado necesita tener una adecuada población de plantas para cosechar debido al mayor número de mazorcas, donde se recomienda un distanciamiento de 0.80 m entre surcos y 0.50 m entre golpes, con tres semillas por golpe para tener una población de 75,000 plantas / ha, (cantidad de semilla requerida es de 35 a 40 Kg/ha).

**Barnett (1980)** menciona que la densidad óptima está en función de la variedad y de la condición del suelo. Suelos con baja capacidad de retención de agua y nutrientes requieren densidades bajas. Una variedad alta y con mucho follaje requiere una densidad relativamente más baja. Cuando se cambia de densidad sin cambiar los factores ambientales se afecta principalmente el tamaño del receptor. Por ejemplo, aumentar la densidad cuando existe deficiencia de nitrógeno en el suelo, produce una demora en la aparición de la inflorescencia femenina, resultando menos tiempo para el llenado de granos. Una densidad más alta que la óptima, aun en condiciones ambientales apropiadas ocasiona plantas vanas. Según **Chaviguri (1984)** estudió el efecto de cuatro densidades de siembra: 40000; 55000; 70000 y 85000 plantas/ha y cuatro niveles de fertilización nitrogenada: 60, 120, 180 y 240 Kg de nitrógeno/ha y un testigo no fertilizado en maíz híbrido PM-701. Se encontró alta significación estadística para el factor densidades, incrementándose el rendimiento a medida que era mayor el número de plantas/ha. El mismo efecto se presentó para los parámetros altura de planta y altura de mazorca. Sin embargo, en la fertilización nitrogenada no obtuvo respuestas significativas como tampoco para la interacción. Para **Melgar (1967)**, en un estudio con cuatro fórmulas de fertilización nitrogenada y tres densidades de siembra de híbridos PM-204, PM-211, Cornelli 54, en el valle de Huaral concluyó, que para el maíz híbrido PM-204, la mejor combinación fue aumentar la densidad de 44000 a 55000 plantas/ha para el híbrido PM-211, al aumentar la densidad de 44000 a 55000 plantas/ha existió un notorio incremento de rendimiento. Densidades mayores produjeron respuestas significativas con solo dosis de 200 Kg/ha de nitrógeno en el híbrido Cornelli 54. Se obtuvieron respuestas significativas al incrementar la dosis de nitrógeno hasta el nivel de 160 Kg/ha, una dosis mayor de nitrógeno produjo la reducción en el rendimiento de las tres densidades.

**Manrique (1997)** menciona que la cosecha es una de las fases del cultivo de maíz y su oportunidad es de suma importancia, permite obtener un producto de alta calidad así como

reducir la pérdida de mazorcas en cosechas tardías. La cosecha es la última labor de campo en el cultivo de maíz morado, que consta en la recolección de las mazorcas, arrancándolas de la planta y separándolas de su envoltura o “panca”. El maíz se puede cosechar cuando el grano tiene una humedad de 30% aproximadamente (**Sevilla y Valdez 1985**). El maíz morado es colocado en áreas o tendales para su secado natural por efecto de la radiación solar y el viento. Este es un sistema lento y variable en su duración, ya que depende de las condiciones del medio ambiente. Termina cuando el grano tiene alrededor de 12% de humedad (**Sevilla y Valdez 1985**). Ya que el maíz morado no se desgrana; con el secado terminan todas las operaciones, procediendo luego a su ensacado para almacenaje y comercialización.

Finalmente, el gran interés que viene despertando en la última década el cultivo de maíz morado, deriva del aprovechamiento del principio activo (antocianina) para uso bajo diversas formas en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmetológica. Países como Estados Unidos, Alemania, Japón y otros vienen realizando estudios y pruebas para la utilización del colorante extraído de la tusa y grano del maíz morado con resultados bastante satisfactorios, lo cual está dando origen a una gran demanda de este producto en mercados internacionales (**Sevilla y Valdez 1985**). La ciencia llama al componente morado *antocianina*, el que según estudios realizados en Japón, evita la aparición del cáncer en el intestino grueso e incrementa la salud cardíaca al mejorar la circulación del flujo sanguíneo (**The Ministry Of Health and Webfare, 2000**).

Las antocianinas son pigmentos solubles en agua, los cuales son largamente responsables del atractivo color de las flores, frutos y hojas coloreadas; yendo desde el 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. El término antocianina se deriva de “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 frutos, 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 los pájaros, y otros animales a los frutos, con el propósito de polinización y diseminación de la semilla respectivamente.

**Según Zapata (1996)** la cianidina 3, B-glucósido es un compuesto flavonoide que se encuentra formando parte mayoritaria de las antocianinas en los extractos del maíz morado. **Sevilla y Valdez (1985)** mencionan en cuanto al maíz morado, que, para calcular el área para una demanda dada de antocianinas, se puede considerar un rendimiento por hectárea de 100 kilos de productos primarios del pigmento (sobre un rendimiento promedio sin fertilización de 2000 Kilos de maíz, el 20% es tusa que tiene una capacidad de extracción del 10% y el 80% es grano con 4% de capacidad de extracción).

## 2.2 NUTRICIÓN DEL FÓSFORO

Luego del elemento nitrógeno, el fósforo es el nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Su principal función fisiológica es intervenir en procesos de acumulación y liberación de energía durante el metabolismo celular (**Coyne, 2000**). Las plantas absorben el elemento de la solución suelo, donde se encuentra en muy baja concentración, en niveles que varían entre 5 a 30 ppm. Estos bajos índices del nutriente se deben a que el fósforo soluble reacciona con iones como el calcio, el hierro o el aluminio que provocan su precipitación o fijación, disminuyendo su disponibilidad para los vegetales (**Fernández et al., 2005**).

El fósforo en el suelo puede clasificarse en general como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza de los compuestos en que se encuentra. La fracción orgánica se halla en el humus y otros materiales orgánicos, que pueden o no estar asociado con él. La fracción inorgánica se encuentra en numerosas combinaciones con hierro, aluminio, calcio, flúor y otros elementos (**Tisdale y Nelson, 1982**). Se considera generalmente que las plantas absorben la mayoría de ese fósforo en forma del ion primario  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Pequeñas cantidades del ion secundario  $\text{HPO}_4^{2-}$ . De hecho, la absorción por las raíces de las plantas de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  es diez veces más rápido que la de  $\text{HPO}_4^{2-}$ , las cantidades relativas de estos dos iones absorbidas por la planta están afectadas por el pH del medio que rodea a las raíces. Valores bajos del pH incrementa la absorción del ion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , mientras los valores más altos del pH incrementa la absorción de la forma  $\text{HPO}_4^{2-}$  (**Tisdale y Nelson, 1988**).

Las plantas absorben el P en forma inorgánica en estado soluble, esta fracción se ve limitada por el pH del suelo, cuando se aplica un fertilizante fosfatado soluble, casi el 90% de la

fracción pasa rápidamente a formas de P no disponible, no siendo utilizados por la planta **(Fernández et al., 2005)**.

A valores de pH 6.5, la mayoría del Pi está presente como ión  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , forma que puede ser absorbida por las plantas debido a su solubilidad en agua, a este pH la precipitación de los fosfatos de aluminio y calcio disminuyen **(Fuhrmann et al., 1995)** A pH entre 6.5 y 7.5, el Pi en la solución del suelo está presente principalmente como  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$ , esta última forma también puede ser absorbida por las raíces de las plantas. En el otro extremo, es decir, debajo de pH 4.5, el P está presente como  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , una forma química extremadamente reactiva, por lo que, en suelos altamente ácidos, la fijación o reversión del fosfato es bastante rápida **(Arai y Spark, 2007)**. Las semillas son el principal reservorio de P, particularmente en las vacuolas. Allí, este elemento se almacena en forma de ácido fítico, el cual quelata la mayor parte de los cationes contenidos en la semilla como es el caso del  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$  **(Maathuis, 2009)**. La absorción de fósforo por las plantas, está influenciada por la temperatura y el pH, reduciéndose la absorción en temperaturas bajas y en pH mayor de 7.2 y menores de 5.5. La absorción de ion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  se incrementa en valores más bajos, mientras que en valores más altos se incrementa la absorción  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Otros factores que intervienen son la humedad, la aireación y la disponibilidad del nutriente **(Suñer et al, 2005)**.

La cantidad total de fósforo en el suelo puede ser alta; sin embargo, este puede estar presente en forma no disponible o en formas que estén solo disponibles fuera de la rizósfera. En algunos suelos, más del 80% del fósforo aplicado al suelo se vuelve inmóvil, y por lo tanto no asimilable para la absorción por parte de las plantas. Entre el 20 al 80% del fósforo del suelo está en forma orgánica, el remanente se puede encontrar en la fracción inorgánica, contenido en cerca de 170 formas minerales de fósforo **(Schachtman, 1998)**.

Se puede encontrar dos formas de fósforo en el suelo: orgánico e inorgánico. En el caso del P orgánico, entre un 3 a 85% y se puede obtener después de un proceso de descomposición bacteriana, pasando a formas disponibles entre un 15 u 85% del fósforo total del suelo, siendo la mayoría de bajo peso molecular **(Arzuaga, 2005)**. El P inorgánico, se presenta en gran parte en forma insoluble, dificultando su proceso de solubilización. El ion fosfato puede ser absorbido por los coloides que se encuentran en el suelo y formar enlaces de gran

estabilidad con los hidróxidos de Ca, Fe, Mn y Al (**Meuer et al.; Fassbender, 1987**). El fósforo presente en el suelo se puede dividir en tres grandes grupos: a) Fósforo en solución, representado por el fósforo que está inmediatamente disponible para las plantas y se encuentra en las formas  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  de acuerdo al pH, este grupo se encuentra en cantidades bajas comparadas con el fósforo total. Lo extraído por las plantas es repuesta de la fracción del fósforo lábil. b) Fósforo asimilable, representado por el fósforo débilmente adsorbido, se encuentra en equilibrio directo con el fósforo en solución. c) Fósforo no asimilable, representado por la mayor parte del fósforo del suelo e incluye a los fosfatos quimiadsorbidos a los coloides del suelo, principalmente en óxidos de hierro y aluminio, formando compuestos de baja solubilidad (**Raij, 1991**). De acuerdo a **Mello et al. (1988)**, la máxima solubilidad de este elemento en el suelo se verifica a pH próximo a la neutralidad y la fijación aumenta con el aumento de la acidez o de la alcalinidad. Varios son los factores que están involucrados en la disponibilidad del fósforo para el crecimiento, tales como el tipo y cantidad de arcilla, la época de aplicación del fertilizante, la aireación del suelo, la compactación del suelo, humedad del suelo, nivel de fosfato en el suelo y presencia de otros nutrientes. Otro factor determinante de la disponibilidad es el pH, a mayor acidificación, mayor será la cantidad de fósforo que fijará el suelo (**Fatecha, 2004**). El fósforo fijado en las arcillas puede contener compuestos fosfatados inorgánicos que son muy insolubles y compuestos orgánicos que sean resistentes a la mineralización por microorganismos presentes en el suelo. Esta fuente de fósforo puede permanecer en el suelo por muchos años sin estar disponible para las plantas y no aporta a la fertilidad del suelo (**Busman, 2002**). El factor decisivo para el aprovechamiento de los fosfatos en el suelo es sin duda el valor del pH, puesto que de él depende la existencia de diferentes fosfatos. El fosfato dicálcico es el más fácilmente aprovechable, existen sólo entre pH 6.0 y 7.8; por debajo del pH 6.0 aumenta la solubilidad de los compuestos hierro y aluminio, formándose fosfatos de Fe y Al insolubles, y por encima de pH 7.5 se forman fosfotricálcico prácticamente insolubles (**Tisdale y Nelson, 1991**).

Una provisión adecuada de P es importante para las fases de crecimiento de la planta, la limitación por deficiencia de P en el inicio vegetativo puede resultar en restricciones en su desarrollo, las cuales la planta no se recupera posteriormente a pesar de incrementar y aplicar el P en niveles adecuados (**Furtini y Neto, 2001**). **Grunerberg (1959)**, menciona que el maíz absorbe del suelo una cantidad de fósforo mayor que cualquier otra variedad

de cereales, aun cuando la extracción de este elemento sea menor que la de nitrógeno y la de potasio. Los fosfatos asimilados se depositan especialmente en el grano que contiene de 0.57% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mientras que el tallo y las hojas denotan un 0.3%.

En los primeros estadios de crecimiento vegetativo es de gran importancia que las plantas ya que se encuentren en el suelo cantidades suficientes de fósforo en forma fácilmente asimilable para el potencial de rendimiento, además las pequeñas raíces todavía no pueden llegar a las reservas de fósforo del suelo, y compiten con desventaja con la materia orgánica en su aprovechamiento. El fósforo es importante en la absorción de raíces y una adecuada floración. Una falta de este elemento durante la primera fase del desarrollo vegetativo puede producir efectos irreversibles que se dejarán sentir después por una deficiente formación de órganos de reserva.

**Bartolini (1990)** menciona que la carencia de fósforo en el maíz es frecuente y se manifiesta por una coloración rosa púrpura de las hojas y a veces, pequeñas necrosis del borde de las mismas. La toxicidad por fósforo es muy rara, al menos en el maíz. La carencia en fósforo perjudica también a la polinización y consecuentemente, a la formación de grano; las mazorcas se quedan pequeñas, torcidas y con granos escasamente desarrollados. Para remediar una eventual carencia no es eficaz la distribución de P en cobertura, puesto que este elemento queda bloqueado en los primeros centímetros de suelo, donde la actividad radicular es muy reducida; como excepción se debe señalar que en los terrenos arenosos donde desarrolla mis primeros estados de desarrollo, la planta, con sus raíces aun superficiales, es capaz de absorber pequeñas cantidades de P distribuido en cobertura.

Las plantas deficientes en fósforo presentan detención en su desarrollo, sus hojas son de color verde oscuro y con frecuencia muestran tendencia a la producción de pigmentos antociánicos de color rojo o púrpura (**Bonner y Galston, 1967**).

La madurez suele retrasarse en comparación con lo que sucede en las plantas que contienen fosfato en abundancia. En muchas especies el fósforo y el nitrógeno interactúan estrechamente afectando a la madurez de modo que el exceso de nitrógeno la retarda y la abundancia de fósforo la acelera (**Salisbury y Ross, 2000**).

Cuanto mayor es la solubilidad del fósforo mayor la actividad del mismo en el suelo por su intervención en las reacciones de equilibrio entre las diferentes fracciones del fósforo que dependen de las características del suelo y en particular del pH (**Domínguez, 1997**).

**Arca (1981)** señala que, del total de fósforo utilizado por la planta de maíz, el 75% aproximadamente es absorbido cuando esta ha formado el 25% de su peso total, si va a aparecer una deficiencia de fósforo; esta aparece antes que las plantas alcancen una altura de 61 cm. Por esta razón, la fertilización fosforada sería más eficiente a la siembra. La madurez suele retrasarse en comparación con lo que sucede en las plantas que contienen fósforo en abundancia. El fósforo se clasifica como un nutriente primario razón por la cual es deficiente en la producción agrícola y los cultivos lo requieren en cantidades relativamente grandes (**Fuentes, 2002**). La eficiencia del fósforo, medida en términos de nutrientes recuperados por el cultivo de maíz varía entre 15 y 20 %. Sin embargo, estas cifras pueden ser mejoradas saturando la capacidad de fijación del nitrógeno con fuertes aplicaciones de fertilizantes fosfatados, con el inconveniente de que los costos se elevan (**Mendieta, 2009**). Por cada 100 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble aplicado al suelo, el cultivo absorbe durante su desarrollo y fructificación de 20 a 60 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado (**Villagarcía y Aguirre, 2016**).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIALES**

##### **3.1.1. Lugar del experimento**

El presente trabajo de investigación, se llevó a cabo en la Unidad de Investigación en Riegos perteneciente al 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'', Longitud: 76° 57' W, Altitud: 238 msnm.

##### **3.1.2. Características del suelo**

El suelo donde está clasificado según Taxonomía de Suelos (2010) como un Ustifluent (Entisols de origen fluvial y régimen de humedad Ustic – Fluvisoles irrigados) y se encuentra ubicado en una terraza media del valle del Rímac, es profundo, de estructura granular media, drenaje y permeabilidad moderada, consistencia en húmedo de friable a muy friable, textura franco arenoso, estructura granular media y moderada, con un gran espacio aéreo, de mediana a baja capacidad retentiva de humedad y adecuada permeabilidad por presentar una mayor fracción de arena, medio a bajo contenido de materia orgánica y CIC medio. Tres horizontes de límites gradual definidos como Ap – C – IIC, de profundidad variable se generalizan para los suelos de la Serie la Molina. Para la caracterización físico-química del área en estudio, se realizó un muestreo aleatorio. El análisis de muestra se realizó en el laboratorio de análisis de suelos y plantas de la UNALM, presentando los resultados en la tabla 1. El resultado del análisis presenta un suelo de textura franco arenoso, lo cual indica que posee una moderada capacidad de retención de humedad, adecuada permeabilidad y buena aireación, el pH moderadamente básico (7.7), bajo contenido de materia orgánica y por tanto, el nivel de nitrógeno también

es bajo. El contenido de  $\text{CaCO}_3$  (3,3%), es medio. De acuerdo a la conductividad eléctrica del extracto de saturación (5.4 dS/m) y se clasifica el suelo como moderadamente salino. De otro lado, el contenido de fósforo disponible (20,5 ppm) es alto, indicando que la probabilidad de respuesta a la fertilización fosforado será baja. Asimismo, el contenido de potasio disponible (139 ppm) se califica como medio. La CIC (12 cmol (+) /kg), está en el límite del rango medio, mostrando una fertilidad potencial similar. Respecto a las relaciones de las bases cambiables; la relación Ca/Mg indica (2,8) que calcio se encuentra por debajo de su nivel de equilibrio, Ca/K (20,9) indica exceso de calcio respecto de potasio, esperándose por tanto respuesta positiva a la fertilización potásica. Finalmente, la relación Mg/K (7,2) indica exceso de magnesio respecto de potasio.

### **3.1.3. Característica del agua de riego**

La tabla 2, presenta las características químicas del agua utilizada en el riego. Esta agua proviene de la red de agua potable de La Molina, se clasifica según USDA (1979) como C4 - S1: agua altamente salina y de baja alcalinidad (bajo contenido de sodio respecto de calcio y magnesio) por lo que solamente es posible utilizarla en suelos con buen drenaje, empleando mezclas de agua, volúmenes suplementarios de agua para el lavado del suelo, utilizando cultivos resistentes a la salinidad y sistemas de riego localizado de alta frecuencia. Asimismo, es un agua de elevada toxicidad por cloruros y por sodio y presenta un contenido alto de nitratos, fuente adicional de nitrógeno para los cultivos, el cual debe tenerse en cuenta en el programa de fertilización para este elemento.

### **3.1.4. Características climatológicas de la zona experimental**

Según el sistema modificado de Koeppen, basado en promedios anuales de precipitación y temperatura, a la zona de la Molina le corresponde la clasificación de desierto subtropical árido caluroso. Los datos climatológicos obtenidos en los registros del observatorio Meteorológico Alexander Von Humboldt de la UNALM, para el ciclo de cultivo (junio 2015– diciembre 2015) se muestra en la tabla N° 3. En este periodo, las variables climatológicas; radiación circunglobal (de 75.4 a 162Ly/día), Heliofanía (de 30.6 a 148.4 horas), temperatura media (de 16.46 a 20.78 °C) y la evaporación media mensual (de 1.28 a 3.82 mm/día), humedad relativa (de 77.92% a 81.43 %) y precipitación mensual (de 0.8 a 3.7 mm/mes).

**Tabla 1. Análisis de caracterización del suelo**

<b>Determinación</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Métodos de Análisis</b>
Conductividad Eléctrica	5,4	dS/m	Lectura del extracto de saturación
<b>Análisis mecánico</b>			
Arena	61	%	Hidrómetro de Bouyucos
Limo	22	%	Hidrómetro de Bouyucos
Arcilla	17	%	Hidrómetro de Bouyucos
Clase Textural	Franco Arenoso		Triángulo Textural
pH	7.7		Potenciómetro 1:1 Agua/Suelo
Calcáreo	3.3	%	Gas Volumétrico
Materia Orgánica	0.73	%	Walkley y Black
Fósforo disponible	20,5	ppm	Olsen modificado
Potasio disponible	139	ppm	Acetato de Amonio 1N/pH 7
Capacidad de Intercambio catiónico	12,0	meq/100g	Acetato de Amonio 1N/pH 8
<b>Cationes cambiables</b>			
Ca <sup>++</sup>	7,95	meq/100g	Espectofotometría de absorción atómica
Mg <sup>++</sup>	2,75	meq/100g	Espectofotometría de absorción atómica
K <sup>+</sup>	0.38	meq/100g	Espectofotometría de absorción atómica
Na <sup>+</sup>	0.92	meq/100g	Espectofotometría de absorción atómica

*Fuente: Laboratorio de análisis de suelo, plantas, agua y fertilizantes. Universidad Nacional Agraria La Molina.*

### 3.1.5. Variedad de maíz morado PMV 581

Es una variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria La Molina obtenida a través de la variedad Morado de Caráz, 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)**.

**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 12,000 kg/ha de mazorcas.

### 3.1.6. Fuentes de fertilizantes

Fertilizantes	Formulación	N	P205	K2O
Nitrato de amonio	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	33.5%		
Ácido fosfórico	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>		53%	
Sulfato de potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			50 %

### **3.1.7 Módulo de riego**

#### **Matriz:**

- 2 válvulas de 1 pulg. (Llave de apertura/ cierre)
- 1 válvula de ½ pulg. (Llave de ingreso del fertilizante)
- 22 m. de tubería principal de PVC de 1 pulg.
- 1 filtro de anillos de ¾ pulg.
- Un contómetro de agua tipo reloj
- 12 microválvulas de 16 mm de diámetro

#### **Laterales:**

- 156 m. de laterales de goteo de 16 mm (PE)
- 492 goteros autocompensados Katiff de 2.1 l/h
- 12 conectores de salida
- 12 terminales de línea

#### **Fertilización:**

- 1 tanque de inyección de fertilizantes
- 1 elevador de 8 metros de altura
- 15 m. de manguera de polietileno de 4 mm.

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

**Tabla 2. Análisis del Agua de Riego.**

<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Cea	3.33	dS/m
pH	7.66	
Calcio	16.5	meq/L
Magnesio	4.92	meq/L
Sodio	12.91	meq/L
Potasio	0.27	meq/L
<b>Suma de Cationes</b>	34.6	
Nitratos	0.14	meq/L
Carbonatos	0.00	meq/L
Bicarbonatos	1.84	meq/L
Sulfatos	9.48	meq/L
Cloruros	23	meq/L
<b>Suma de Aniones</b>	34.46	
Sodio	37.31	%
RAS	3.95	
Boro	1.01	ppm
<b>Clasificación</b>		C4-S1

*Fuente: laboratorio de análisis de suelo, plantas, agua y fertilizantes de la UNALM*

**Tabla 3. Variables meteorológicas de la zona de estudio - Periodo experimental junio - diciembre 2015**

<b>Mes</b>	<b>Temperatura media mensual (°C)</b>	<b>Radiación solar circungal (Ly/día)</b>	<b>Humedad relativa media mensual (%)</b>	<b>Precipitación mensual (mm)</b>	<b>Evaporación del tanque media (mm/día)</b>	<b>Heliofanía (Horas/día)</b>
<b>Junio 2015</b>	17.43	75.4	80.56	0.8	1.28	58.4
<b>Julio 2015</b>	16.46	89.5	81.43	1.1	1.61	70.6
<b>Agosto 2015</b>	18.78	84.1	81.25	1.5	1.46	30.6
<b>Septiembre 2015</b>	17.63	117.9	80.31	3.7	1.94	148.4
<b>Octubre 2015</b>	18.55	151.3	79.75	2.0	2.44	135.7
<b>Noviembre 2015</b>	18.87	135.7	79.33	2.7	3.65	72.4
<b>Diciembre 2015</b>	20.78	162	77.92	1.8	3.82	97.3
<b>Promedio</b>	18.36	116.56	80.08	1.94	2.31	87.63

### 3.2. MÉTODOS

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

La siembra fue directa con semilla de maíz morado PMV 581 proporcionado por el Programa de Maíz de la UNALM, depositando 2 semillas por golpe, luego en el desahije se dejó una planta por golpe. Las plantas estuvieron a un distanciamiento de 13,3 cm, 11,42 cm y 10 cm entre plantas, lo cual establece una densidad promedio de 60,000, 70,000 y 80,000 plantas por hectárea respectivamente.

Previamente a la instalación del cultivo se realizaron las labores correspondientes para acondicionar el campo. Se eliminó el material vegetal del cultivo anterior (quinua). El campo experimental se caracterizó por presentar 12 camas de producción con un distanciamiento de 1.12 m, entre camas. Cada cama de producción se alimenta con un lateral de riego, el cual presenta emisores a un espaciamiento de 30 cm entre sí. Cada cama de producción se subdivide en 5 subparcelas de 8 emisores y 3m<sup>2</sup> de área efectiva. Con pico y lampa se eliminó el material vegetal que quedó del cultivo anterior (Quinua). Se construyeron las camas de 0.8 m de ancho y 15 cm de altura, se marcaron las calles, se desterronó y niveló el campo y se realizaron algunos arreglos en el sistema de riego (cambio de goteros obstruidos, micro-válvula deteriorado, lateral dañado, etc.).

La fertilización se aplicó de forma fraccionada, durante la fase vegetativa del cultivo según los niveles de fertilización programados. En general las labores agronómicas y de sanidad del cultivo fueron manejadas a un nivel estándar con la finalidad de no afectar los tratamientos. La fertilización se aplicó de forma fraccionada en 10 oportunidades para el nitrógeno siendo la fuente el nitrato de amonio (33.5% N), la primera aplicación a los 25 DDS, las siguientes fracciones se aplicaron en forma sucesiva cada semana, siendo la última a los 88 DDS y para el potasio, cuya fuente es el sulfato de potasio (48-53 % K<sub>2</sub>O) se fraccionó en 9 oportunidades, la primera aplicación a los 53 DDS, las siguientes fracciones se aplicaron en forma sucesiva cada semana, siendo la última a los 109 DDS.

En tres densidades de siembra se estudiaron diferentes momentos (M) de aplicación de fósforo durante el ciclo del cultivo. En el momento M1 (primer momento) se aplicó el 100% del fósforo al inicio del crecimiento cultivo (7DDE). En M2 se aplicó el fósforo,

durante la fase del crecimiento lento fraccionado la fertilización en 5 partes (45 DDE), En M3 se fraccionó la aplicación de fósforo en 10 partes, desde la emergencia hasta inicio de floración masculina (65 DDE) y en M4 se fraccionó el fertilizante fosforado en 14 aplicaciones, desde la emergencia hasta la formación de grano pastoso (109 DDE).

La cosecha se realizó a los 151 DDS, momento en que las mazorcas de maíz ya habían alcanzado el nivel de madurez de cosecha. Las mazorcas cosechadas se llevaron al laboratorio para ser evaluadas bajo el aspecto tomado en cuenta por el presente trabajo de investigación.

### **3.2.1 Factores en estudio**

#### **Factor I: Densidades de siembra**

<b>Clave</b>	<b>Distanciamiento (cm/planta)</b>	<b>Número de plantas / m<sup>2</sup></b>
D1	13,33	6
D2	11,42	7
D3	10,00	8

**Factor II: Momentos de Aplicación de Fósforo en el maíz morado**

	<b>MOMENTOS DE APLICACIÓN DE FÓSFORO</b>				
	<b>DDE</b>	<b>100% Ac. fosfórico</b>	<b>Primera fase</b>	<b>Hasta floración masculina</b>	<b>Hasta inicio de madurez</b>
<b>Siembra</b>					
<b>Germinación</b>	0				
<b>Crecimiento lento</b>	7	M1 (100%)	M2 (20%)	M3 (10%)	M4 (7.14%)
			M2 (20%)	M3 (10%)	M4 (7.14%)
			M2 (20%)	M3 (10%)	M4 (7.14%)
			M2 (20%)	M3 (10%)	M4 (7.14%)
<b>Crecimiento rápido</b>	45		M2 (20%)	M3 (10%)	M4 (7.14%)
				M3 (10%)	M4 (7.14%)
				M3 (10%)	M4 (7.14%)
				M3 (10%)	M4 (7.14%)
				M3 (10%)	M4 (7.14%)
<b>Inicio de floración masculina</b>	65			M3 (10%)	M4 (7.14%)
<b>Inicio de floración femenina</b>					M4 (7.14%)
<b>100% de polinización</b>					M4 (7.14%)
<b>Inicio de llenado de grano</b>					M4 (7.14%)
<b>Inicio de madurez</b>	109				M4 (7.14%)
<b>Formación de la mazorca</b>					

**Tabla 4. Programación de actividades de fertilización.**

<b>Cronograma de aplicación de fertilizantes</b>							
<b>Fecha</b>	<b>Aplicación</b>						
<b>DDS</b>	<b>N</b>	<b>K</b>	<b>DDE</b>	<b>P</b>			
0							
18			7	100%	20%	10%	7.14%
25	1era N				20%	10%	7.14%
32	2da N				20%	10%	7.14%
39	3era N				20%	10%	7.14%
49	4ta N		45		20%	10%	7.14%
53	5ta N	1era K				10%	7.14%
60	6ta N	2da K				10%	7.14%
67	7ma N	3era K				10%	7.14%
74	8va N	4ta K				10%	7.14%
81	9na N	5ta K	65			10%	7.14%
88	10ma N	6ta K					7.14%
95		7ma K					7.14%
102		8va K					7.14%
109		9na K	109				7.14%
116							
123							

### **3.2.2 Características del campo experimental**

Largo efectivo: 13.39m

Ancho efectivo: 13.44 m

Área efectiva: 180 m<sup>2</sup>

#### **Del Bloque**

Largo efectivo: 13,39 m

Ancho efectivo: 3,36 m

Área efectiva: 44.99 m<sup>2</sup>

Número de bloques: 4

#### **De la Parcela**

Largo: 13,39 m

Ancho: 1.12 m

Área: 14.99 m<sup>2</sup>

Número de parcelas: 12

#### **De la subparcela**

Largo efectivo: 2.7 m

Ancho efectivo: 1.12 m

Área efectiva: 3 m<sup>2</sup>

Número de subparcelas: 60

### **3.2.3 Diseño experimental**

El diseño experimental fue parcelas divididas. Las densidades de siembra se asignaron aleatoriamente a nivel de parcelas dentro de cada bloque y los momentos de aplicación de fósforo se asignaron aleatoriamente a nivel de sub parcelas, dentro de cada parcela. Las diferencias de medias se establecieron a través de la aplicación de la prueba de Duncan, siendo esta del mismo modo que el análisis de variancia, por el software estadístico SAS V.8. (*StatisticalAnalysisSystem*).

### **3.2.4 Identificación de Variables a Evaluar**

#### **Variables del Crecimiento**

Las evaluaciones se realizaron después de los 15 días del inicio de la floración masculina

#### **Altura de planta (cm).**

Se midió desde el cuello de planta hasta el último nudo del tallo donde se sostiene o emerge la panoja, estas fueron tomadas al azar por subparcela.

#### **Área foliar (cm<sup>2</sup>/planta).**

Se determinó tomando muestras de las hojas con un sacabocado de área conocida (20 muestras) y pesadas; finalmente se comparó entre este peso de área conocida con el peso total de hojas.

#### **Materia seca total de la parte aérea (g/planta)**

Las muestras de hojas, tallo y panoja fueron secadas al ambiente por un tiempo de 24 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

**Número de hojas por planta.**

Por conteo se determinó el total de hojas de planta.

**Diámetro del tallo (mm).**

Medida en el centro del primer entre nudo emergente del suelo, en 10 plantas evaluadas al azar.

**Características de la mazorca**

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

**Longitud de mazorca (cm)**

Se midió de las 10 mazorcas tomadas al azar su longitud desde la base hasta el ápice. Posteriormente se determinó el valor promedio.

**Diámetro de mazorca (cm)**

Se tomaron al azar 10 mazorcas donde se midió el diámetro en la parte media de cada mazorca. Posteriormente se promedió los valores encontrados y clasificarlos en primera, segunda y descarte.

**Rendimiento del maíz morado kg/ha**

A la cosecha se contó las plantas por subparcela, para evaluar el número de fallas respecto de la densidad a la siembra. Asimismo, se contará y pesará las mazorcas por parcela experimental. Del total de mazorcas cosechadas por subparcela, fueron tomadas 5 mazorcas comerciales al azar en las cuales se determinó:

**Peso de mazorcas al 14% de humedad**

Porcentaje de humedad de la mazorca., evaluado en base a una muestra y sometida a desecamiento a la estufa a una temperatura aproximada a 65°C por 72 h.

Los rendimientos se ajustaron utilizando una adaptación para riego por goteo de la corrección por “fallas” de la fórmula de Jenkins utilizada en riego por gravedad por surcos:

$$\text{Peso corregido por fallas} = \text{Peso de campo} \times M - 0.3 N / M - N$$

Donde:

M = número de plantas cuando la población es perfecta (0 fallas)

N = número de fallas; una falla cuando no hay plantas en el golpe.

Para realizar la corrección por humedad y expresar el peso a 14% de humedad, se utilizó la siguiente relación:

$$\text{Factor de corrección (FC)} = 100 - \% \text{ de humedad a la cosecha} / 86$$

Peso corregido a 14% de humedad (PCH)

$$\text{PCH} = \text{FC} \times \text{Peso de campo corregido por fallas}$$

Para expresar el rendimiento de maíz en kg/ha, se aplicará el siguiente Factor de Producción

$$\text{Factor de Producción: FP} = 10\,000 \times 0.971 / A$$

Donde:

A = Área de la parcela en m<sup>2</sup>

0.971 = coeficiente de contorno.

Finalmente: Rendimiento (kg/ha-14% humedad) = FP x Rendimiento por parcela corregido por fallas y humedad.

### 3.2.5 Parámetros agronómicos del cultivo

#### **Eficiencia de uso del agua (EUA-kg/m<sup>3</sup>)**

Relación que resulta de dividir el rendimiento comercial de mazorcas (kg/ha de maíz) respecto del volumen total de agua utilizado en el riego (m<sup>3</sup>/ha).

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

### **Evapotranspiración del cultivo (ETc = m<sup>3</sup>/ha/campaña)**

Cantidad de agua evapotranspirada durante el ciclo vegetativo del cultivo de maíz. Se obtuvo en base al registro del contómetro (caudalímetro) de agua, instalado al inicio del módulo de riego y a la eficiencia del sistema de riego por goteo.

### **Coefficiente de transpiración (CT- l/kg)**

Obtenido en base a la relación entre la cantidad total de agua evapotranspirada y la producción de materia seca total por unidad de área.

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

### **Índice de cosecha (IC-%).**

Relación entre el peso promedio de la materia seca de mazorca respecto a la Materia seca total (kg).

### **Índice de área foliar (IAF)**

Relación entre la superficie foliar total producida (m<sup>2</sup>/área cultivada) respecto a los m<sup>2</sup> de superficie cultivada

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

### **3.2.6 Análisis de la concentración de antocianinas en maíz morado.**

Se realizó la extracción y cuantificación de antocianinas en medios alcohólicos siguiendo la metodología reportada por **Fuleki y Francis (1968)**. Se describe el procedimiento a continuación:

Se pesa 25gr. de coronta molida y se licua con 50ml de una solución de extracción que consiste en HCl 1.5 N: Etanol 96% (15/85).

Se traspasa el licuado a un Erlenmeyer, se lava el vaso de la licuadora con 50ml de la solución de extracción, se transvasa al mismo Erlenmeyer y se deja reposar por 18-24 horas en oscuridad a 8 °C.

Luego se filtra la muestra con papel Whatman 1, se enjuaga el Erlenmeyer y el filtro con la solución de extracción y se enrasa a 200ml (V1).

Se extrae una alícuota (f1) y se enrasa con la solución de extracción a un volumen conocido (f2)

Se hace un blanco en el espectrofotómetro con la solución de extracción como blanco.

Se guarda en la oscuridad durante 30 minutos y luego se lee la absorbancia a 535nm y a 700nm. Se determina la diferencia de las dos absorbancias.

$$A = A_{535\text{nm}} - A_{700\text{nm}}$$

Las absorbancias obtenidas no deben ser mayores a 0.7

El contenido de antocianinas totales se expresa de la siguiente manera:

$$\text{ACNs (mg/100g bh)} = \frac{A * \text{PM} * V1 * f2}{F1 * P * \epsilon}$$

Donde  $A = A_{535\text{nm}} - A_{700\text{nm}}$ ,  $\epsilon$  es la absortividad molar para la cianidina 3-glucósido en medio alcohólico-ácido ( $\epsilon = 20941 \text{ L x mol}^{-1} \text{ x cm}^{-1}$ ) y PM es el peso molecular de la cianidina 3-glucósido ( $\text{PM} = 449.2 \text{ gr x mol}^{-1}$ ).

**Tabla 5. Disposición de las parcelas experimentales.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D1	D2	D3	D1	D3	D2	D3	D2	D1	D2	D1	D3
0	3	2	4	1	0	3	2	4	1	0	3
1	4	3	0	2	1	4	3	1	2	1	4
2	0	4	1	3	2	0	4	1	3	2	0
3	1	0	2	4	3	1	0	2	4	3	1
4	2	1	3	0	4	2	1	3	0	4	2

CAMINO

CAMINO

- M0 : Testigo no fertilizado con fósforo
- M1 : Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)
- M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)
- M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)
- M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los cuadros que se presentan y discuten a continuación han sido elaborados en base a las tablas que figuran como anexos, en los cuales se muestran los valores promedios de las variables de crecimiento, del rendimiento y de sus componentes, de la materia seca total y su distribución porcentual. Se considera el análisis de variancia del combinado de los factores en estudio, la prueba de comparación de medias de Duncan.

### **4.1 RESULTADOS GENERALES Y PARÁMETROS AGRONÓMICOS DEL MAÍZ MORADO**

Las tablas presentan los resultados de los parámetros agronómicos que caracterizan a la variedad PMV-581 de maíz morado en estudio; Eficiencia de uso de agua (EUA-kg/m<sup>3</sup>), Índice de cosecha (IC%), índice de área foliar (IAF –m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>), Coeficiente de transpiración (CT- l/kg) y concentración de antocianinas para tres densidades de siembra y cinco momentos de aplicación de fósforo.

En general, bajo las condiciones de clima, suelo y manejo agronómico del presente ensayo, el periodo vegetativo en la variedad de maíz morado PMV-581 fue de 151 días (DDS), presentó un rendimiento promedio de mazorca de 7,899 kg/ha, una altura de planta de 192.7 cm, 7,150 cm<sup>2</sup>/planta de área foliar, 203.43 g de materia seca total, 6.89 plantas/m<sup>2</sup>, 1.05 mazorcas por planta y un peso promedio de mazorca de 118 g. Asimismo, la eficiencia de uso de agua promedio fue de 2.66 kg/m<sup>3</sup>, el índice de cosecha de 48.7 %, de índice de área foliar de 4.92 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> y 195.8 l/kg de coeficiente de transpiración. Finalmente la concentración promedio de antocianinas en la tuza fue de 177.2 mgA/100g para grano de mazorca y 815.9 mgA/100g para coronta de mazorca de maíz morado y el

uso-consumo de agua de riego de 2965.4 m<sup>3</sup>/ha, siendo la ETc/campaña de 266.8 mm, con una media de 1.75 mm/día y un Kc medio de 0.87.

#### **4.1.1 Respuesta por momentos en la aplicación de fósforo**

En el **M0: Testigo no fertilizado con fósforo**, el rendimiento medio de mazorcas fue de 6,857 kg/ha en D1=60,000 pl/ha, de 7,545 kg/ha en D2=70,000 pl/ha y de 9,028 kg/ha a densidad de siembra de 80,000pl/ha. En este momento, las plantas alcanzan una altura de 212.5 cm en D1; 194.3 cm en D2 y 193.5 cm en D3=80,000pl/ha. Asimismo, expanden una superficie foliar de 8,370; 8,216 y de 7768cm<sup>2</sup>/planta, presentan un número promedio de mazorcas por planta de 1.04, 1.09 y 1.06 y un peso promedio de mazorcas de 119.2g, 104.6g y 112.9 g para D1, D2 y D3 respectivamente.

En el **M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)**, el rendimiento medio de mazorcas, fue de 7,090 kg/ha a nivel de D1=60,000pl/ha, de 7,719 kg/ha, en D2=70,000 pl/ha y de 9,087 kg/ha en D3=80,000 pl/ha de P2O5. En este estado de crecimiento, las plantas alcanzan una altura de 192 cm en D1; 216.6 cm en D2 y 180 cm a densidad de siembra de 80,000pl/ha. Asimismo, expanden una superficie foliar de 7,277; 5,985 y de 5,775cm<sup>2</sup>/planta, presentan un número promedio de mazorcas por planta de 1.06, 1.06 y 1.05 y el peso promedio de mazorcas de 121.6g, 110.3 g y 111.2g para D1, D2 y D3 respectivamente.

En el **M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)**, el rendimiento medio de mazorcas, fue de 7,391 kg/ha a nivel de D1=60,000 pl/ha, de 7,929 kg/ha, en D2=70,000 pl/ha y de 9,348 kg/ha en D3=80,000 pl/ha de P2O5. En este estado de crecimiento, las plantas alcanzan una altura de 197.8 cm en D1; 214.4cm en D2 y 192 cm a densidad de siembra de 80,000 pl/ha. Asimismo, expanden una superficie foliar de 6,920; 9,700 y de 6,030 cm<sup>2</sup>/planta, presentan un número promedio de mazorcas por planta de 1.07, 1.06 y 1.07 y el peso promedio de mazorcas de 127g, 116.3 g y 117.3 g para D1, D2 y D3 respectivamente.

En el **M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)**, el rendimiento medio de mazorcas, fue de 7,068 kg/ha a nivel de D1=60,000 pl/ha, de 7,680 kg/ha, en D2=70,000 pl/ha y de 8,780 kg/ha en D3=80,000 pl/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. En este estado de crecimiento, las plantas alcanzan una altura de 198.5 cm en D1; 185.8 cm en D2 y 169.9 cm a densidad de siembra de 80,000 pl/ha. Asimismo, expanden una superficie foliar de 7,261; 7,302 y de 6,540 cm<sup>2</sup>/planta, presentan un número promedio de mazorcas por planta de 1.07, 1.09 y 1.04 y el peso promedio de mazorcas de 123.6g, 112.4 g y 121.8g para D1, D2 y D3 respectivamente

En el **M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)**, el rendimiento medio de mazorcas, fue de 7,077 kg/ha a nivel de D1=60,000 pl/ha, de 7,208 kg/ha, en D2=70,000 pl/ha y de 8,683 kg/ha en D3=80,000 pl/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. En este estado de crecimiento, las plantas alcanzan una altura de 176.8 cm en D1; 177.8 cm en D2 y 190.4 cm a densidad de siembra de 80,000 pl/ha. Asimismo, expanden una superficie foliar de 5,894; 6,570 y de 7,656 cm<sup>2</sup>/planta, presentan un número promedio de mazorcas por planta de 0.96, 1.04 y 1.00 y el peso promedio de mazorcas de 142.8g, 106.7 g y 121.8 g para D1, D2 y D3 respectivamente

#### **4.1.2 Respuesta por densidad de siembra**

A densidad de siembra: **D1=60,000pl/ha**, el rendimiento de mazorca fue de 6,857 pl/ha en M0: testigo no fertilizado con fósforo, 7,090 kg/ha, en M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), 7,391 kg/ha en M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE), 7,068 kg/ha en M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE) y 7,077 kg/ha en M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE). En este nivel las plantas alcanzan una altura de 212.5 en M0, 192.0 en M1, 197.8 en M2, 198.5 en M3 y 176.8 en el momento cuatro. Asimismo, expanden una superficie foliar de 8,370; 7,277; 6,920; 7,261 y 5,894 cm<sup>2</sup>/planta, presentan un número promedio de mazorcas por planta de 1.04; 1.06; 1.07; 1.07 y 0.96. El peso promedio de mazorca fue de 119.2; 121.6; 127.0; 123.6 y 142.8 g para M0, M1, M2, M3 y M4 respectivamente.

A densidad de siembra : **D2=70,000 pl/ha**, el rendimiento medio de mazorca fue de 7,545 kg/ha en M0: testigo no fertilizado con fósforo, 7,719 kg/ha en M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), 7,929 kg/ha en M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) , 7,680 kg/ha en M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE) y 7,208 kg/ha en M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) . En este nivel las plantas alcanzan una altura de 194.3 en M0, 216.6 en M1, 214.4 en M2, 185.8 en M3 y 177.8cm en el momento cuatro. Asimismo, expanden una superficie foliar de 8,215; 5,985; 9,700; 7,302 y 6,570cm<sup>2</sup>/planta, presentan un número promedio de mazorcas por planta de 1.09, 1.06, 1.06, 1.09 y 1.04y el peso promedio de mazorca fue de 104.6, 110.3, 116.3, 112.4 y 106.7 g para M0, M1, M2, M3 y M4 respectivamente.

A densidad de siembra : **D3=80,000 pl/ha**, el rendimiento medio de mazorca fue de 9,028 kg/ha en M0: testigo no fertilizado con fósforo, 9,087 kg/ha, en M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), 9,348 kg/ha en M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE), 8,780 kg/ha en M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE), 8,683 kg/ha en M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) . En este nivel las plantas alcanzan una altura de 193.5 en M0, 180.0 en M1, 192.0 en M2, en 169.9 M3 y 190.4 cm en el momento cuatro. Asimismo, expanden una superficie foliar de 7,768; 5,775; 6,030; 6,540 y 7,656 cm<sup>2</sup>/planta, presentan un número promedio de mazorcas por planta de 1.06, 1.05, 1.07, 1.04 y 1.00 y el peso promedio de mazorca fue de 112.9, 111.2, 117.3, 121.8 y 121.8 g para M0, M1, M2, M3 y M4 respectivamente.

#### **4.2 PARÁMETROS AGRONÓMICOS DEL CULTIVO DE MAÍZ MORADO POR DENSIDAD DE SIEMBRA APLICADO EN DIFERENTES MOMENTOS.**

Bajo las condiciones del ensayo, el cultivo de maíz morado en general, puede caracterizarse al presentar una eficiencia de uso de agua (EUA) de 2.66 kg de mazorca producidas por metro cubico de agua aplicada, un índice de cosecha (IC%) de 48.7%, un

índice de área foliar de 4.92 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> y un Coeficiente de transpiración de 195.8 litros evapotranspirados por kg de materia seca producida.

#### **4.2.1 Eficiencia de Uso de Agua (EUA – kg/m<sup>3</sup>)**

La eficiencia de uso de agua, principal parámetro agronómico de los cultivos, relaciona los kilogramos de mazorcas producidos por metro cúbico de agua aplicado en el riego.

Para M0: Testigo no fertilizado con fósforo, con un rendimiento medio de 7,810.4 kg/ha de mazorca, la eficiencia de uso de agua (EUA) promedio es 2.63 kilogramos de mazorcas producidas por m<sup>3</sup> de agua aplicada.

En M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), con un rendimiento medio de 7,966.0 kg/ha de mazorca, la EUA promedio es 2.69 kg/m<sup>3</sup>, mientras que para M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) con rendimiento medio de 8,222.8 kg /ha la EUA promedio es 2.77 kg/m<sup>3</sup>, para M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE), un rendimiento de 7,843.2 kg/ha y una EUA promedio 2.65 kg/m<sup>3</sup> y finalmente M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE), con un rendimiento de 7,656.2 kg /ha y la EUA promedio de 2.58 kg/m<sup>3</sup>, con una diferencia de 7.4 % con el mayor valor de M2. Mostrando entre los momentos de aplicación de fósforo diferencias muy significativas.

La respuesta para las diferentes densidades de siembra, D1 = 60,000 pl/ha presenta una EUA de 2.39 kg/ m<sup>3</sup>, D2 = 60,000 pl/ha 2.57 kg/ m<sup>3</sup>, D3 = 80,000 pl/ha de el valor de 3.03 kg/ m<sup>3</sup>, mostrando entre las densidades diferencias n significativas.

Respecto a la interacción entre densidades de siembra y momentos de aplicación de fósforo (DD x MM) el análisis de varianza indica que no existe diferencia estadística significativa.

**Espinoza (2003)**, para condiciones similares de calidad de agua, suelo y medio ambiente, investigó sobre el respuesta de la fertirrigación nitrogenada y la densidad de plantas en maíz morado PMV 581, encontró una EUA media de 3.6 kg/m<sup>3</sup>.

Al respecto **Mayanga (2011)**, probando el efecto de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada en maíz morado cv. PMV-581, encontró valores promedio de 1.3 kg/m<sup>3</sup> para la EUA. **Rodríguez (2008)**, encontró un valor promedio de 1.70 kg/ m<sup>3</sup> comparando densidades de siembra y niveles nutricionales. **Alvarado (2015)**, probando niveles nutricionales en tres láminas de riego por goteo en maíz morado PMV-581; L1: 4,121 m<sup>3</sup>/ha, L2: 3,530 m<sup>3</sup>/ha y L3: 2,941 m<sup>3</sup>/ha encontró medias en la EUA de 1.87, 1.89 y 1.78 kg/ m<sup>3</sup> respectivamente. **Aguirre (2016)**, estudiando el efecto de la fertilización nitrogenada y de la aplicación de ácidos húmicos en maíz morado híbrido PRO-SEMILLAS encontró una eficiencia de uso de agua (EUA) de 1.66 kg/ m<sup>3</sup>. **Mejía (2017)**, probando niveles nutricionales y variedades de maíz morado encontró un valor medio en la EUA de 2.41 kg/ m<sup>3</sup> y un valor de 2.82 m<sup>3</sup>/ha para la variedad PMV 581. Finalmente **Rubiños (2017)**, estudiando el efecto los niveles y momentos de aplicación de fósforo en maíz morado cv. PMV581 encontró una eficiencia de uso de agua (EUA) de 2.72 kg/ m<sup>3</sup>.

#### 4.2.2 Índice de Área Foliar (IAF- m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)

Parámetro que expresa la relación entre la superficie foliar expuesta a la radiación solar por unidad de terreno y por tanto es un gran estimador de la capacidad de producción del cultivo.

La prueba de comparación de medias de Duncan para momentos de aplicación de fósforo indica medias estadísticamente diferentes, el mayor valor se presenta en M0: Testigo no fertilizado con fósforo, se caracteriza por presentar un IAF de 5.6m<sup>2</sup> de superficie foliar por m<sup>2</sup> de terreno difiere estadísticamente de los momentos M3: Aplicación de fósforo, desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE) 4.6 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) presenta un IAF de 4.5 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> y M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio

del crecimiento (7DDE) el valor de IAF es 4.4 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, donde los incrementos son de 22.7%, 24.8% y 27.9% respectivamente.

Para las diferentes densidades de siembra D3=80,000pl/ha presenta un IAF de 5.35 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> mayor a D2=70,00pl/ha con un IAF de 5.2 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> y D1=60,000pl/ha con valor de 4.1 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, siendo su diferencia porcentual 28.9% con el mayor valor. Respecto a la interacción entre densidades de siembra y momentos de aplicación de fósforo (DD x MM) el análisis de varianza indica que existe diferencia estadística.

Al respecto, **Espinoza (2003)**, sobre el efectos de fertirrigación nitrogenada en maíz morado PMV 581, encontró valores para el índice de área foliar (IAF) de 7.3 m<sup>2</sup>/ m<sup>2</sup>. **Rodríguez (2008)** encontró un valor promedio de 7.1 m<sup>2</sup>/ m<sup>2</sup> comparando densidades de siembra y niveles nutricionales. **Alvarado (2015)**, probando niveles nutricionales en tres láminas de riego por goteo en maíz morado PMV-581; L1: 4,121 m<sup>3</sup>/ha, L2: 3,530 m<sup>3</sup>/ha y L3: 2,941 m<sup>3</sup>/ha encontró valores de IAF de 2.08, 2.39 y 2.33 m<sup>2</sup>/ m<sup>2</sup> respectivamente y **Mayanga (2014)**, en maíz morado PMV 581 el promedio (considerando una población de plantas de 66,000 plantas/ha) el valor medio del índice de área foliar (IAF) de 4.67 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. **Aguirre (2016)**, estudiando el efecto de la fertilización nitrogenada y de la aplicación de ácidos húmicos en maíz morado Híbrido PRO-SEMILLAS, encontró un índice de área foliar de 1.85 m<sup>2</sup>/ m<sup>2</sup>. **Mejía (2017)**, probando niveles nutricionales y variedades de maíz morado encontró un valor medio en el IAF de 6.32 m<sup>2</sup>/ m<sup>2</sup> y un valor de 6.64 m<sup>2</sup>/ m<sup>2</sup>. Para la variedad PMV 581. **Rubiños (2017)**, estudiando el efecto los niveles y momentos de aplicación de fósforo en maíz morado cv. PMV581 encontró un valor medio de índice de área foliar (IAF) de 5.06 m<sup>2</sup>/ m<sup>2</sup>.

#### 4.2.3 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 + panoja).

Para los diferentes momentos de aplicación de fósforo, M0: Testigo no fertilizado con fósforo presenta un IC de 46.4%, para M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE) es mayor con IC de 52.2% mostrando diferencia significativa. M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE), presenta un IC de 48.0%, M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE), 48.3% y en M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) con 48.9%.

Para densidad de siembra de D1=60,000pl/ha, se caracteriza por presentar un IC de 49.7%, en D2=70,000 pl/ha es ligeramente menor con 46.4%. Finalmente, D3= 80,000 pl/ha presenta una IC mayor de 50.1 %, mostrando entre las densidades diferencias porcentuales no significativas. Del mismo modo **Espinoza (2003)**, encontró valores para el índice de cosecha (IC%) de 45.6%. **Rodríguez (2008)** en maíz morado PMV-581, encontró un valor medio en el índice de cosecha de 34.7%. **Alvarado (2015)**, en maíz morado PMV-581 en tres láminas de riego por goteo; L1: 4,121 m<sup>3</sup>/ha, L2: 3,530 m<sup>3</sup>/ha y L3: 2,941 m<sup>3</sup>/ha encontró valores para el índice de cosecha de 45.3%, 41.7% y 41.4%. **Mayanga (2014)**, en maíz morado PMV 581 encontró un valor medio de 31.4% y **Mejía (2017)**, probando niveles nutricionales y variedades de maíz morado encontró un valor medio de 55.1% para el índice de cosecha y un valor de 54.4% para la variedad PMV 581.

#### **4.2.4 Coeficiente de Transpiración (CT-l/kg)**

El coeficiente de Transpiración parámetro agronómico que indica la cantidad de agua evapotranspirada necesaria para producir un kilogramo de materia seca - parte aérea.

La prueba de comparación de medias de Duncan para momentos de aplicación de fósforo indica medias estadísticamente similares para M0: Testigo no fertilizado con fósforo presenta un valor de 187.7l/kg ,M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE) con 204.0 l/kg es el de mayor valor con una diferencia de 8.8% con respecto al menor valor M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento

(45 DDE) 187.6l/kg, en M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE) el valor es de 203.2l/kg, y finalmente para M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) el valor es 196.7l/kg.

Para la densidad de siembra D1=60,000 pl/ha, presenta un valor mayor con un CT de 216.0 litros de agua evapotranspirados por kg de materia seca producida, D2= 70,000 pl/ha, el valor es de 197.1l/kg y D3=80,000 pl/ha, presenta un valor de CT de 174.5l/kg, siendo su diferencia porcentual de 8.8% con el mayor valor. Al respecto, **Espinoza (2003)**, encontró valores para el coeficiente de transpiración de 167.4 l/kg. **Rodríguez (2008)**, en maíz morado PMV-581, encontró un valor para el coeficiente de transpiración de 187.9 l/kg. **Mayanga (2011)**, en el maíz morado PMV 581 encontró un valor medio (considerado una población de plantas de 66,000 plantas /ha) en el coeficiente de transpiración de 187.5 l/kg y **Alvarado (2015)**, probando tres láminas de riego por goteo en maíz morado PMV-581; L1: 4,121 m<sup>3</sup>/ha, L2: 3,530 m<sup>3</sup>/ha y L3: 2,941 m<sup>3</sup>/ha encontró valores para el coeficiente de transpiración de 225.8 l/kg, 194.1l/kg y 188.8 l/kg respectivamente. **Mejía (2017)**, probando niveles nutricionales y variedades de maíz morado encontró un valor medio 148.5 l/kg para el coeficiente de transpiración y un valor de 144.3 l/kg para la variedad PMV 581, finalmente **Rubiños (2017)**, estudiando el efecto de niveles y momentos de aplicación de fósforo en maíz morado cv. PMV581 encontró un coeficiente de transpiración (CT) promedio de 250.1 l/kg.

**Tabla 6. Resultados y parámetros agronómicos de cinco momentos de aplicación de fósforo a la densidad de 60, 000 plantas/ha.**

Características	unidad	MOMENTOS DE APLICACIÓN DE FÓSFORO					
		M0	M1	M2	M3	M4	promedio
<b>Rendimiento económico</b>	kg/ha	6,857	7,090	7,391	7,068	7,077	7,097
<b>Variables morfológicas</b>							
Área foliar	cm <sup>2</sup> /planta	8,370	7,277	6,920	7,261	5,894	7,144
Altura de planta	cm.	212	192	197	198	176	195
Materia seca total	g.	229.7	210.7	218.3	199.2	216.2	214.8
<b>Componentes del rendimiento</b>							
Nº de plantas/ m <sup>2</sup>	plantas/ m <sup>2</sup>	5.92	5.92	5.83	5.75	5.58	5.80
Nº de mazorcas por planta	Unid.	1.04	1.06	1.07	1.07	0.96	1.04
Peso promedio de mazorca	g.	119.2	121.6	127.0	123.6	142.8	126.9
<b>Parámetros agronómicos</b>							
Eficiencia de uso de agua (EUA)	kg/m <sup>3</sup>	2.31	2.39	2.49	2.38	2.39	2.39
Índice de cosecha (IC)	%	44.5	49.1	49.5	51.6	54.1	49.7
Índice de área foliar (IAF)	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	4.97	4.30	4.03	4.17	3.27	4.15
Coefficiente de transpiración (CT)	l/kg	198.0	214.6	211.3	233.5	222.9	216.1
Concentración de antocianinas grano de mazorca	mg/100g de muestra	161	175	217	216	162	186.6
Concentración de antocianinas en la coronta	mg/100g de muestra	1,112	1,298	1,244	659	910	1,045

**Tabla 7. Resultados y parámetros agronómicos de cinco momentos de aplicación de fósforo a la densidad de 70, 000 plantas/ha.**

Características	unidad	MOMENTOS DE APLICACIÓN DE FÓSFORO					
		M0	M1	M2	M3	M4	promedio
<b>Rendimiento económico</b>	kg/ha	7,545	7,719	7,929	7,680	7,208	7,616.5
<b>Variables morfológicas</b>							
Área foliar	cm2/planta	8,215	5,985	9,700	7,302	6,570	7,555
Altura de planta	cm.	194	216	214	185	177	197.8
Materia seca total		199.0	179.7	226.0	202.4	193.8	200.2
<b>Componentes del rendimiento</b>							
Nº de plantas/m <sup>2</sup>	plantas/m <sup>2</sup>	7.08	7.08	6.92	6.75	7.00	6.97
Nº de mazorcas por planta	Unid.	1.09	1.06	1.06	1.09	1.04	1.07
Peso promedio de mazorca	g.	104.6	110.3	116.3	112.4	106.7	110.1
<b>Parámetros agronómicos</b>							
Eficiencia de uso de agua (EUA)	kg/m <sup>3</sup>	2.54	2.60	2.67	2.59	2.43	2.57
Índice de cosecha (IC)	%	44.2	51.7	43.2	45.7	47.0	46.4
Índice de área foliar (IAF)	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	5,80	4,25	6.74	4.95	4.60	5.27
Coefficiente de transpiración (CT)	l/kg	189.9	211.0	177.0	201.9	206.0	197.1
Concentración de antocianinas grano de mazorca	mg/100g de muestra	118	149	219	188	167	168.7
Concentración de antocianinas coronta de mazorca	mg/100g de muestra	405	761	952	834	527	696.2

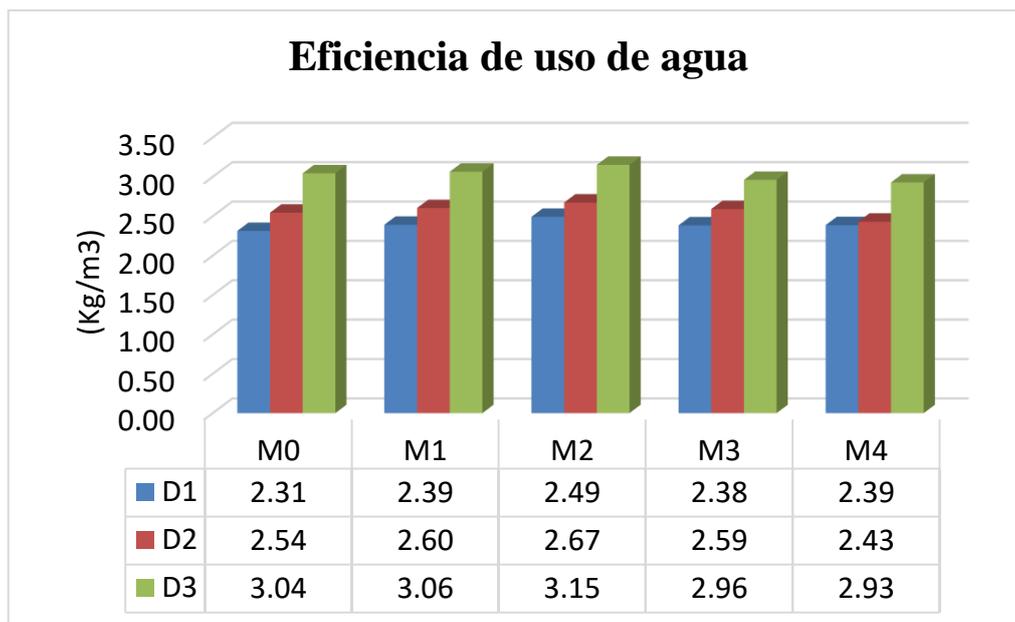
Tabla 8. Resultados y parámetros agronómicos de cinco momentos de aplicación de fósforo la densidad de 80, 000 plantas/ha.

Características	unidad	MOMENTOS DE APLICACIÓN DE FÓSFORO					
		M0	M1	M2	M3	M4	promedio
<b>Rendimiento económico</b>	kg/ha	9,028	9,087	9,348	8,780	8,683	8,985.6
<b>Variables morfológicas</b>							
Área foliar	cm <sup>2</sup> /planta	7,768	5,775	6,030	6,540	7,656	6,754.2
Altura de planta	cm.	193	180	192	169	190	185.2
Materia seca total	g.	189.6	171.6	191.4	205.7	218.3	195.3
<b>Componentes del rendimiento</b>							
Nº de plantas/ m <sup>2</sup>	plantas/ m <sup>2</sup>	8.08	8.33	8.00	7.58	7.67	7.93
Nº de mazorcas por planta	Unid.	1.06	1.05	1.07	1.04	1.00	1.04
Peso promedio de mazorca	g.	112.9	111.2	117.3	121.8	121.8	117.0
<b>Parámetros agronómicos</b>							
Eficiencia de uso de agua (EUA)	kg/m <sup>3</sup>	3.04	3.06	3.15	2.96	2.93	3.03
Índice de cosecha (IC)	%	50.5	55.7	51.3	47.7	45.6	50.1
Índice de área foliar (IAF)	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	6.29	4.81	4.82	4.95	5.89	4.35
Coefficiente de transpiración (CT)	l/kg	175.5	186.7	174.6	174.5	161.5	174.5
Concentración de antocianinas grano de mazorca	mg/100g de muestra	200	217	151	136	176	176.6
Concentración de antocianinas coronta de mazorca	mg/100g de muestra	765	598	400	859	910	706.9

**Tabla 9. Parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado por densidad de siembra y momento de aplicación de fósforo.**

Factor en estudio	Eficiencia de uso de agua	Índice de área foliar	Coefficiente de transpiración	Índice de cosecha	
<b>Densidad de siembra (pl./ha)</b>					
D1: 60,000	2.39	4.15	216.0	49.7	
D2: 70,000	2.57	5.27	197.1	46.4	
D3: 80,000	3.03	5.35	174.5	50.1	
<b>Momentos de aplicación de fósforo</b>					
M0: Testigo	2.63	5.69	187.7	46.4	
M1: a (7DDE)	2.69	4.45	204.0	52.2	
M2: a (45 DDE)	2.77	5.19	187.6	48.0	
M3: a (65 DDE)	2.65	4.68	203.2	48.3	
M4: a (109 DDE)	2.58	4.59	196.7	48.9	
<b>Promedio General</b>	<b>2.66</b>	<b>4.92</b>	<b>195.8</b>	<b>48.7</b>	
<b>Análisis de variancia</b>					
Fuente de variación	GL	Significación			
<b>Densidades de siembra (DD)</b>	2	**	*	NS	NS
<b>Momentos de aplicación de fósforo (MM)</b>	4	**	**	NS	NS
<b>Interacción (DD x MM)</b>	8	NS	**	NS	NS
<b>CV (%)</b>		2.3	16.3	13.7	9.9

**DDE: días después de emergencia**



**Figura 1. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en la eficiencia del uso del agua de maíz morado PMV 581.**

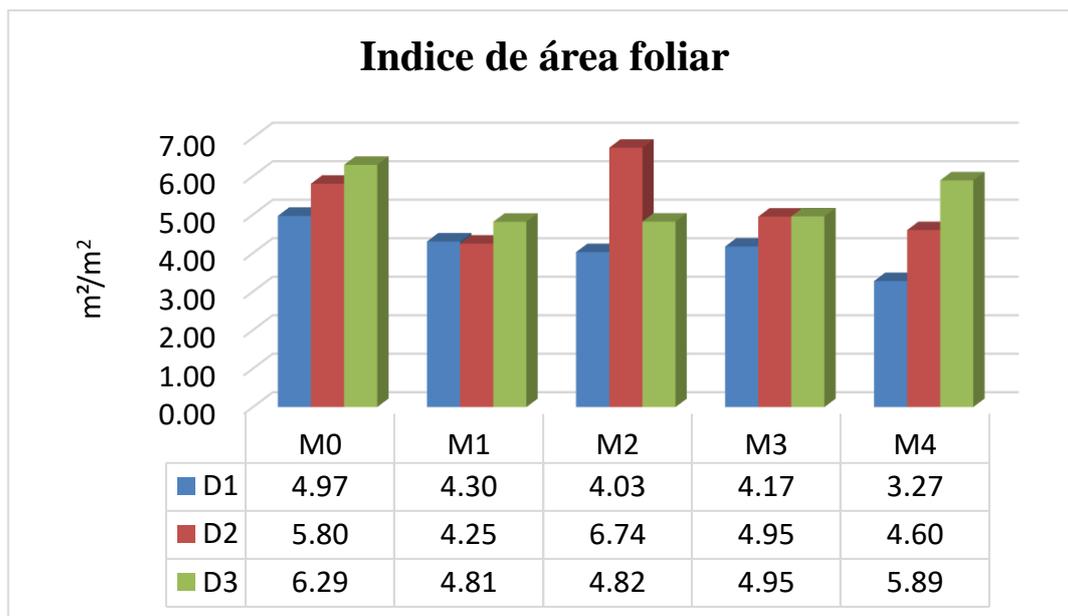
#### PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)

Efecto de las densidades sobre la eficiencia de uso de agua

Densidades (pl/ha)	Media	Duncan	% Δ
<b>D3: 80,000</b>	3.03	A	126.8
<b>D2: 70,000</b>	2.57	B	107.5
<b>D1: 60,000</b>	2.39	C	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre la eficiencia de uso de agua

Momentos	Media	Duncan	% Δ
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	2.77	A	107.4
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)	2.69	B	104.3
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	2.65	BC	102.7
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	2.63	CD	101.9
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	2.58	D	100.0



**Figura 2. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en el índice de área foliar de maíz morado PMV 581.**

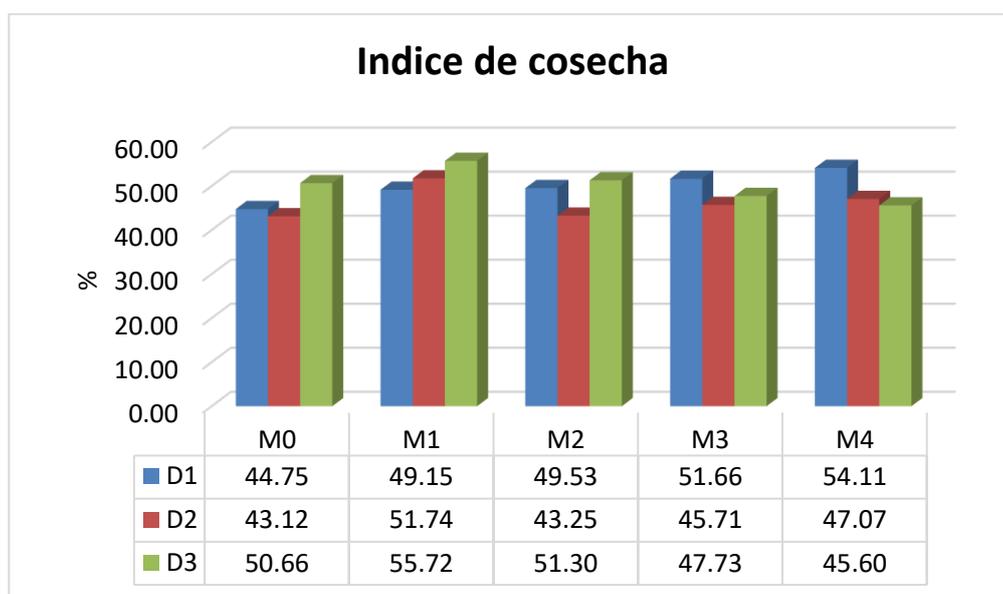
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades de siembra sobre el índice de área foliar

Densidades (pl./ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D3: 80,000</b>	5.35	A	128.9
<b>D2: 70,000</b>	5.27	A	127.0
<b>D1: 60,000</b>	4.15	B	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el índice de área foliar

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	5.69	A	127.9
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	5.19	AB	116.6
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	4.68	BC	105.2
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	4.59	BC	103.1
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	4.45	C	100.0



**Figura 3. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en el índice de cosecha de maíz morado PMV 581.**

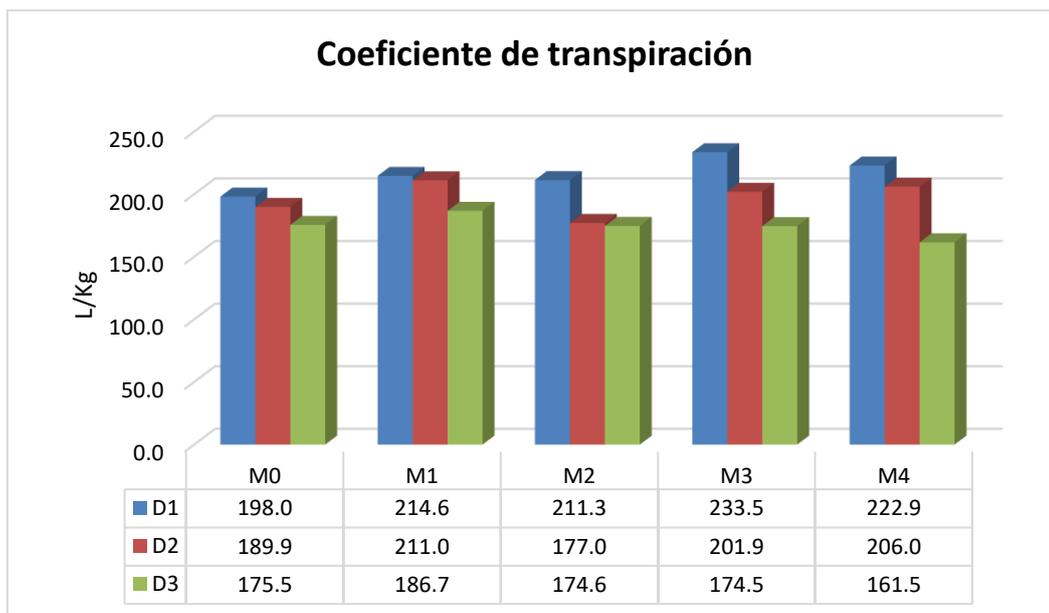
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre el índice de cosecha

Densidades (pl./ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D3: 80,000</b>	50.18	A	108.1
<b>D1: 60,000</b>	49.79	A	107.3
<b>D2: 70,000</b>	46.40	A	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el índice de cosecha

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	52.20	A	112.4
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	48.93	AB	105.4
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	48.36	AB	104.2
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	48.03	AB	103.4
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	46.43	B	100.0



**Figura 4. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en el coeficiente de transpiración de maíz morado PMV 581.**

**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades de siembra sobre el coeficiente de transpiración

Densidades (pl./ha.)	Media	Duncan	% Δ
<b>D1: 60,000</b>	216.05	A	123.8
<b>D2: 70,000</b>	197.14	AB	112.9
<b>D3: 80,000</b>	174.55	B	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el coeficiente de transpiración

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	204.0	A	108.8
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	203.2	A	108.3
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	196.7	A	104.9
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	187.7	A	100.1
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	187.6	A	100.0

### **4.3 FENOLOGÍA DEL CULTIVO DE MAÍZ MORADO, USO DE AGUA Y COEFICIENTE DE CULTIVO**

A continuación, en el cuadro 9, se presenta el requerimiento de riego ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) para el cultivo de maíz morado. Asimismo, se reporta valores en la evapotranspiración del cultivo ( $\text{ETc-mm}$ ) y en el coeficiente de cultivo ( $\text{Kc}$ ) por estado fenológico.

El uso-consumo de agua por el cultivo de maíz morado, en riego por goteo con una eficiencia de riego de 90.0%, durante 151 días de ciclo vegetativo, contabilizado a partir del pre siembra fue de  $2,965.42 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Asimismo, la  $\text{ETc}$  media fue de  $1.74 \text{ mm/día}$  y el  $\text{Kc}$  medio de  $0.87$ .

A los 29 DDE (días después de la emergencia), fase del crecimiento lento del cultivo con 5 hojas verdaderas, el consumo de agua por unidad de área fue de  $432.08 \text{ m}^3/\text{ha}$  (14.5% del total aplicado). En este estadio el consumo medio fue de  $10.13 \text{ m}^3/\text{ha/día}$ . Asimismo, en este estadio la  $\text{ETc}$  fue de  $1.04 \text{ mm/día}$  y el  $\text{Kc}$  estimado de  $0.71$ .

A los 40 DDE, durante el crecimiento vegetativo acelerado, el cultivo presento 9 hojas verdaderas y el requerimiento de riego acumulado fue de  $572.83 \text{ m}^3/\text{ha}$  (19.31 % del total aplicado). En este estadio el consumo medio fue  $12.79 \text{ m}^3/\text{ha/día}$ . Asimismo, la  $\text{ETc}$  media fue de  $1.15 \text{ mm/día}$  y el  $\text{Kc}$  de  $0.79$ .

A los 55 DDE, se inicia la floración masculina, el requerimiento de riego acumulado fue de  $769.86 \text{ m}^3/\text{ha}$  (25.96% del total aplicado), En este estadio el consumo de agua presento una media de  $13.13 \text{ m}^3/\text{ha/día}$ . Asimismo, la  $\text{ETc}$  media fue  $1.18 \text{ mm/día}$  y el  $\text{Kc}$  de  $0.81$ .

A los 64 DDE, se inicia la floración femenina, con un requerimiento de riego acumulado de  $944.68 \text{ m}^3/\text{ha}$  (31.85% del total aplicado), En este estadio el consumo de agua presentó una media de  $19.42 \text{ m}^3/\text{ha/día}$ . Asimismo, la  $\text{ETc}$  media fue  $1.75 \text{ mm/día}$  y el  $\text{Kc}$   $0.9$ .

A los 78 DDE, en plena polinización el requerimiento de riego acumulado fue de  $1279.49 \text{ m}^3/\text{ha}$  (43.14 % del total aplicado), En este estadio el consumo de agua presento una media de  $23.91 \text{ m}^3/\text{ha/día}$ . Asimismo, la  $\text{ETc}$  media fue  $2.15 \text{ mm/día}$  y el  $\text{Kc}$  fue  $1.11$ .

A los 89 DDE, estadio del grano lechoso, el requerimiento de riego acumulado fue de 1613.32 m<sup>3</sup>/ha (54.4 % del total aplicado), En este estadio el consumo de agua presento una media de 30.34 m<sup>3</sup>/ha/día. Asimismo, la ETc media fue 2.5 mm/día y el Kc fue máximo con un valor de 1.29.

A los 105 DDE, estadio del grano pastoso, con un requerimiento de riego acumulado de 2099.25 m<sup>3</sup>/ha (70.79 % del total aplicado), En este estadio, el consumo de agua presentó una media de 30.37 m<sup>3</sup>/ha/día. Asimismo, la ETc media fue 2.73 mm/día y el Kc alcanza 1.12.

A los 129 DDE, estadio formación de grano duro, con un requerimiento de riego acumulado de 2965.42 m<sup>3</sup>/ha (100 % del total aplicado durante el ciclo del cultivo), en este estadio el consumo de agua presento una media de 36.09 m<sup>3</sup>/ha/día. Asimismo, la ETc media fue 3.25 mm/día y el Kc disminuye a 0.89.

Terminada esta etapa de maduración de grano, se cerró el sistema de riego para la cosecha de mazorcas con un nivel adecuado de humedad. A los 151 DDE se realizó la cosecha, con total aplicado de 2965.42 m<sup>3</sup>/ha (100% aplicado).

Al respecto **Solano (1999)**, en una siembra de verano, sobre el efecto de fertirrigación NPK en tres variedades de maíz morado, gasto un total de agua de riego de 3,765 m<sup>3</sup>/Ha, siendo el periodo vegetativo promedio 108 días. **Espinoza (2003)**, estudiando el efecto de la fertilización nitrogenada y densidad de siembra en maíz mirado PMV-581, obtuvo un gasto de 3025.4 m<sup>3</sup>/ha. **Mayanga (2011)**, probando el efecto de la densidad de siembra y fertilización nitrogenada en maíz morado PMV 581 obtuvo un gasto de 4,420.9 m<sup>3</sup>/ha, siendo el periodo vegetativo de 150 días. **Alvarado (2015)**, probando niveles nutricionales en tres regímenes de riego por goteo en maíz morado PMV-581 obtuvo gastos totales de: 4,121 m<sup>3</sup>/ha, 3,530 m<sup>3</sup>/ha y 2,941 m<sup>3</sup>/ha, siendo el periodo vegetativo de 157 días. **Rodríguez (2008)**, comparó la aplicación de ácidos húmicos con densidades de siembra en riego por goteo y gastó 4,114.1 m<sup>3</sup>/ha. Finalmente, **Oré (2015)**, para un ciclo vegetativo de 145 día en el cultivo de maíz morado PMV 581, el requerimiento de agua en riego por goteo fue de 3,976.5 m<sup>3</sup>/ha siendo la evapotranspiración de cultivo (ETc) de 2.87 mm/día y el coeficiente del cultivo (Kc) promedio estimado de 0.91.

**Tabla 10. Fenología del cultivo de maíz morado y requerimiento de riego.**

ESTADOS FENOLOGICOS	FECHA	CICLO VEGETATIVO DIAS		Eo mm/día	Kc	ETc mm/ día	Aplicado m3/ área experimental	REQUERIMIENTO DE RIEGO	
		PARCIAL	ACUMULADO					RR neto (mm)	RR total (m3/Ha)
<b>Pre siembra</b>	25/06/2015	-8					1,42	6,32	70,35
<b>Siembra</b>	26/06/2015	-7							
<b>Emergencia</b>	03/07/2015	0	0	1,61	0,42	0,67	1,06	4,69	52,11
<b>Crecimiento vegetativo lento</b>	15/07/2015	12	12	1,61	0,64	1,03	2,78	12,36	137,28
	01/08/2015	17	29	1,46	0,71	1,04	3,49	15,51	172,35
<b>Crecimiento vegetativo rápido</b>	12/08/2015	11	40	1,46	0,79	1,15	2,85	12,67	140,74
<b>Inicio de floración masculina</b>	27/08/2015	15	55	1,46	0,81	1,18	3,99	17,73	197,04
<b>Inicio de floración femenina</b>	05/09/2015	9	64	1,94	0,90	1,75	3,54	15,73	174,81
<b>100% de polinización</b>	19/09/2015	14	78	1,94	1,11	2,15	6,78	30,13	334,81
<b>Grano lechoso</b>	30/09/2015	11	89	1,94	1,29	2,50	6,76	30,04	333,83
<b>Grano pastoso</b>	16/10/2015	16	105	2,44	1,12	2,73	9,84	43,73	485,93
<b>Grano maduro</b>	10/11/2015	24	129	3,65	0,89	3,25	17,54	77,96	866,17
<b>Cosecha</b>	02/12/2015	22	151						
<b>MEDIDAS TOTALES</b>				<b>1,95</b>	<b>0,87</b>	<b>1,75</b>	<b>60,05</b>	<b>266,88</b>	<b>2965,42</b>

$ETc = Kc \times Eo$      $\text{Área experimental} = 180.0 \text{ m}^2$      $\text{Eficiencia de riego} = 90\%$

#### 4.4 VARIABLES DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ MORADO.

El Cuadro 10, presenta los resultados obtenidos en las variables de crecimiento de tres densidades de siembra y cuatro momentos de aplicación de fósforo en el cultivo de maíz morado; altura de planta, área foliar, número de hojas y diámetro de tallo. Para las variables evaluadas; altura de la planta, número de hojas y diámetro de tallo el análisis de variancia no muestra diferencias significativas para los factores en estudio. Sin embargo, en la variable área foliar hay diferencia significativa para la interacción densidades de siembra x momentos de aplicación.

##### 4.4.1 Altura de planta (cm)

Para esta variable (Figura 5), la prueba de comparación de medias de Duncan indica diferencias no significativas para los diferentes momentos de aplicación de fósforo, M0: Testigo no fertilizado con fósforo presenta una altura de planta de 200.11 cm, para M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE) una altura de planta ligeramente menor de 196.21 cm, M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE), presenta el mayor valor con 201.38 cm., M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE), 184.71 y M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) presenta el menor valor con 181.64.

La densidad de siembra, D1=60,000 pl/ha, se caracteriza por presentar una altura de planta de 195.5 cm, D2=70,000 pl/ha es ligeramente mayor con 197.7 cm y estadísticamente significativo con D3= 80,000 pl/ha que presenta un menor valor de 185.16 cm. Siendo la diferencia porcentual de 6.8%.

Al respecto, **Espinoza (2003)**, encontró significancia estadística para la variable altura de planta, presentándose el mayor valor (2.25m) a nivel de 160 kg/ha de nitrógeno que presenta un incremento de 10.8% respecto al tratamiento T0 (0 kg/ha de nitrógeno) y para el área foliar presenta medias estadísticamente similares respecto a niveles de nitrógeno, pero encontró diferencias estadísticas para la variable densidad de siembra obteniendo el mayor valor (5,827.7 cm<sup>2</sup>/planta) a una densidad D0(40,000 pl/ha) que representa un

incremento del 8.5% de la densidad D3 (85,000 pl/ha). **Cabrera (2015)**, probando láminas de riego y variedades de maíz morado, encontró que la variable altura de planta muestra diferencias significativas, siendo el mayor valor para la lámina L2: 340 mm con un valor de 2.67 m y el menor valor caracteriza a L3: 260 mm con 2.29 m. En cambio, **Rodríguez (2008)**, probando densidades de siembra y fertilización NPK con y sin ácidos húmicos en maíz morado PMV-581, encontró que las variables altura de planta, número de hojas, número de hojas encima de la mazorca principal y altura, no muestran diferencias estadísticas., igualmente, **Solano (1999)**, en una siembra de verano sobre el efecto de fertirrigación NPK en tres variedades de maíz morado, no encontró diferencias estadísticas para la altura de planta. En cambio, encontró diferencias altamente significativas para el área foliar.

#### 4.4.2 Área foliar (cm<sup>2</sup>/planta)

Para esta variable (Figura 6), la prueba de comparación de medias de Duncan indica que para densidades de siembra medias son similares estadísticamente. La densidad D2: 70,000 pl/ha presenta un valor de 7,554 cm<sup>2</sup>/planta, siendo la diferencia porcentual de 11.9% respecto a D3: 80,000 pl/ha que presenta menor área foliar con 6,754 cm<sup>2</sup>/planta.

Sin embargo, los momentos de aplicación de fósforo se muestran diferencias estadísticas, M0: Testigo no fertilizado con fósforo presenta el mayor valor con 8,118 cm<sup>2</sup>/planta representando 27.9% de incremento respecto al menor valor, es estadísticamente similar a M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE); a su vez M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE), M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) y para M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE) son estadísticamente similares. Sin embargo hay diferencia estadística entre M0, M3, M4 y M1 que presenta el menor valor de 6,346 cm<sup>2</sup>/planta.

**Poma (2007)**, evaluó el efecto de la fertilización química orgánica con y sin aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el rendimiento de maíz morado cv. PMV 581 y en su análisis de variancia para las variables altura de planta, área foliar y diámetro de tallo, no encontró significación para las variables en estudio. **Cabrera (2015)**, probando láminas de riego y variedades de maíz morado, encontró que la variable área foliar no muestra diferencias significativas, siendo el mayor valor para la lámina L2: 340 mm con

un valor de 4,628 cm<sup>2</sup>/planta y el menor valor caracteriza a L3: 260 mm con 4,289 cm<sup>2</sup>/planta. Sin embargo, **Rodríguez (2008)**, encontró diferencias significativas a nivel NPK+AH con un 20.7% de incremento respecto al testigo no fertilizado.

#### 4.4.3 Número de hojas

Para esta variable (Figura7), la prueba de comparación de medias de Duncan indica que para densidades de siembra las medias son similares estadísticamente. La densidad D2: 70,000 pl/ha presenta un valor de 11.5, siendo la diferencia porcentual de 5.5% respecto a D3: 80,000 pl/ha que presenta el menor valor con 10.9 hojas.

Sin embargo, respecto a los momentos de aplicación de fósforo muestran diferencias estadísticas, M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) presenta el mayor valor con 11.92 representando 10.9% de incremento respecto al menor valor, es estadísticamente similar a M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE), a su vez este es similar estadísticamente a M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) y M0: Testigo no fertilizado con fósforo. Sin embargo M4 es estadísticamente diferente a M1, M2 y M0.

Al respecto, **Andrade (2006)**, menciona que el análisis de variancia para la variable número de hojas/planta indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos y el promedio de número de hojas es de 10.6, también menciona que el mayor número de hojas fue de 11.1 hojas y el menor número de hojas fue de 10.2 hojas. **Rodríguez (2008)**, 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. Finalmente **Alvarado (2015)**, probando niveles nutricionales NPK-Ácidos húmicos en tres regímenes de riego por goteo en maíz morado PMV-581, encontró que para la variable número de hojas no se encuentra diferencias significativas, siendo el mayor valor (11,2) hojas característico de NPK + Ácidos húmicos.

#### 4.4.4 Diámetro de tallo (cm)

Para esta variable (Figura 8), la prueba de comparación de medias de Duncan indica que para densidades de siembra las medias son similares estadísticamente. La densidad D1: 60,000 pl/ha presenta un valor de 1.41cm, siendo la diferencia porcentual de 5.2% respecto a D2: 70,000 pl/ha que presenta el menor valor con 1.34cm.

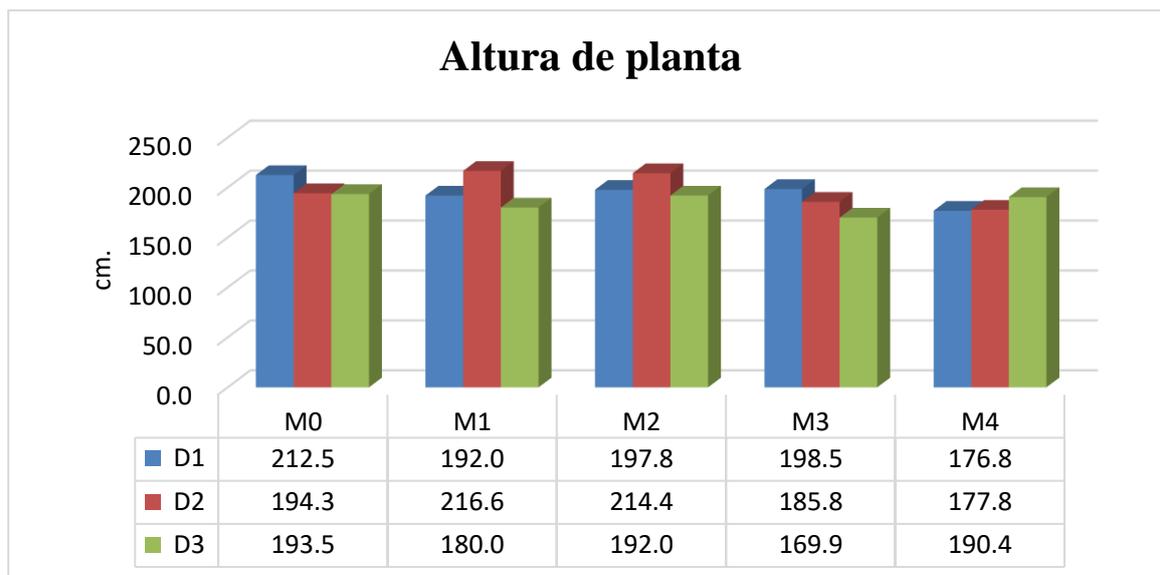
El comparativo entre los momentos de aplicación de fósforo, indica que, M0: Testigo no fertilizado con fósforo presenta el mayor valor con 1.45 cm, M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) con 1.42 cm, M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) un valor de 1.39 cm y M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE) con 1.35 cm. son similares estadísticamente. Sin embargo, las medias del momento M0 y el momento M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), con 1.25 cm, difieren estadísticamente con una diferencia porcentual de 16.0%.

Al respecto, **Andrade (2006)**, en su análisis de varianza nos indica que para la característica biométrica diámetro de tallo no existe diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, por lo tanto todos los tratamientos incluyendo el testigo tuvieron un comportamiento similar, el promedio de diámetro de tallo que obtuvo fue de 1.8 cm. **Cruzado (2008)**, evaluó el efecto de la fertilización fosfo-potasica sobre el diámetro de tallo del maíz morado variedad PMV- 581 y manifiesta que en análisis de varianza no existen diferencias significativas entre los tratamientos el cual se corrobora con la prueba de Duncan. El promedio de diámetro de tallo que obtuvo fue de 1.43 cm.

**Tabla 11. Variables de crecimiento del maíz morado PMV 581 por densidad de siembra y momento de aplicación de fósforo.**

Factor	Altura de planta (cm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> /planta)	Número de hojas	Diámetro de tallo (cm)	
<b>Densidades (pl/ha)</b>					
D1:60,000	195.5	7,144	11.2	1.41	
D2:70,000	197.7	7,554	11.5	1.34	
D3:80,000	185.1	6,754	10.9	1.37	
<b>Momentos de aplicación de fósforo (100%)</b>					
M0: Testigo	200.1	8,118	10.7	1.45	
M1: a (7 DDE)	196.2	6,346	11.0	1.25	
M2: a (45 DDE)	201.3	7,550	10.9	1.39	
M3: a (65 DDE)	184.7	7,034	11.5	1.35	
M4: a (109 DDE)	181.6	6,707	11.9	1.42	
<b>PROMEDIO GENERAL</b>	<b>192.7</b>	<b>7.150</b>	<b>11.2</b>	<b>1.37</b>	
<b>Análisis de variancia</b>					
F.V.	GL	Significación			
<b>Densidades de siembra (DD)</b>	2	NS	NS	NS	NS
<b>Momentos de aplicación de fósforo (MM)</b>	4	NS	**	NS	NS
<b>Interacción DD x MM</b>	8	NS	**	NS	NS
<b>CV%</b>		12.4	15.0	9.2	15.4

**DDE: días después de emergencia.**



**Figura 5. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en la altura de planta de maíz morado PMV 581.**

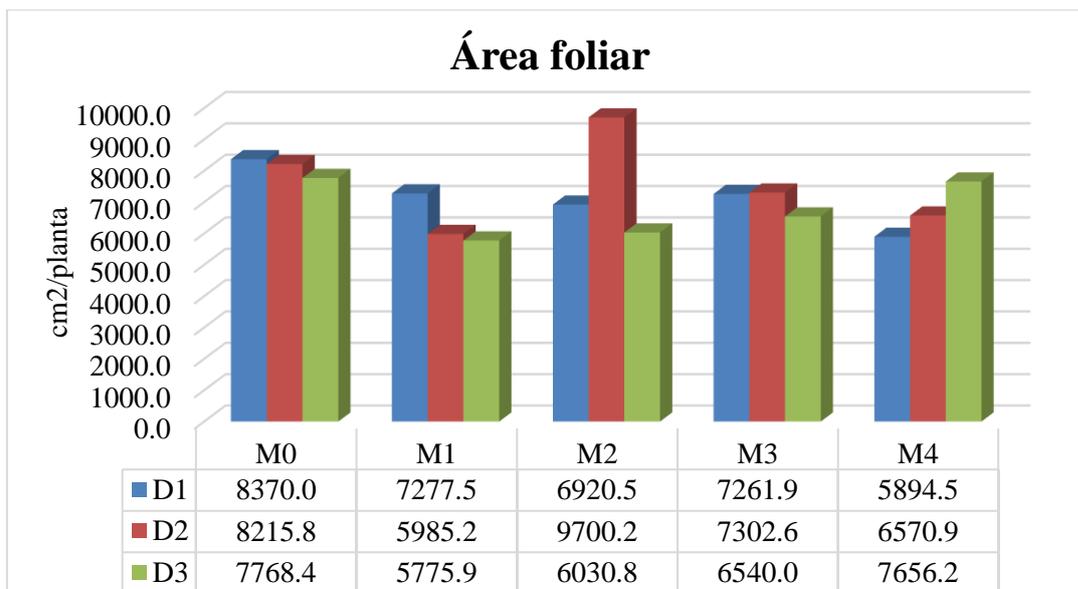
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre la altura de planta.

Densidades (pl./ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D2: 70,000</b>	197.77	A	106.8
<b>D1: 60,000</b>	195.50	A B	105.6
<b>D3: 80,000</b>	185.16	B	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre la altura de planta.

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	201.38	A	110.9
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	200.11	A	110.2
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	196.21	A	108.0
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	184.71	A	101.7
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	181.64	A	100.0



**Figura 6. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en el área foliar de maíz morado PMV 581.**

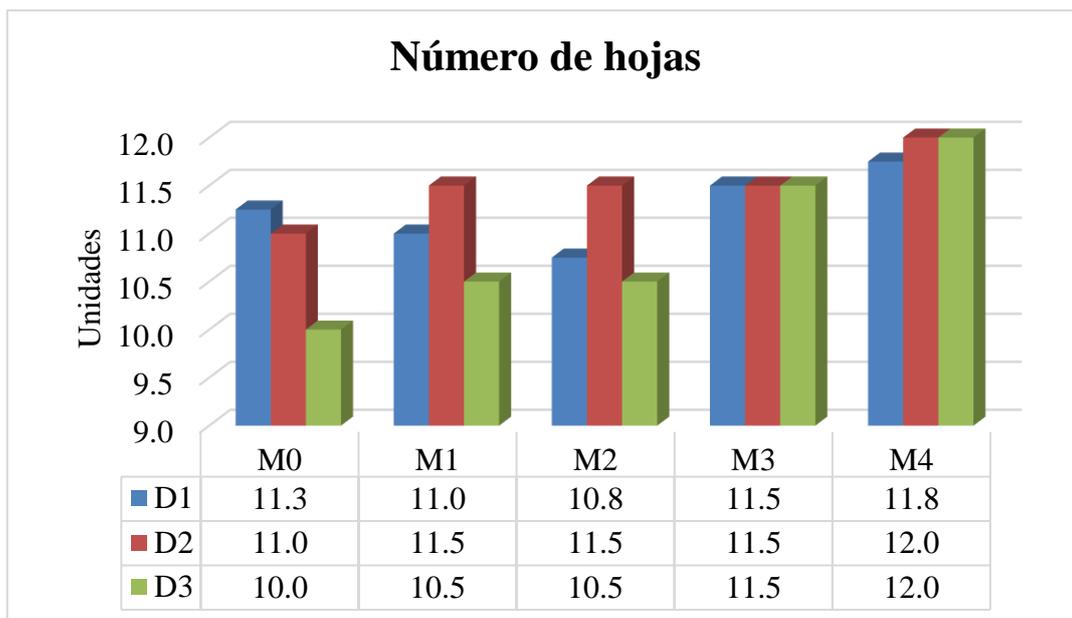
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre el área foliar

Densidades (pl./ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D2: 70,000</b>	7,554.9	A	111.9
<b>D1: 60,000</b>	7,144.9	A	105.8
<b>D3: 80,000</b>	6,754.2	A	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el área foliar.

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	8,118.0	A	127.9
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	7,550.5	AB	119.0
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	7,034.8	BC	110.9
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	6,707.2	BC	105.7
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	6,346.2	C	100.0



**Figura 7. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en el número de hojas de maíz morado PMV 581.**

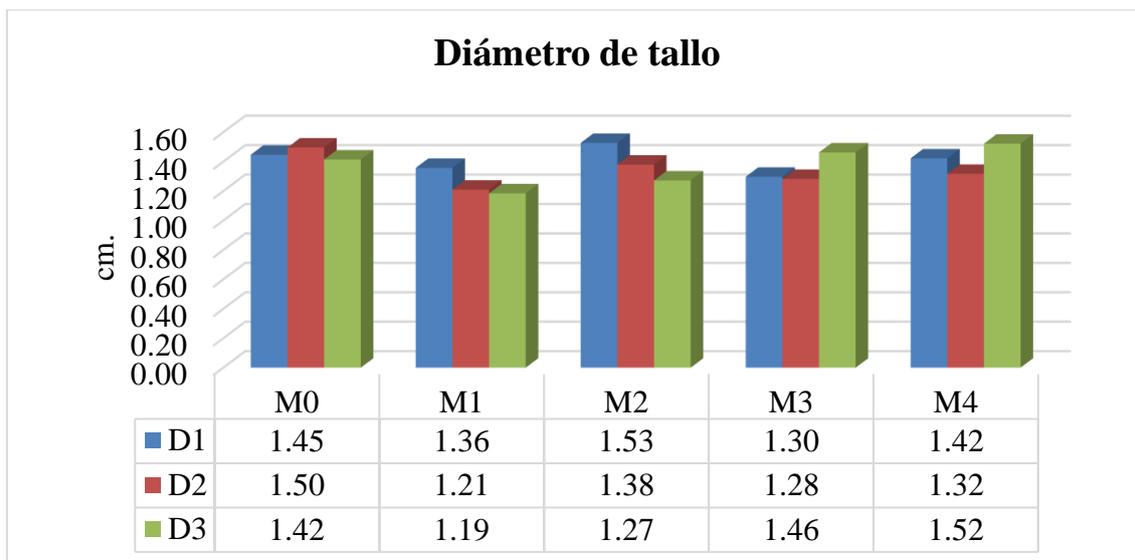
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre el número de hojas.

Densidades (pl./ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D2: 70,000</b>	11.50	A	105.5
<b>D1: 60,000</b>	11.25	A	103.2
<b>D3: 80,000</b>	10.90	A	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el número de hojas

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	11.92	A	110.9
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	11.50	AB	107.0
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	11.00	B	102.3
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	10.92	B	101.6
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	10.75	B	100.0



**Figura 8. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en el diámetro de tallo de maíz morado PMV 581.**

**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre el diámetro de tallo

Densidades (pl./ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D1: 60,000</b>	1.41	A	105.2
<b>D3: 80,000</b>	1.37	A	102.2
<b>D2: 70,000</b>	1.34	A	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el diámetro de tallo

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	1.45	A	116.0
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	1.42	AB	113.6
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	1.39	AB	111.2
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE )	1.35	AB	108.0
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	1.25	B	100.0

## 4.5 MATERIA SECA TOTAL Y SUS COMPONENTES

En el Cuadro 11, se presenta los resultados de la aplicación de tres densidades de siembra y cuatro momentos de aplicación de fósforo en el cultivo de maíz morado sobre la materia seca total y de sus componentes; materia seca de hojas, materia seca de tallos, materia seca de mazorca, materia seca de panoja y materia seca de panca. El análisis de variancia no muestra diferencias significativas para los factores en estudio. Igualmente, los efectos de interacción no son significativos.

Al respecto **Rodríguez (2008)**, encontró diferencias altamente significativas para la materia seca e hojas, tallo, panoja, y la materia seca total, mientras que por efecto de la densidad e siembra no encontró diferencias estadísticas para ninguna de las variables evaluadas en maíz morado cv PMV 581. En cambio, **Espinoza (2003)**, probando el efecto de la fertilización nitrogenada, encontró en maíz morado PMV 581 que la materia seca total y sus componentes; hojas, tallos, panca y panoja presentan medias estadísticamente similares, sin embargo el nivel de 240 kg/ha de nitrógeno supera el 25% al testigo no fertilizado, y respecto a la densidad de siembra encuentra alta significación estadística para la variable materia seca de panca, teniendo el mayor valor (28.7 g) a una densidad D0 (40,000 plantas/ha), que representa un incremento de 31.2% respecto al menor valor (21.9 g) que presenta de D3 (85,000 plantas/ha). **Aguirre (2016)**, por efecto de la aplicación de humatos de potasio, no encontró diferencias estadísticas en ninguna de las variables materia seca de mazorca, panca y materia seca total en maíz morado cv Pro semillas.

### 4.5.1 Materia Seca total (g/planta)

En esta variable (Figura 9), la prueba de comparación de Duncan para las tres densidades de siembra indica que las medias son estadísticamente similares, el mayor valor (214.88 g/planta) caracteriza a D1: 60,000pl/ha, siendo la diferencia porcentual del 10.0% con respecto al menor valor 195.37 g/planta de D3:80,000pl/ha. Para los momentos de aplicación de fósforo Duncan nos indica que M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE), 211.9 g/planta es de mayor valor y no muestra diferencias significativas con M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del

grano pastoso (109 DDE), M0: Testigo no fertilizado con fósforo y M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE) ,sin embargo, si difiere estadísticamente con M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), de menor valor 187.3 g/planta .

Al respecto, **Rodríguez (2008)**, 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. **Alvarado (2015)**, para el cv PMV-581 encontró diferencias estadísticas al comparar 3 láminas de riego, donde la mayor lámina aplicada (L1) mostró 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.

**Mejía (2017)**, probando niveles nutricionales y variedades de maíz morado encontró que la variable materia seca presenta diferencias significativas en los niveles nutricionales y en las variedades de maíz morado con un valor medio 255,9 g y un valor de 279,6 para la variedad PMV 581. **Cabrera (2015)**, probando láminas de riego y variedades de maíz morado encontró diferencias significativas para las variables en estudio representando el mayor valor L2: 340 mm con 175.19 g y el menor valor L3: 260 mm con 152.4 mm Finalmente **Rubiños (2017)** estudiando la respuesta niveles de fertilización fosforada en maíz morado PMV 581 encontró que el mayor valor se presenta a nivel de 180 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> con 209.8 g/planta, similar estadísticamente a 120 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> con 204.5 g/planta y 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> con 203.0 g/planta, mientras que para momentos de aplicación de fósforo observó medias estadísticamente diferentes , donde M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento(7DDE) presentó un 15.2% de incremento respecto a M0: Testigo no fertilizado con fósforo.

#### **4.5.2 Materia seca de hojas (g/planta)**

En esta variable (Figura 10), la prueba de comparación de Duncan para tres densidades de siembra indica que las medias son estadísticamente similares, el mayor valor (42.1 g/planta) caracteriza a D2: 70,000 pl/ha, siendo la diferencia porcentual del 15.4% con respecto al menor valor 36.5 g/planta de D3:80,000 pl/ha. Para los momentos de

aplicación de fósforo Duncan nos indica que M0: Testigo no fertilizado con fósforo, 42.7 g/planta, M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) con un valor de 40.9 g/planta, M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE), 39.1 g/planta y M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE), 38.3g/planta son similares estadísticamente, sin embargo, difieren estadísticamente de M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), con un valor de 31.1 g/planta. Al respecto **Rodríguez (2008)**, para los efectos de la densidad de siembra encontró diferencias significativas siendo D1: 55,555 plantas/ha la que mostró un 39.9% de incremento respecto al testigo. **Espinoza (2003)**, respecto a la materia seca de hojas según Duncan no se encontraron diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos, T3 (240 kg/ha de nitrógeno), T2 (160 kg/ha de nitrógeno) y T1 (80 kg/ha de nitrógeno); sin embargo se presentaron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos T2(160 kg/ha de nitrógeno) respecto al tratamiento T1(80 kg/ha de nitrógeno). **Aguirre (2016)** respecto a la respuesta de la fertilización nitrogenada encontró que las medias de 180, 120 y 60 kg/ha de N son estadísticamente similares, el mayor (20.7 g/planta) caracteriza al nivel de 120 kg/ha) con 7.0% de incremento respecto al testigo no fertilizado (N0). **Mayanga (2011)**, la prueba de Duncan para niveles de nitrógeno indica que las medias son estadísticamente diferentes. El mayor valor (75.0 g/planta) caracteriza al tratamiento fertilizado con nitrógeno N2 (120 kg/ha de nitrógeno), que presenta un incremento de 18.3% respecto del testigo no fertilizado con nitrógeno, que presenta el menor valor y que es similar a N3 (240 kg/ha de N). Respecto al efecto de la densidad de siembra, Duncan indica que las medias entre las densidades D1, D2 y D3 son estadísticamente similares, pero difieren estadísticamente de D4 (85,555 plantas/ha) que presenta el menor valor. El mayor valor (74.4 g/planta) caracteriza la densidad D1 (55,555 plantas/ha) con 27.9% de incremento respecto a la densidad D4 (85,555 plantas/ha). Finalmente, **Alvarado (2015)**, 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 mostró un 48.2% de incremento respecto a ácidos húmicos (AH).

#### 4.5.3 Materia Seca de Tallo (g/planta)

En esta variable (Figura 11), la prueba de comparación de Duncan para las tres densidades de siembra indica que D1:60,000 pl/ha presenta un valor de 42.7 g/planta, D2: 70,000 pl/ha, 36.9 g/planta, son estadísticamente similares. Sin embargo, D1 difiere estadísticamente de D3:80,000 pl/ha que presenta el menor valor con 33.4g/planta.

Para momentos de aplicación de fósforo Duncan nos indica que , M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE), 42.4 g/planta, M0: Testigo no fertilizado con fósforo, 42.5 g/planta, M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) con un valor de 38.0 g/planta y M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE), 37.5g/planta son similares estadísticamente, sin embargo, difieren estadísticamente de M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), con un valor de 29.51 g/planta .

Al respecto **Rodríguez (2008)**, para los efectos de densidad de siembra no encontró diferencias estadísticas, mientras que por efecto nutricional NPK+AH mostró un 70.7% de incremento respecto al testigo. **Espinoza (2003)** reporta sus resultados de materia seca de tallos indicando que no se presentaron diferencias estadísticas entre las medias de 240 kg/ha de nitrógeno, 80 kg/ha de nitrógeno, 160 kg/ha de nitrógeno y el testigo no fertilizado con nitrógeno. **Retuerto (2014)**, encontró para diferentes niveles de fertilización NPK, que las medias son similares estadísticamente y que el mayor valor con 60.9 g/planta se presenta a de nivel 120-80-120 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> –K<sub>2</sub>O, con un incremento del 20.4% respecto al menor valor que caracteriza al nivel 60-40-60kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O. **Cabrera (2015)**, no encontró diferencias estadísticas para láminas de riego pero si diferencias altamente significativas para las variedades de maíz morado, obtuvo un valor promedio de 78.2 g en la materia seca de tallos. Finalmente, **Alvarado (2015)** para el cv PMV-581 no encontró diferencias estadísticas en láminas de riego y niveles nutricionales en estudio.

#### 4.5.4 Materia Seca de Mazorca (g/planta)

En la variable materia seca de mazorca (Figura 12), la prueba de comparación de Duncan para densidades de siembra indica que las medias son estadísticamente similares, presentándose el mayor valor con 101.7 g a densidad de D1: 60,000pl/ha, con un incremento de 5.4 % respecto a D2: 70,000pl/ha.

Para momentos de aplicación de fósforo Duncan nos indica que , M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) con un valor de 100.2 g/planta , M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE), 99.6 g/planta, M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), con un valor de 98.3 g/planta y M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE), 97.8g/planta son similares estadísticamente, sin embargo, M4 difiere estadísticamente de M0: Testigo no fertilizado con fósforo, que presenta el menor valor con 95.9 g/planta y con una diferencia porcentual de 4.5%.

Al respecto, **Rodríguez (2008)**, para los efectos de densidad de siembra no encontró diferencias estadísticas, mientras que por efecto de nivel nutricional las medias fueron estadísticamente diferentes, mostrando el nivel NPK+AH un incremento de 14.3% respecto del testigo. **Alvarado (2015)**, para el cv PMV-581 no encontró diferencias estadísticas por láminas de riego, pero si para niveles nutricionales donde NPK muestra un incremento de 17.5% respecto al testigo no fertilizado. **Ore (2015)**, indica para la prueba de comparación de Duncan por efecto de la aplicación de niveles de potasio y niveles nutricionales que 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 presento un 23.8% de incremento respecto al testigo, donde se presentó el menor valor. **Aguirre (2016)**, para diferentes niveles de fertilización nitrogenada en estudio, encontró que mayor valor se presenta a nivel de 120 kg/ha de N con 102.6 g/planta, estadísticamente diferente al testigo no fertilizado, a 60 kg/ha de N y a 180 kg/hade N, que presentan valores de 90.1 g/planta, 98.03 g/planta y 91.9 g/planta respectivamente. **Cabrera (2015)** no encontró diferencias estadísticas en las mismas variedades estudiadas, sin embargo el mayor valor se presentó en la variedad PMV-581

con un valor de 114.5 g/planta, representando un 7.8% de incremento respecto al menor valor que se presentó en la variedad NEGRO CANAAN con un valor de 106.2g/planta. Finalmente, **Mejía (2017)**, probando niveles nutricionales y variedades de maíz morado, no encontró diferencias estadísticas para los niveles nutricionales pero si para las variedades, presentando el mayor valor la variedad PMV 581 con 150,5 g.

#### **4.5.5 Materia Seca de Panoja (g/planta)**

En la variable materia seca de mazorca (Tabla 13 ), la prueba de comparación de Duncan para las densidades de siembra indica que las medias son estadísticamente similares, presentándose el mayor valor con 7.7g a densidad de D3: 80,000 pl/ha, con un incremento del 3.6 % respecto a D1: 60,000 pl/ha. Para los momentos de aplicación de fósforo, Duncan indica que no existe diferencia estadística, el mayor valor 7.7 g/planta caracteriza a M0: Testigo no fertilizado con fósforo, representando 32.6 % de incremento respecto al menor valor M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE).

Al respecto, **Rodríguez (2008)**, para los efectos de densidad no encontró diferencias significativas, mientras que por efecto del nivel nutricional si se observa medias estadísticamente diferentes, donde NPK+AH muestra un 38.8% de incremento respecto al testigo. **Mejía (2017)**, probando niveles nutricionales y variedades de maíz morado encontró para la variable materia seca de panoja que no presenta diferencias significativas para esta variable con un valor medio de 5,4g y un valor de 5.2 g para la variedad PMV 581. **Ore (2015)**, observo por efecto de niveles de potasio y niveles nutricionales que las medias son estadísticamente similares. A nivel de potasio el mayor valor se presenta en K1: 80 kg/ha con 8.7g que representa el 24.5% de incremento respecto al testigo, mientras que para niveles nutricionales (NP + AH) con 8.5 g representa un 24.8% de incremento frente al testigo. **Cabrera (2016)**, probando láminas de riego y variedades de maíz moradono encontró diferencias significativas para la materia seca de panoja, sin embargo el mayor valor caracteriza a L1 de 420 mm, con un valor de 6.3 g/planta y el menor valor L3 de 260 mm. Finalmente **Alvarado (2015)**, para el cvPMV-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.

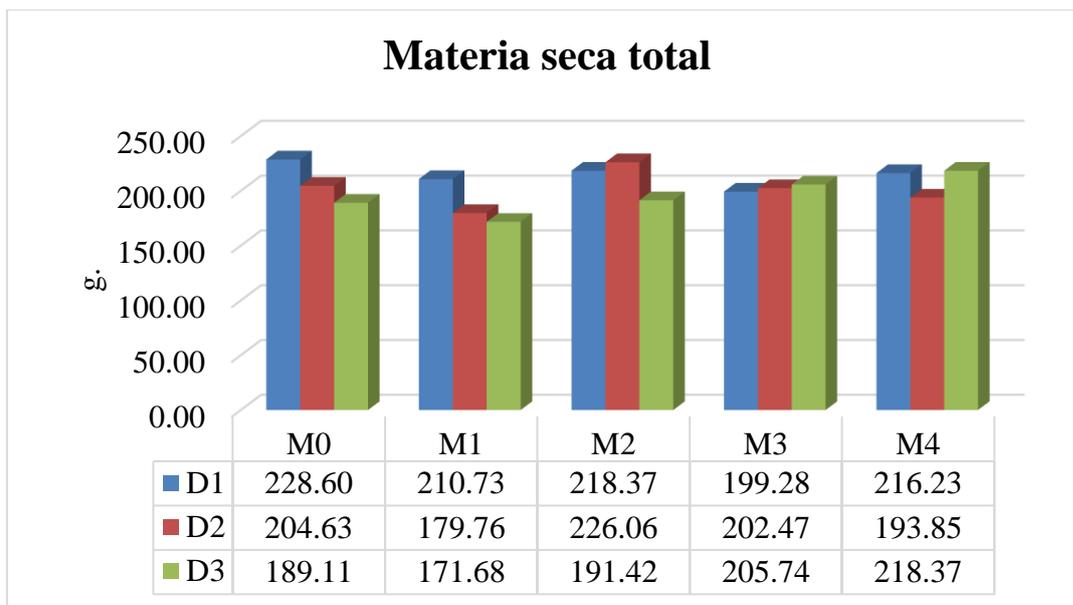
#### **4.5.6 Materia seca de panca**

En la variable materia seca de mazorca (Tabla 14 ), la prueba de comparación de Duncan para las densidades de siembra indica que las medias son estadísticamente similares, presentándose el mayor valor con 24.3g a densidad de D2: 70,000pl/ha, con un incremento del 9.8 % respecto a D3: 80,000 pl/ha. Para los momentos de aplicación de fósforo, Duncan indica que no existe diferencia estadística, el mayor valor 24.2 g/planta caracteriza y M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE), representando 10.6 % de incremento respecto al menor valor M0: Testigo no fertilizado con fósforo.

Al respecto **Rodríguez (2008)**, para los efectos de densidad de siembra y niveles nutricionales no encontró diferencias estadísticas. **Cabrera (2015)**, probando láminas de riego y variedades de maíz moradono encontró diferencias significativas para la materia seca de panca, sin embargo el mayor valor caracteriza a L1 de 420 mm, con un valor de 26.4 g/planta y el menor valor L3 de 260 mm con un valor de 23.4. Igualmente, **Alvarado (2015)**, para el cv PMV -581 no encontró diferencias significativas para láminas de riego y niveles nutricionales. **Mejía (2017)**, probando niveles nutricionales y variedades de maíz morado encontró un valor medio de 28.6 g para la variable materia seca panca y no presenta diferencia significativa para las variables en estudio. Sin embargo, **Ore (2015)**, indica para la prueba de Duncan por efecto de la aplicación de potasio que las medias son estadísticamente diferentes, donde K1: 80 kg/ha K<sub>2</sub>O con 37.4 g/planta muestra un 44.8% de incremento respecto al testigo que representa el menor valor. En cambio Duncan para el nivel nutricional, indica que la medias (NP + AH), (NP) y el testigo no fertilizado son estadísticamente similares.

**Tabla 12. Distribución de materia seca del maíz morado PMV 581 por densidad de siembra y momento de aplicación de fósforo.**

Factor en estudio	Materia seca total (g/planta)	Materia seca de hojas (g/planta)	Materia seca de tallo (g/planta)	Materia seca de mazorca (g/planta)	Materia seca de panoja (g/planta)	Materia seca de panca (g/planta)
<b>Densidades de siembra (pl/ha)</b>						
D1: 60,000	214.8	36.7	42.7	101.7	6.39	22.70
D2: 70,000	200.2	42.1	36.9	96.5	6.55	24.39
D3: 80,000	195.3	36.5	33.1	96.9	6.62	22.22
<b>Momentos de aplicación de fósforo (100%)</b>						
M0: TESTIGO	206.1	42.7	40.5	95.9	7.73	21.93
M1: a 7DDE	187.3	31.1	29.5	98.3	5.86	23.61
M2: a 45 DDE	211.9	39.1	42.4	99.6	5.83	24.25
M3: a 65 DDE	202.5	38.3	37.5	97.8	6.50	23.15
M4: a 109 DDE	209.4	40.9	38.0	100.2	6.67	22.58
<b>Promedio General</b>	<b>203.43</b>	<b>38.42</b>	<b>37.57</b>	<b>98.36</b>	<b>6.51</b>	<b>23.10</b>
<b>ANÁLISIS DE VARIANCIA</b>						
<b>Fuentes de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>Significación</b>				
<b>Densidades de siembra (DD)</b>	2	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Momentos de aplicación de fósforo (MM)</b>	4	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Interacción (DDx MM)</b>	8	NS	NS	NS	NS	NS
<b>CV%</b>		10.4	28.3	29.3	4.7	36.9



**Figura 9. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en la materia seca total de maíz morado PMV 581.**

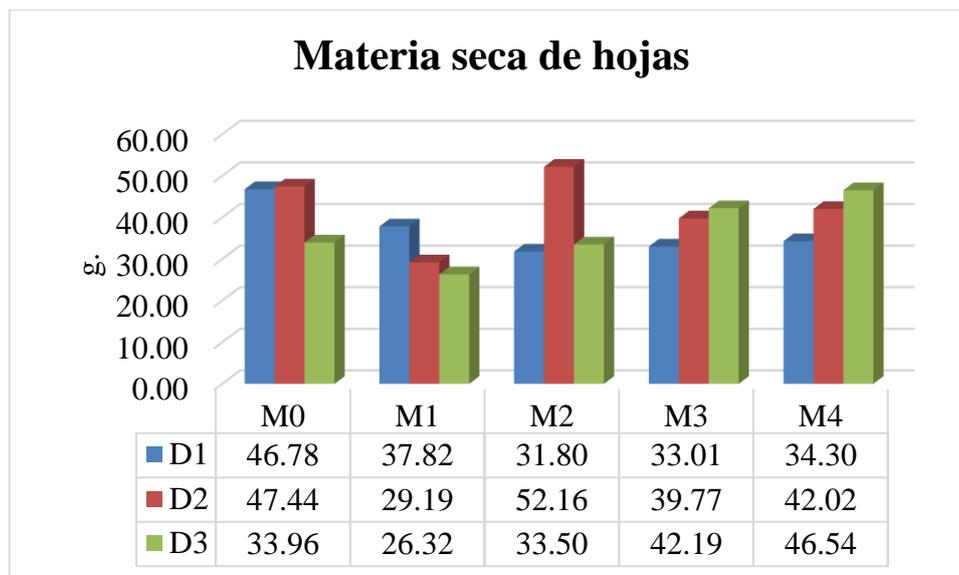
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre la materia seca total

Densidades (pl./ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D1: 60,000</b>	214.88	A	110.0
<b>D2: 70,000</b>	200.25	A	102.5
<b>D3: 80,000</b>	195.37	A	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre la materia seca total

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	211.97	A	113.1
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	209.49	A	111.8
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	206.14	A	110.0
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE )	202.5	AB	108.1
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	187.39	B	100.0



**Figura 10. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en la materia seca de hojas de maíz morado PMV 581.**

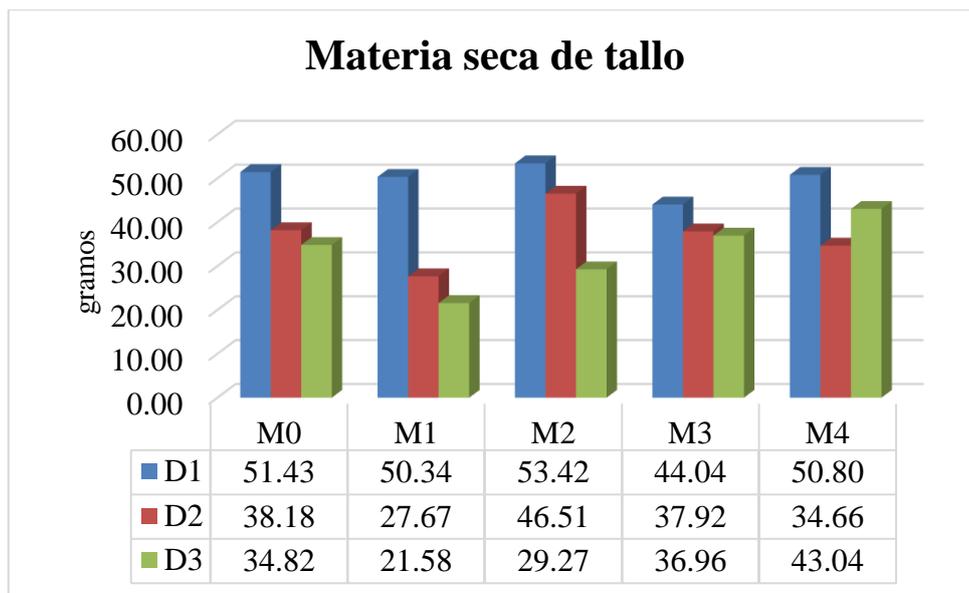
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre la materia seca de hojas

Densidades (pl./ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D2: 70,000</b>	42.11	A	115.4
<b>D1: 60,000</b>	36.74	A	100.7
<b>D3: 80,000</b>	36.50	A	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre la materia seca de hojas

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	42.73	A	137.4
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	40.94	A	131.6
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	39.14	AB	125.8
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE )	38.33	AB	123.2
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	31.11	B	100.0



**Figura 11. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en la materia seca de tallo de maíz morado PMV 581.**

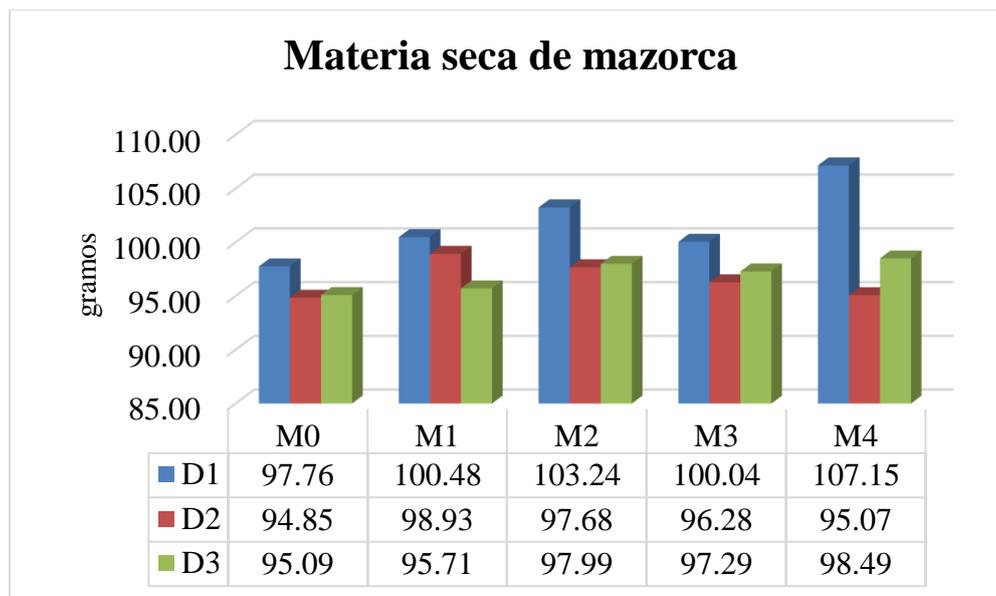
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre la materia seca de tallo

Densidades (pl./ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D1: 60,000</b>	42.75	A	129.0
<b>D2: 70,000</b>	36.99	AB	111.6
<b>D3: 80,000</b>	33.14	B	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre la materia seca de tallo

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	42.44	A	143.6
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	40.58	A	137.3
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	38.01	AB	128.6
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	37.53	AB	127.0
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	29.56	B	100.0



**Figura 12. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en la materia seca de mazorca de maíz morado PMV 581.**

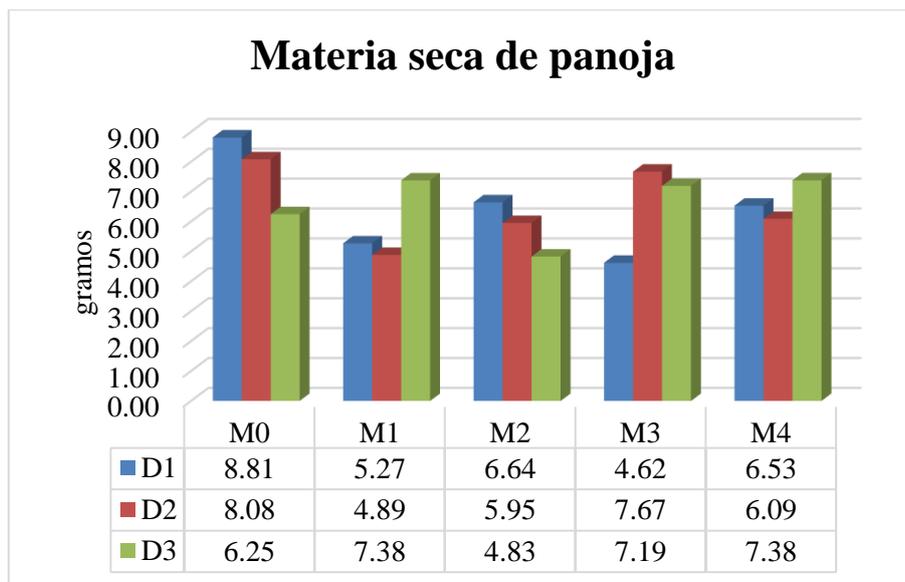
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre la materia seca de mazorca

Densidades (pl./ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D1: 60,000</b>	101.75	A	105.4
<b>D3: 80,000</b>	96.93	A	100.4
<b>D2: 70,000</b>	96.57	A	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre la materia seca de mazorca.

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	100.26	A	104.5
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	99.65	AB	103.9
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	98.38	AB	102.6
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE )	97.88	AB	102.1
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	95.9	B	100.0



**Figura 13. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en la materia seca de panoja de maíz morado PMV 581.**

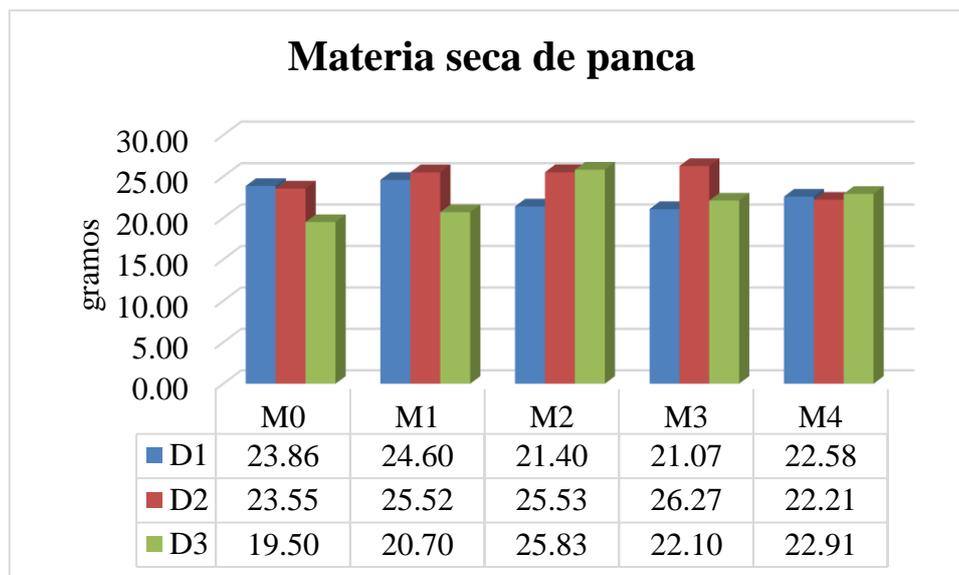
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre la materia seca de panoja

Densidades (pl./ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D3: 80,000</b>	6.62	A	103.6
<b>D2: 70,000</b>	6.55	A	102.5
<b>D1: 60,000</b>	6.39	A	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre la materia seca de panoja

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	7.73	A	132.6
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	6.67	A	114.4
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE )	6.50	A	111.5
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	5.86	A	100.5
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	5.83	A	100.0



**Figura 14. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en la materia seca de panca de maíz morado PMV 581.**

**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre la materia seca de panca.

Densidades (pl/ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D2: 70,000</b>	24.39	A	109.8
<b>D1: 60,000</b>	22.70	A	102.2
<b>D3: 80,000</b>	22.22	A	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre la materia seca de panca

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	24.25	A	110.6
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	23.61	A	107.7
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE )	23.15	A	105.6
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	22.58	A	103.0
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	21.93	A	100.0

#### **4.6 RENDIMIENTO DE MAZORCAS DE MAÍZ MORADO**

En el Tabla 12, presenta los resultados del rendimiento total y rendimiento comercial del cultivo de maíz morado, por efecto de aplicación de fósforo en diferentes momentos del ciclo fenológico bajo tres densidades de siembra.

Al respecto, en ambos rendimientos de maíz morado, el análisis de variancia indica que existen diferencias altamente significativas para densidades de siembra y momentos de aplicación de fósforo.

En el rendimiento total (Figura 15), la prueba de Duncan, indica que para densidades de siembra D3: 80,000 pl/ha presenta el mayor valor con 9,380 kg/ha, D2: 70,000 pl/ha, 7,935 kg/ ha y D1: 60,000 pl/ha presenta el menor valor con 7,392 kg/ha muestran diferencia estadística, siendo la diferencia porcentual de 26.9 %. Para los momentos de aplicación del fósforo M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) es estadísticamente diferente a los momentos M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE), y M0: Testigo no fertilizado con fósforo. De la misma manera M2 difiere estadísticamente con M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE), siendo el menor valor con 7,981 kg/ha de mazorcas y se presenta una diferencia porcentual de 7.5%.

Respecto al rendimiento comercial (Figura16), la prueba de Duncan, indica que para densidades de siembra D3: 80,000 pl/ha presenta el mayor valor con 8,985 kg/ha, D2: 70,000 pl/ha, 7,616 kg/ ha y D1: 60,000 pl/ha presenta el menor valor con 7,097 kg/ha muestran diferencia estadística, siendo la diferencia porcentual de 26.6 %. Para los momentos de aplicación del fósforo M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) es estadísticamente diferente a los momentos M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE), y M0: Testigo no fertilizado con fósforo. De la misma manera M2 difiere estadísticamente con

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE), 7,981 kg/ha de mazorcas y se presenta una diferencia porcentual de 7.4%.

Al respecto **Rodríguez (2008)**, para los efectos de densidad de siembra encontró alta diferencia estadística con D3: 75,555 plantas/ha obtuvo el mayor rendimiento con 8,910 kg/ha que representó un 14.8% del incremento respecto a las D1: 55,555 plantas/ha. Para efecto de los niveles nutricionales, observó que a nivel NPK+H obtuvo 8,766 kg/ha que representó un 11.3% de incremento respecto al testigo. **Espinoza (2003)**, el análisis de varianza efectuado para el rendimiento de mazorcas establece diferencias altamente significativas para los dos factores en estudio; niveles de fertilización nitrogenada y densidades. Respecto al efecto de la fertilización nitrogenada el rendimiento en mazorca se incrementa desde 9,569.6 kg/ha en T0 (0-80-120) hasta 12,126.3 kg/ha en T2 (160-80-120) y disminuye a 10,703.9 kg/ha en T3 (240-80-120), similar comportamiento evaluando el efecto de la densidad ya que el rendimiento aumenta desde 8,415 kg/ha a la densidad D1 (55000 plantas/ha) hasta 12,482.1 kg/ha con D3 (85000) y disminuye a 11,358.3 kg/ha en D2 (70000 plantas/ha). **Mayanga (2011)**, en maíz morado PMV 581, encontró respuesta significativa a la densidad de siembra, pero fue negativa a la fertilización nitrogenada. Los mayores rendimientos se presentaron a 85,000 plantas/ha (6,470 kg/ha) y a 120 kg/ha de nitrógeno (6,051 kg/ha). **Alvarado (2015)**, probando el efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el crecimiento y rendimiento de maíz morado, encontró que el mayor rendimiento comercial se presentaba a nivel de la lámina de riego L1: 4121 m<sup>3</sup>/ha con 7735.4 kg/ha de mazorcas con un incremento del 15.8% respecto a la lámina de riego L2: 3,530 m<sup>3</sup>/ha y de 47.7% respecto de la lámina de riego L3: 2941 m<sup>3</sup>/ha. **Solano (1999)**, en una siembra de verano sobre el efecto de la fertirrigación NPK en tres variedades de maíz morado, encontró diferencias altamente significativas para el rendimiento comercial. **Ore (2015)**, indica que para el rendimiento total y comercial no se presenta diferencia estadística a nivel de potasio aplicado y al efecto nutricional, el mayor rendimiento total y comercial se presentó a nivel de NP: 160 kg/ha de N y 80 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> con 9,690 kg/ha y 7,499 kg/ha de mazorca respectivamente, ambos estadísticamente similares a NP + AH (6,938 kg/ha) y al testigo T0 no fertilizado (6,283.2 kg/ha de mazorca). **Mejía (2017)**, estudiando el efecto de niveles nutricionales y variedades de maíz morado, observo que hay diferencias altamente significativas para el rendimiento total y comercial, con un promedio de 10,611 kg/ha y

10,136 kg/ha respectivamente. El mayor valor de rendimiento comercial se presentó en el nivel NPK con un valor de 11,479 kg/ha, mientras que el menor valor fue de 8,571 en el testigo. En cuanto a las variedades PMV 581 presento el mayor valor con 11,955 kg/ha.

**Cabrera (2016)**, comparando el rendimiento de cuatro variedades de maíz morado encontró resultados estadísticamente similares en el rendimiento; INIA-615 NEGRO CANAAN presentó el mayor rendimiento comercial con 8,241 kg/ha de mazorcas, similar PMV 581 con 8,155 kg/ha y a CANTEÑO con 8,100 kg/ha, pero diferente estadísticamente a CAJAMARCA, variedad que presentó el menor rendimiento con 7,871 kg/ha de mazorcas , sin embargo se mostró diferencias altamente significativas en las láminas de riego, el mayor rendimiento comercial caracterizo a L1: 420 mm con 9182.5 kg/ha y el menor valor 7013.2 correspondiente a la lámina de 260 mm.

#### **4.6.1 Rendimientos Parciales de mazorcas de Maíz Morado**

El Tabla 13, presenta los resultados en las variables rendimiento de primera, rendimiento de segunda y rendimiento de descarte del cultivo de maíz morado, por efecto de densidades de siembra en diferentes momentos de aplicación de fósforo.

Al respecto el análisis de variancia indica que para las tres variables existe diferencia significativa para las densidades de siembra y en el rendimiento de primera y segunda calidad presenta diferencias significativas para los momentos de aplicación de fósforo. Además, en ninguna de las variables existe diferencia significativa para la interacción.

Respecto al rendimiento de primera (Figura 17), la prueba de Duncan, indica que existe diferencias estadísticas para las tres densidades de siembra siendo D3: 80,000 pl/ha quien presenta el mayor valor con 7,147 kg/ha, seguido por D2: 70,000 pl/ha, 6,027 kg/ ha y D1: 60,000 pl/ha que presenta el menor valor con 5625 kg/ha y una diferencia porcentual de 27.1 %. Para los momentos de aplicación del fósforo las medias de M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE) y M0: Testigo no fertilizado con fósforo son estadísticamente similares, pero, difieren estadísticamente de M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) que presenta el mayor valor con 6,489 kg/, este último a su vez es estadísticamente diferente a M4:

Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE), 6,089 kg/ha de mazorcas y se presentan una diferencia porcentual de 6.6%.

Respecto, al rendimiento de segunda (Figura 18), la prueba de Duncan, indica que existe diferencias estadísticas para las tres densidades de siembra siendo D3: 80,000 pl/ha quien presenta el mayor valor con 1,838 kg/ha, seguido por D2: 70,000 pl/ha, 1,588 kg/ha y D1: 60,000 pl/ha que presenta el menor valor con 1,471 kg/ha y una diferencia porcentual de 24.9 %. Para los momentos de aplicación del fósforo M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE), es similar estadísticamente a M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE) y difiere de M0: Testigo no fertilizado con fósforo, M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE) y M4, este último a su vez es similar estadísticamente del M3 y M0, siendo el menor valor con 1,566 kg/ha de mazorcas, donde se presenta la mayor diferencia porcentual con 10.7% respecto de M2.

Finalmente, el rendimiento descarte indica (Figura 19), la prueba de Duncan, indica que existe diferencias estadísticas para las tres densidades de siembra siendo D3: 80,000 pl/ha quien presenta el mayor valor con 394 kg/ha, seguido por D2: 70,000 pl/ha, 319 kg/ha y D1: 60,000 pl/ha que presenta el menor valor con 295 kg/ha y una diferencia porcentual de 33.6 %. En el caso de promedio de los momentos de aplicación no existen diferencias significativas, sin embargo M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) presenta el mayor con 359 kg/ha y el menor valor lo presenta M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE) con 315 kg/ha.

Al respecto, **Rodríguez (2008)**, por el efecto de densidad de siembra encontró diferencias significativas para el rendimiento de mazorcas comerciales (primera calidad) mientras que para mazorcas descarte no encontró diferencias comerciales ni maíz morado cv. PMV581. En cambio **Aguirre (2016)**, 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.

**Mejía (2017)**, estudia el efecto de niveles nutricionales y variedades de maíz morado encontrando diferencias altamente significativas en el rendimiento de primera calidad con un valor promedio de 7,522 kg/ha y un valor de 9,452 kg/ha para la variedad PMV 581, pero

no mostró diferencias estadísticas para los rendimientos de segunda calidad y descarte, siendo los valores promedios 2704,4 kg/ha y 397,1kg/ha respectivamente.

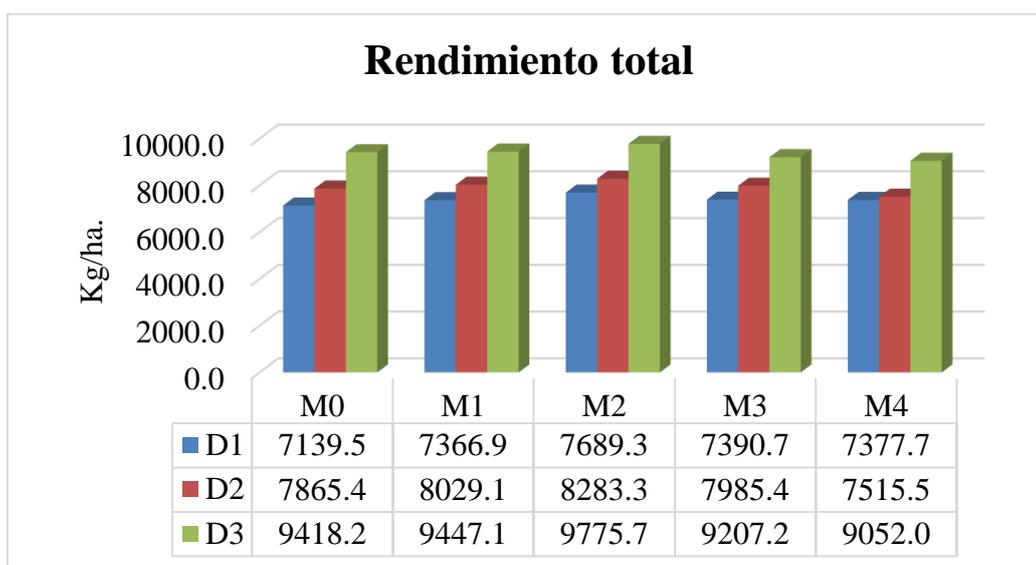
**Rodríguez (2008)**, probando niveles nutricionales en maíz morado PMV 581 encontró en el rendimiento de mazorcas de primera, medias estadísticamente similares. El mayor rendimiento se presentó a nivel de NPK+AH (4,662 kg/ha) que supera porcentualmente en 23.8% a TESTIGO no fertilizado con 3,767 kg/ha. Para el rendimiento mazorcas de segunda la prueba de medias de Duncan indica medias estadísticamente diferentes, entre los tratamientos (NPK) y el tratamiento TESTIGO no fertilizado, superándolo en un 32.2%. Se aprecia además que no existen diferencias estadísticas entre NPK+AH y AH y EL TESTIGO sin fertilizar. Finalmente, para el rendimiento de mazorcas de descarte indica que no existen diferencias estadísticas entre el TESTIGO sin fertiliza y los niveles AH, NPK+AH y NPK por tanto, todos los tratamientos incluyendo el testigo tuvieron un comportamiento similar.

**Cabrera (2016)**, encontró que la prueba de Duncan, para cuatro variedades de maíz morado en el rendimiento de primera calidad, indica que las medias son estadísticamente similares para la variable variedad. El mayor valor (7,189 kg/ha) se presentó en la variedad PMV-581, seguida de las variedades INIA-615 NEGRO CANAAN (6,978 kg/ha), INIA-601 CAJAMARCA (6,889 kg/ha) y CANTEÑO con un valor de 6,887 kg/ha, sin embargo las láminas de riego muestran diferencia altamente significativas donde el mayor valor (8128.3 kg/ha) lo representa L1: 420 mm. Finalmente, **Alvarado (2015)**, comparando láminas de riego no encontró diferencias estadísticas, aunque el mayor rendimiento de descarte caracterizó a la menor lamina de riego L3: 250mm, con 1,310 kg/ha comparado al rendimiento de la lámina L1: 350 mm con 675 kg/ha.

**Tabla 13. Rendimiento total y comercial de maíz morado PMV 581 por densidad de siembra y momento de aplicación de fósforo.**

Factor en estudio		Rendimiento total (kg/ha)	Rendimiento comercial (kg/ha)
<b>Densidades de siembra (pl/ha)</b>			
D1: 60,000		7,392	7,097
D2: 70,000		7,935	7,616
D3: 80,000		9,380	8,985
<b>Momentos de aplicación de fósforo (100%)</b>			
M0: Testigo		8,141	7,810
M1: a (7DDE)		8,281	7,966
M2: a (45 DDE)		8,582	8,222
M3: a (65 DDE)		8,194	7,843
M4: a (109 DDE)		7,981	7,656
<b>Promedio General</b>		<b>8,235</b>	<b>7,899</b>
<b>Análisis de variancia</b>			
Fuentes de Variación	GL	Significación	
<b>Densidades de siembra (DD)</b>	2	**	**
<b>Momentos de aplicación de fósforo (MM)</b>	4	**	**
<b>Interacción (DDxMM)</b>	8	NS	NS
<b>CV%</b>		2.2	2.3

**DDE: días después de emergencia**



**Figura 15. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en el rendimiento total de maíz morado PMV 581.**

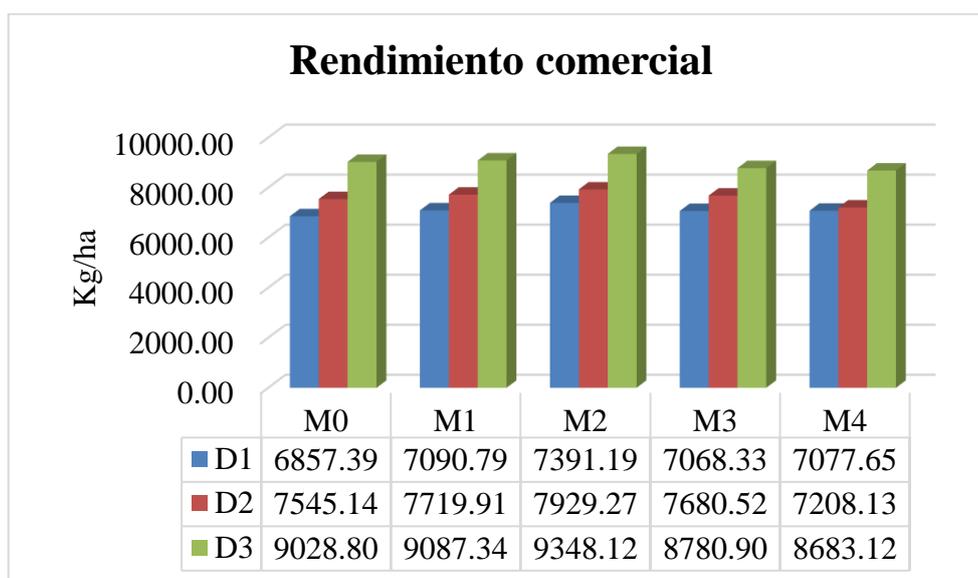
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre el rendimiento total

Densidades (pl/ha.)	Medias	Duncan	%
<b>D3: 80,000</b>	9,380.02	A	126.9
<b>D2: 70,000</b>	7,935.75	B	107.3
<b>D1: 60,000</b>	7,392.84	C	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el rendimiento total.

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	8,582.76	A	107.5
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	8,281.05	B	103.8
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	8,194.43	B	102.7
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	8,141.04	B	102.0
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	7,981.73	C	100.0



**Figura 16. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en el rendimiento comercial de maíz morado PMV 581.**

**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre el rendimiento comercial.

Densidades (pl/ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D3: 80,000</b>	8,985.6	A	126.6
<b>D2: 70,000</b>	7,616.6	B	107.3
<b>D1: 60,000</b>	7,097.0	C	100.0

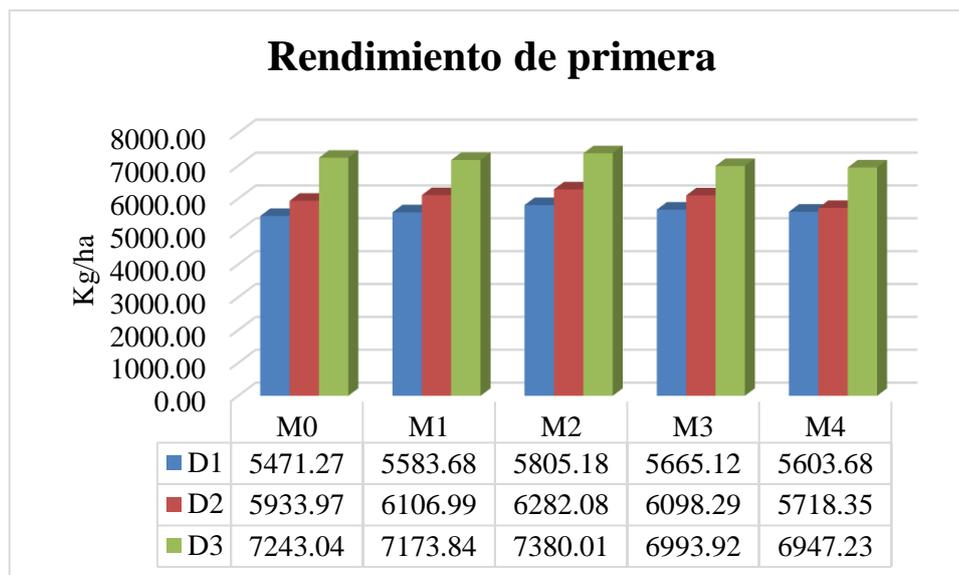
Respuesta de los momentos de aplicación de fósforo sobre la altura de planta.

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	8,222.8	A	107.4
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	7,966.0	B	104.0
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	7,843.2	B	102.4
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	7,810.4	B	102.0
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	7,656.2	C	100.0

**Tabla 14. Rendimientos parciales de maíz morado PMV 581 por densidad de siembra y momento de aplicación de fósforo**

Factor en estudio		Rendimiento de primera calidad (kg/ha)	Rendimiento de segunda calidad (kg/ha)	Rendimiento descarte (kg/ha)
<b>Densidades de siembra (pl/ha)</b>				
D1: 60,000		5,625	1,471	295
D2: 70,000		6,027	1,588	319
D3: 80,000		7,147	1,838	394
<b>Momentos de aplicación de fósforo (100%)</b>				
M0: Testigo		6,216	1,594	329
M1: a (7DDE)		6,288	1,677	315
M2: a (45 DDE)		6,489	1,733	359
M3: a (65DDE)		6,252	1,590	351
M4: a (109DDE)		6,089	1,566	325
<b>Promedio General</b>		<b>6,266</b>	<b>1,632</b>	<b>335</b>
<b>Análisis de variancia</b>				
Fuentes de Variación	GL	Significación		
<b>Densidades de siembra (DD)</b>	2	**	**	**
<b>Momentos de aplicación (MM)</b>	4	**	**	NS
<b>Interacción (DDxMM)</b>	8	NS	NS	NS
<b>CV%</b>		3.0	7.0	18.2

**DDE: días después de emergencia**



**Figura 17. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en el rendimiento de primera de maíz morado PMV 581.**

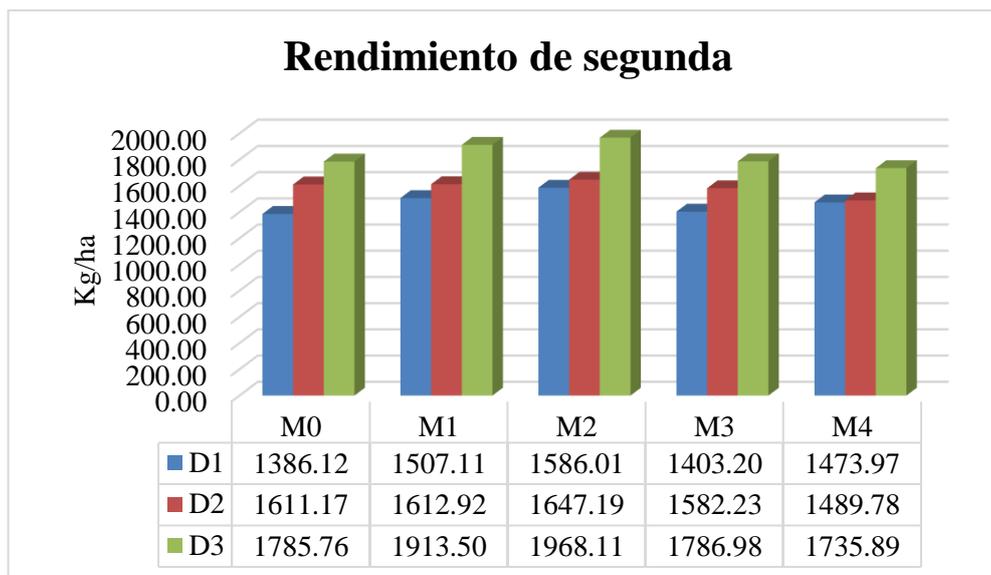
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre el rendimiento de primera calidad.

Densidades (pl/ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D3: 80,000</b>	7,147.6	A	127.1
<b>D2: 70,000</b>	6,027.9	B	107.1
<b>D1: 60,000</b>	5,625.8	C	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el rendimiento de primera

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	6,489.0	A	106.6
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	6,288.1	B	103.3
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	6,252.4	BC	102.7
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	6,216.0	BC	102.1
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	6,089.7	C	100.0



**Figura 18. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en el rendimiento de segunda de maíz morado PMV 581.**

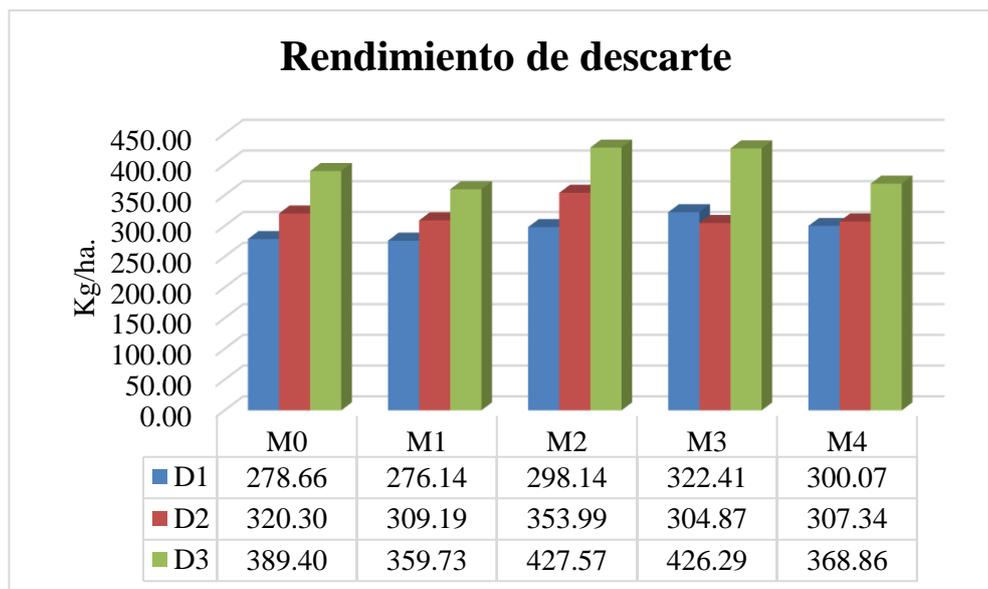
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre el rendimiento de segunda.

Densidades (pl/ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D3: 80,000</b>	1,838.0	A	124.9
<b>D2: 70,000</b>	1,588.6	B	108.0
<b>D1: 60,000</b>	1,471.2	C	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el rendimiento de segunda

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	1,733.7	A	110,7
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	1,677.8	AB	107,1
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	1,594.3	BC	101,8
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	1,590.8	BC	101,5
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	1,566.5	C	100,0



**Figura 19. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en el rendimiento de descarte de maíz morado PMV 581.**

**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre el rendimiento de descarte.

Densidades (pl/ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D3: 80,000</b>	394.3	A	133.6
<b>D2: 70,000</b>	319.1	B	108.2
<b>D1: 60,000</b>	295.0	C	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el rendimiento de descarte

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	359.8	A	114.2
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	351.2	A	111.5
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	329.4	A	104.6
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	325.4	A	103.3
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	315.0	A	100.0

#### 4.7 COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE MAÍZ MORADO

Para los componentes del rendimiento de maíz morado se presenta el Tabla 14, con los resultados en las variables número de plantas/m<sup>2</sup>, número de mazorca/planta y peso promedio de mazorca de maíz morado, por efecto de aplicación de tres densidades de siembra (60,000; 70,000 y 80,000 pl/ha) en diferentes momentos de aplicación de fósforo M0: Testigo no fertilizado con fósforo; M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE); M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE); M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE) y M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE). Al respecto, el análisis de variancia indica que para el factor densidad de siembra existen diferencias estadísticas para el número de plantas/m<sup>2</sup> y peso promedio de mazorca. Para el factor momento de aplicación se presentan diferencias significativas para número de mazorcas/planta y peso promedio de mazorca.

Al respecto **Rodríguez (2008)**, para los efectos de densidad de siembra encontró altas diferencias significativas para las variables número de plantas/m<sup>2</sup> y número de mazorcas por planta, además, por efecto de nivel nutricional también encontró alta significación para la variable peso promedio de mazorca y número de plantas/m<sup>2</sup>. **Aguirre (2016)**, no encontró diferencias significativas comparando la aplicación de humatos de potasio, mientras que por efectos de nivel nutricional encontró altas diferencias significativas para el peso promedio de mazorcas en maíz morado cv pro semillas. Finalmente **Alvarado (2015)**, 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 efectos de nivel nutricional, se encontró diferencias estadísticas significativas. Respecto a los efectos de interacción (LLXNN) no encontró diferencias estadísticas.

#### 4.7.1 Número de plantas por metro cuadrado

La comparación de medias de Duncan indica que para densidades de siembra las medias son estadísticamente diferentes. El valor mayor de número de plantas/m<sup>2</sup> caracteriza a D3: 80,000pl/ha con 7.93seguido por D2: 70,000pl/ha con 6.96 plantas/m<sup>2</sup>y finalmenteD1:60,000pl/ha con el menor valor 5.81. Respecto al comparativo de momentos de aplicación de fósforo, Duncan indica que no existen diferencias significativas, sin embargo, el mayor número de plantas/m<sup>2</sup> caracteriza a M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE) con 7.10, seguido de M0: Testigo no fertilizado con fósforo con 7.03, M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) con 6.92, M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) con 6.74 y M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE) con 6.69 plantas/m<sup>2</sup>.

**Rodríguez (2008)**, para los efectos de densidades de siembra encontró altas diferencia significativa para el variable número de plantas/m<sup>2</sup> en maíz morado PMV-581 con un valor medio de 5.9 plantas/m<sup>2</sup>. **Alvarado (2015)**, probando niveles nutricionales en tres láminas de riego por goteo en maíz morado PMV-581, encontró valores medios de 4.6 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente. **Cabrera (2015)**, probando láminas de riego y variedades de maíz morado, no encontró diferencias significativas para el número de plantas/m<sup>2</sup>.

**Aguirre (2016)**, estudiando el efecto de la fertilización nitrogenada y de la aplicación de ácidos húmicos en maíz morado Híbrido Pro-semillas observó un valor medio de 5.30 plantas/m<sup>2</sup>. **Mejía (2017)**, estudiando el efecto de niveles nutricionales y variedades de maíz morado no encontró diferencias significativas para las variables en estudio y obtuvo un valor promedio de 7.18 plantas/m<sup>2</sup>.

#### 4.7.2 Numero de mazorcas/planta

Respecto al número de mazorcas por planta (Figura 21), no existe diferencia significativa para las densidades de siembra siendo el mayor valor de 1.06 mazorcas/planta correspondiente a D2: 70,000 pl/ha y el menor de 1.05 mazorcas/planta para D3: 80,000pl/ha. En la comparación de medias de número de mazorcas/planta para los momentos de aplicación no existe diferencia significativa entre M0: Testigo no fertilizado

con fósforo 1.08 mazorcas/planta con M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE), M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) y M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), de 1.08 mazorcas/planta, sin embargo, estos difieren estadísticamente de M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) que presenta el menor número de mazorcas 0.99, con una diferencia porcentual de 9.1% respecto a M0.

Al respecto **Rodríguez, (2008)**, para los efectos de densidad de siembra encontró diferencias estadísticas para la D1: 55,000 pl/ha con 1.26 mazorcas/ planta representa el 10.8% de incremento respecto a la D3. **Aguirre (2016)**, no encontró diferencias estadísticas comparando la aplicación de humatos de potasio y niveles nutricionales en el cv Pro semillas. **Alvarado (2015)**, probando niveles nutricionales en tres láminas de riego por goteo en maíz morado PMV-581 no encontró diferencias para las tres láminas de riego en estudio obteniendo una media general de 1.2 mazorcas por planta. **Mejía (2016)**, estudiando el efecto de niveles nutricionales y variedades de maíz morado, encontró diferencias altamente significativas en las variables en estudio, con un promedio general de 0.90 mazorcas/planta. En los niveles nutricionales el mayor valor se obtuvo en NPK (0.96 mazorcas/planta) y en las variedades PMV 581 con 0.96 mazorcas/plantas. Finalmente, **Cabrera (2015)**, probando láminas de riego y variedades de maíz morado obtuvo una media general de 1.01 mazorcas por planta.

#### **4.7.3 Peso promedio de mazorcas**

Para esta variable (Figura 22), la comparación de medias de Duncan indica que para densidades de siembra las medias son estadísticamente diferentes. El valor mayor de peso promedio de mazorcas caracteriza a D1: 60,000 pl/ha con 126.9 g. seguido por D3: 80,000 pl/ha con 117.0 g. y finalmente D2:70,000 pl/ha con el menor valor 110.1 g. Asimismo, respecto a los momentos de aplicación de fósforo, la prueba de Duncan indica que las medias son estadísticamente similares entre M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) con 123.8 g, M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE), 120.2 g y M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE), 119.3 g. pero presenta diferencias significativas con M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio

del crecimiento (7 DDE) con 114.4 g y M0: Testigo no fertilizado con fósforo que presenta el menor con 112.3 g. , siendo la diferencia porcentual de 10.3% respecto a M4. **Aguirre (2016)**, estudiando el efecto de la fertilización nitrogenada en maíz morado Híbrido Pro-semillas obtuvo una media general de 99.6 g.

**Alvarado (2015)**, para el cv. PMV-581 encontró diferencias estadísticas en las tres laminas en las tres láminas de riego aplicadas y por efecto de nivel nutricional, donde L1:350 mm obtuvo el mayor peso promedio de mazorcas con 148.5 g que representa el 28.2% de incremento respecto al L3:250mm. **Cabrera (2015)**, probando láminas de riego y variedades de maíz morado, encontró diferencias significativas para las láminas de riego, siendo el mayor valor L1= 420 mm con un valor promedio de 183.1 g y el menor valor para L3= 260 con 152 g. Para las variedades no se encontró diferencias significativas, sin embargo el mayor valor fue de CANTENÑO con 174.2 g.

**Mejía (2017)**, estudiando el efecto de niveles nutricionales y variedades de maíz morado, encontró diferencias significativas en la variable peso promedio de mazorca para los niveles nutricionales y diferencias altamente significativas para las variedades de maíz morado con un valor promedio de 168.9 g y un valor de 181.8 g para la variedad PMV 581.

#### **4.8 CARACTERÍSTICAS DE LA MAZORCA**

El Tabla 15, presenta los resultados de longitud de mazorca, diámetro de mazorca y el contenido promedio de antocianinas de grano y coronta, por efecto de densidades de siembra en diferentes momentos de aplicación fósforo. El análisis de variancia indica al respecto del diámetro, longitud de mazorca y contenido de antocianinas de grano no existen diferencias significativas para densidades de siembra, sin embargo, existe significancia para el contenido de antocianinas de coronta. Para el factor momentos de aplicación fósforo no existe diferencias significativas para ninguna de las variables mencionadas, igualmente para la interacción (DDxMM).

Al respecto, el comparativo de medias de Duncan en la longitud de mazorca indica que las medias son similares estadísticamente para las densidades de siembra y los momentos

de aplicación de fósforo. Presentándose así en las densidades D1: 60,000 pl/ha, D3: 80,000 pl/ha y D2: 70,000 pl/ha con unas medias de 15.31, 14.73 y 14.48 cm respectivamente. Entre los momentos, M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE), presentó el mayor valor 15.20 cm y de M0: Testigo no fertilizado con fósforo, 14.53 con el menor valor y una diferencia porcentual de 4.6%.

Para el variable diámetro de mazorca (Figura 24), la prueba de Duncan indica que las medias son similares estadísticamente para las densidades de siembra y los momentos de aplicación de fósforo. Presentándose así en las densidades D3: 80,000pl/ha, D1: 60,000pl/ha y D2: 70,000pl/ha con unas medias de 4.69, 4.67 y 4.64 cm respectivamente. Entre los momentos, M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE), presentó el mayor valor 4.75 cm y de M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE), 4.59 con el menor valor.

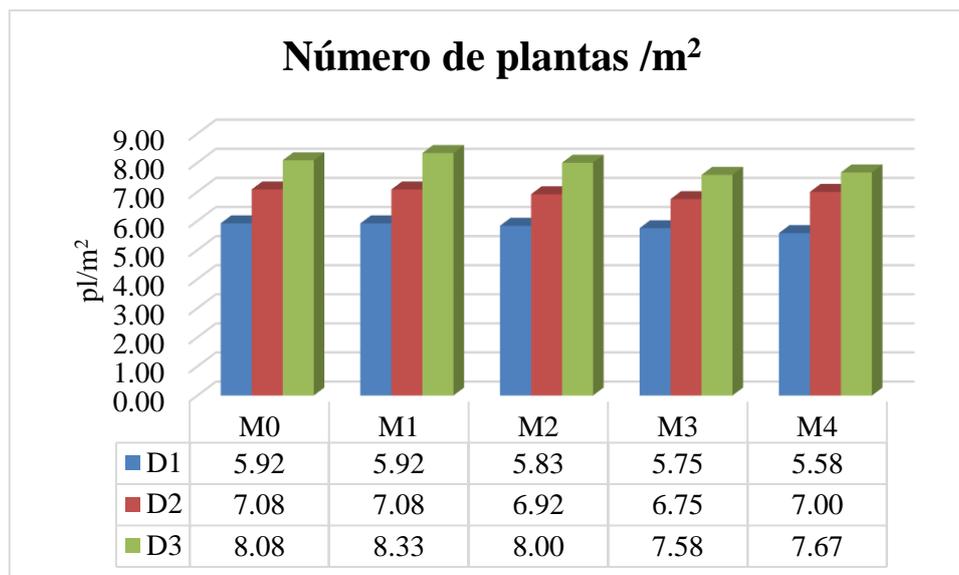
En el análisis de antocianinas para grano de mazorca (Figura 25), la prueba de Duncan indica para las densidades de siembra que las medias son similares estadísticamente. El mayor valor (186.6 mg A/100 g) caracteriza a D1: 60,000pl/ha, con incremento del 10.6% respecto a D2: 70,000pl/ha (168.7 mg A/100 g). Para los momentos de aplicación, Duncan establece que las medias son estadísticamente similares, aunque el mayor valor se presenta en M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE), 196.1 mg A/100 g con una diferencia porcentual de 22.04 % sobre M0: Testigo no fertilizado con fósforo, 160.26 mg A/100 g representando el menor valor.

En el análisis de antocianinas para coronta de mazorca (Figura 26), la prueba de Duncan indica para densidades de siembra que las medias son estadísticamente diferentes. El mayor valor (1044.9 mg A/100 g) caracteriza a D1: 60,000pl/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> difiere con incrementos del 48.6% y 50.1% respecto a D3: 80,000pl/ha y D2: 70,000pl/ha. Para los momentos de aplicación, Duncan establece que las medias son estadísticamente similares, presentándose el mayor valor en M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE), 866.1 mg A/100 g con una diferencia porcentual de 16,5 % sobre M0: Testigo no fertilizado con fósforo, 760.9 mg A/100 g representando el menor valor.

Al respecto, **Espinoza (2003)**, sobre el efector de la fertilización nitrogenada y densidad de siembra en maíz morado PMV-581, no encontró significación estadística para longitud de mazorca respecto al nivel de nitrógeno aplicado, presentándose el mayor valor (14.4 cm) a nivel de 240 kg/ha de nitrógeno, para la variable densidades según Duncan existen diferencias significativas, entre las densidades D1:55,000 pl/ha, D0: 40,000 pl/ha respecto a la densidad D3: 85,0000 pl/ha, D1 obtuvo el mayor valor 14.5 cm de longitud que representa un 7.4% de incremento respecto a la densidad D3. También encontró alta significación estadística para el diámetro de mazorca respecto a los niveles de fertilización nitrogenada, presentándose el mayor valor (4.0cm) a niveles de 160 kg/ha de nitrógeno (T2) y 249 kg/ ha de nitrógeno (T3) que difieren de los tratamientos T1 (80 kg/ha de nitrógeno) y el tratamiento testigo no fertilizado. **Rodríguez (2008)**, para los efectos de densidad de siembra y efectos nutricionales para maíz morado cv. PMV- 581 no encontró diferencias significativas para las variables longitud y diámetro de mazorca, mientras que por la interacción de niveles nutricionales por densidad de siembra encontró diferencias significativas para las variables longitud de mazorca. Asimismo, **Aguirre (2016)**, no encontró diferencias estadísticas comparando la aplicación de humatos de potasio y el efecto del nivel nutricional en cv. Pro semillas. Igualmente, **Poma (2007)**, no encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos para las variables largo de mazorca y diámetro de mazorca, obtuvo como promedio general 14.1 cm de longitud de mazorca y 4.6 cm de ancho de mazorca en el cultivo de maíz morado PMV – 581 y **Cruzado (2008)**, estudio el efecto de la fertilización fosfo-potasica sobre la longitud de mazorca y diámetro de mazorca; según el análisis de varianza no existe diferencias estadísticas, lo cual es corroborado con la prueba de Duncan. El promedio de longitud de mazorca fue de 14.96 cm y el promedio de diámetro de mazorca fue de 4.82 cm.

**Mejía (2017)**, encontró diferencias significativas para sus variables en estudio; niveles nutricionales y variedades de maíz morado, en longitud de mazorca un valor medio de 17.5 cm y contenido de antocianina con 634.1mg A/100 g como valor promedio, siendo el nivel NPK+ Ca+ Micro (696.88 mg A/100 9g) el mayor valor. **Ore (2015)**, indica para las características de mazorca; longitud y diámetro, el análisis de variancia muestra que por el efecto del nivel nutricional de potasio (KK) y el nivel nutricional (NN) no se observa diferencias estadísticas con un promedio general de 15.28 y 4.55 cm para longitud de mazorca y diámetro de tallo respectivamente.

**Cabrera (2015)**, probando láminas de riego y variedades de maíz morado, no encontró diferencias significativas para las variables; longitud de mazorca y diámetro de mazorca, presentando un valor promedio de 16.5 cm y 5.19 cm respectivamente, pero si encontró diferencias altamente significativas para la concentración de antocianinas en la mazorca de maíz morado en láminas de riego. L1= 420 mm se caracterizó por presentar el mayor valor con 717.1 mg A/100 g, mientras que el menor valor corresponde a L3= 260 mm con 549.2 mg A/100 g, encontró además diferencia estadística para la interacción de láminas x variedades de maíz morado.



**Figura 20. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en el número de plantas/m<sup>2</sup> de maíz morado PMV 581.**

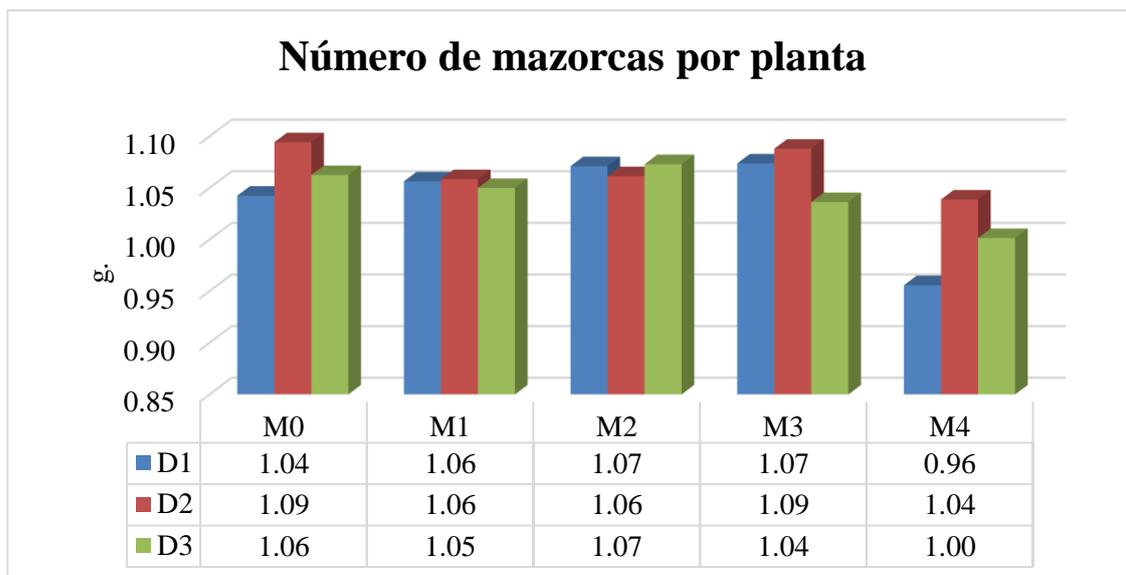
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre el número de plantas /m<sup>2</sup>

Densidades (pl/ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D3: 80,000</b>	7.93	A	136.5
<b>D2: 70,000</b>	6.96	B	119.8
<b>D1: 60,000</b>	5.81	C	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el número de plantas /m<sup>2</sup>

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	7.1	A	106.1
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	7.03	A	105.1
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	6.92	A	103.4
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	6.74	A	100.7
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	6.69	A	100.0



**Figura 21. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en el número de mazorcas por planta de maíz morado PMV 581.**

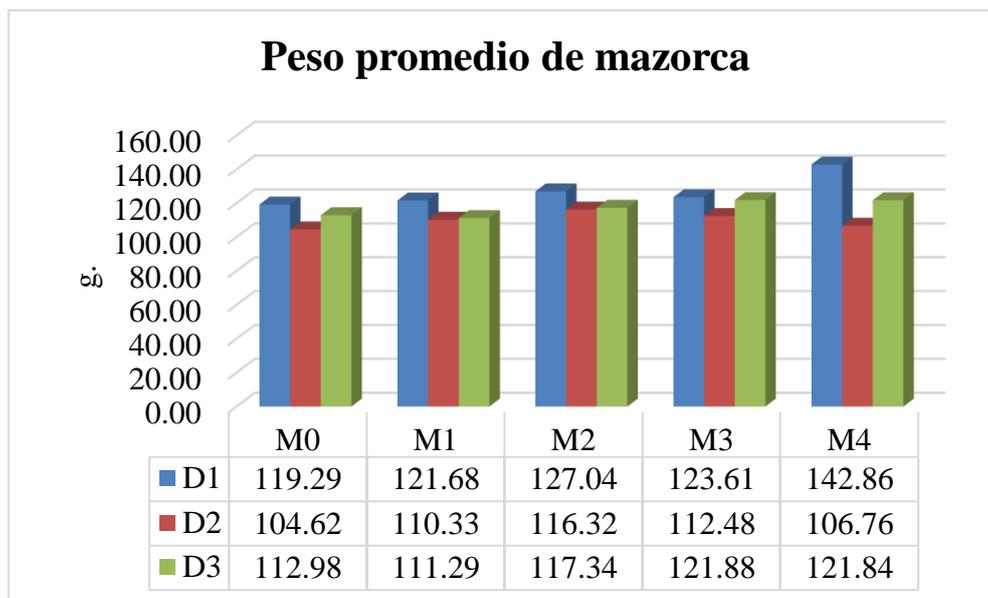
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre el número de mazorcas por planta

Densidades (pl/ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D2: 70,000</b>	1.06	A	101.0
<b>D1: 60,000</b>	1.06	A	101.0
<b>D3: 80,000</b>	1.05	A	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el número de mazorcas por planta

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	1.08	A	109.1
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	1.07	A	108.1
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	1.07	A	108.1
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	1.06	A	107.1
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	0.99	B	100.0



**Figura 22. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en el peso promedio de mazorca de maíz morado PMV 581.**

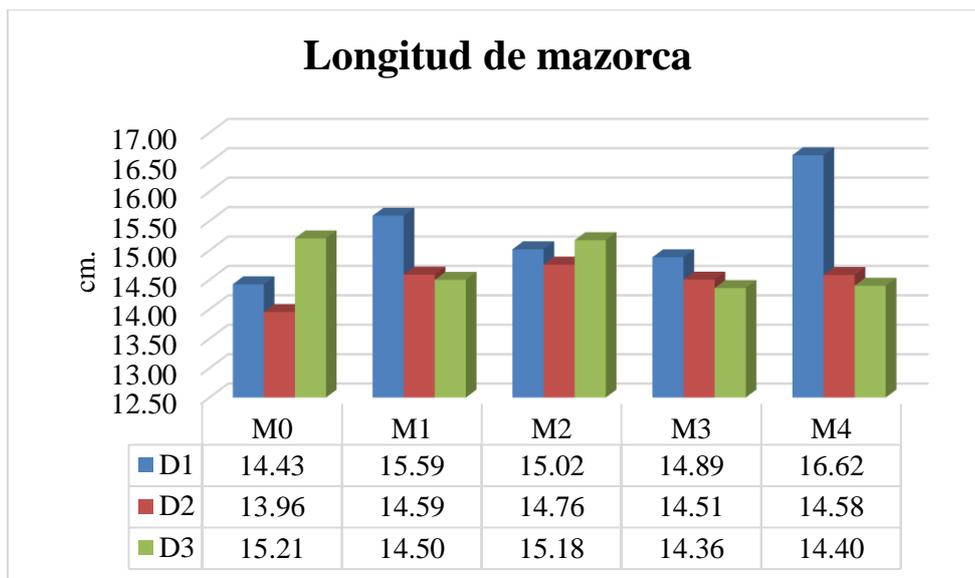
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre el peso promedio de mazorcas

Densidades (pl/ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D1: 60,000</b>	126.91	A	115.3
<b>D3: 80,000</b>	117.06	B	106.3
<b>D2: 70,000</b>	110.11	C	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el peso promedio de mazorcas

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	123.83	A	110.3
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	120.24	A	107.1
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	119.32	AB	106.2
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	114.43	BC	101.9
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	112.31	C	100.0



**Figura 23. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en la longitud de mazorca de maíz morado PMV 581.**

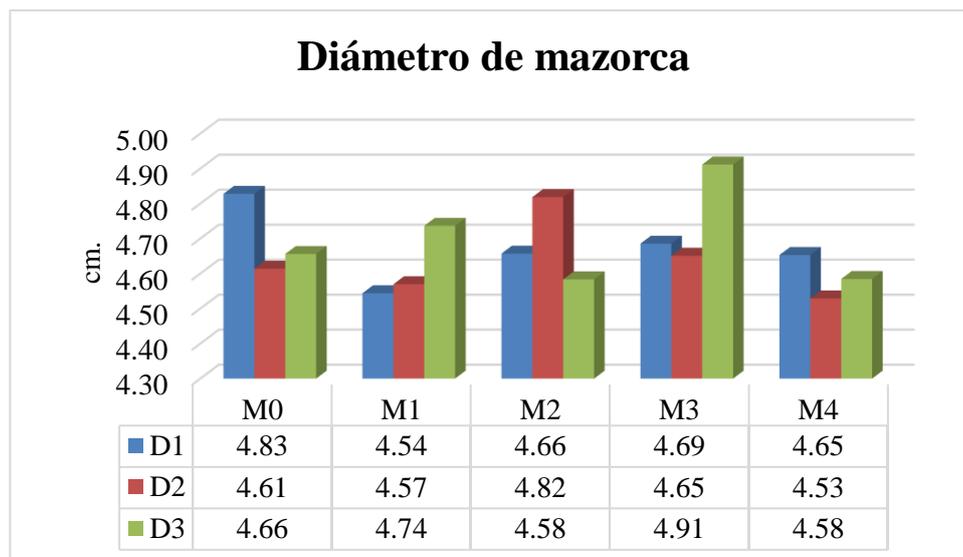
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre la longitud de mazorca

Densidades (pl/ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D1: 60,000</b>	15.31	A	105.7
<b>D3: 80,000</b>	14.73	A	101.7
<b>D2: 70,000</b>	14.48	A	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre la longitud de mazorca

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	15.20	A	104.
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	14.99	A	103.2
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	14.89	A	102.5
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	14.58	A	100.3
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	14.53	A	100.0



**Figura 24. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en el diámetro de mazorca de maíz morado PMV 581.**

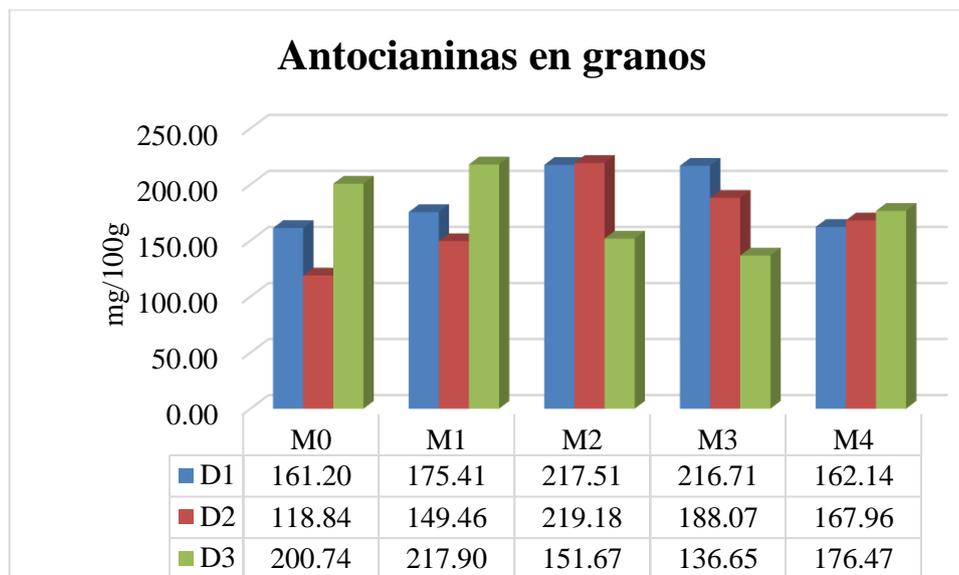
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre el diámetro de mazorca

Densidades (pl/ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D3: 80,000</b>	4.69	A	101.1
<b>D1: 60,000</b>	4.67	A	100.6
<b>D2: 70,000</b>	4.64	A	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el diámetro de mazorca

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	4.75	A	103.5
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	4.70	A	102.4
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	4.69	A	102.2
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	4.62	A	100.7
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	4.59	A	100.0



**Figura 25. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en la concentración de Antocianinas en grano de mazorca de maíz morado PMV 581.**

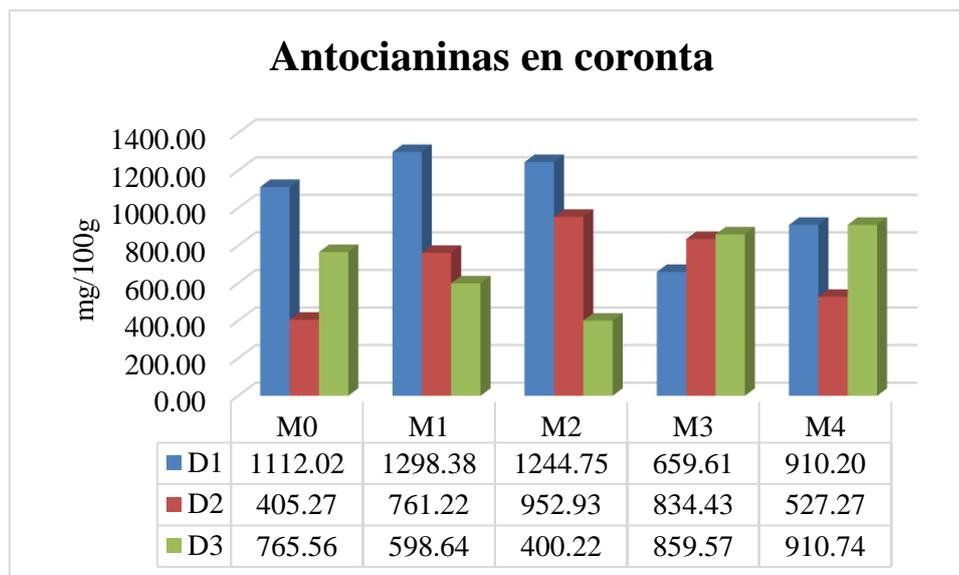
**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre el contenido de antocianinas en granos

Densidades (pl/ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D1: 60,000</b>	186.60	A	110.6
<b>D3: 80,000</b>	176.80	A	104.7
<b>D2: 70,000</b>	168.70	A	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el contenido de antocianinas en granos

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	196.1	A	122.4
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	180.9	A	112.9
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	180.4	A	112.6
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	168.8	A	105.4
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	160.2	A	100.0



**Figura 26. Respuesta de la densidad de siembra y del momento de aplicación de fósforo en la concentración de Antocianinas en la coronta de maíz morado PMV 581**

**PRUEBA DE DUNCAN (alfa = 0.05)**

Efecto de las densidades sobre el contenido de antocianinas en coronta

Densidades (pl/ha.)	Medias	Duncan	% Δ
<b>D1: 60,000</b>	1,044.9	A	150.1
<b>D3: 80,000</b>	706.9	B	101.5
<b>D2: 70,000</b>	696.2	B	100.0

Efectos de los momentos de aplicación de fósforo sobre el contenido de antocianinas en coronta

Momentos	Medias	Duncan	% Δ
<b>M1:</b> Aplicación del 100 % del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)	886.1	A	116.5
<b>M2:</b> Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)	866.0	A	113.8
<b>M3:</b> Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)	784.5	A	103.1
<b>M4:</b> Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)	782.7	A	102.9
<b>M0:</b> Testigo no fertilizado con fósforo	760.9	A	100.0

**Tabla 15. Componentes del rendimiento de maíz morado PMV 581 por densidad de siembra y momento de aplicación de fósforo.**

Factor en estudio	Número de plantas/m <sup>2</sup>	Número de mazorcas/planta	Peso promedio de mazorca (g)	
<b>Densidades de siembra (pl/ha)</b>				
D1: 60,000	5.81	1.06	126.9	
D2: 70,000	6.96	1.06	110.1	
D3: 80,000	7.93	1.05	117.0	
<b>Momentos de aplicación de fósforo (100%)</b>				
M0: Testigo	7.03	1.08	112.3	
M1: a (7DDE)	7.10	1.06	114.4	
M2: a (45DDE)	6.92	1.07	120.2	
M3: a (65DDE)	6.69	1.07	119.3	
M4: a (109DDE)	6.74	0.99	123.8	
<b>Promedio General</b>	<b>6.89</b>	<b>1.05</b>	<b>118.0</b>	
<b>Análisis de variancia</b>				
Fuentes de Variación	GL	Significación		
<b>Densidades de siembra (DD)</b>	2	**	NS	**
<b>Momentos de aplicación (MM)</b>	4	NS	**	**
<b>Interacción (DDxMM)</b>	8	NS	NS	NS
<b>CV%</b>		5.4	4.3	5.5

**DDE: días después de emergencia**

**Tabla 16. Características de mazorca de maíz morado PMV 581 por densidad de siembra y momento de aplicación de fósforo.**

Factor	Longitud de Mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Contenido de Antocianinas en el grano mg A/100 g	Contenido de Antocianinas en la coronta mg A/100 g	
<b>Densidades de siembra (pl/ha)</b>					
D1: 60,000	15.3	4.6	186.6	1044.9	
D2: 70,000	14.4	4.6	168.7	706.9	
D3: 80,000	14.7	4.6	176.6	696.2	
<b>Momentos de aplicación de fósforo (100%)</b>					
M0: Testigo	14.5	4.7	160.2	760.9	
M1: a (7DDE)	14.8	4.6	180.9	886.1	
M2: a (45DDE)	14.9	4.6	196.1	866.0	
M3: a (65DDE)	14.5	4.7	180.4	784.5	
M4: a (109DDE)	15.2	4.5	168.8	782.7	
<b>PROMEDIO GENERAL</b>	<b>14.7</b>	<b>4.6</b>	<b>177.2</b>	<b>815.9</b>	
<b>Análisis de variancia</b>					
Fuentes de Variación	GL	Significación			
<b>Densidades de siembra(DD)</b>	2	NS	NS	NS	**
<b>Momentos de aplicación de fósforo (MM)</b>	4	NS	NS	NS	NS
<b>Interacción DD x MM</b>	8	NS	NS	NS	NS
<b>CV %</b>		9.0	4.9	27.5	40.8

**DDE: días después de emergencia**

## V. ANÁLISIS AGROECONÓMICO

En el Tabla 16, se muestran los resultados del análisis económico para las densidades de siembra y los momentos de aplicación de fósforo en el cultivo de maíz morado PMV 581, teniendo como base el rendimiento comercial del cultivo. Determinando índices de rentabilidad por aplicación de fósforo en diferentes momentos en la fenología del cultivo de maíz morado bajo tres densidades de siembra.

Para fósforo aplicado, el mayor índice de rentabilidad (IR) se presentó a densidad de 80,000 pl/ha con 75%, seguido de 70,000 pl/ha con un IR de 48.2% y el menor para la densidad de 60,000pl/ha con un IR de 38.2%.

Para los momentos de aplicación de fósforo, el mayor índice de rentabilidad promedio (IR) se presentó en M0: Testigo no fertilizado con fósforo con 66 % a diferencia de M3= Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65DDE) con 48.9% que representa el menor IR.

El máximo índice de rentabilidad caracteriza al tratamiento de 80,000 pl/ha aplicado al M0: testigo no fertilizado con fósforo, con un IR de 92.1% y una utilidad neta de 2,571 \$/ha. De otro lado el tratamiento que presentó el menor IR fue de 60,000 pl/ha aplicado desde la emergencia hasta el inicio de la floración masculina (65DDE) con un IR 34.5% y una utilidad neta de 1,075\$/ha.

**Tabla 17. Análisis económico en maíz morado PMV 581 por densidad de siembra y momento de aplicación de fósforo.**

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Valor bruto de la Producción (\$)	Costo total de la Producción (\$)	Utilidad Neta (\$)	Índice de Rentabilidad (%)	Índice promedio de Rentabilidad (%)
<b>D1M0</b>	6,857	4,072	2,780	1,291	46.4	38.2
<b>D1M1</b>	7,091	4,210	3,121	1,089	34.9	
<b>D1M2</b>	7,391	4,389	3,121	1,267	40.6	
<b>D1M3</b>	7,068	4,197	3,121	1,075	34.5	
<b>D1M4</b>	7,078	4,202	3,121	1,081	34.6	
<b>D2M0</b>	7,545	4,480	2,785	1,695	60.8	48.2
<b>D2M1</b>	7,720	4,584	3,126	1,457	46.6	
<b>D2M2</b>	7,929	4,708	3,126	1,582	50.6	
<b>D2M3</b>	7,681	4,560	3,126	1,434	45.9	
<b>D2M4</b>	7,208	4,280	3,126	1,153	36.9	
<b>D3M0</b>	9,029	5,361	2,790	2,571	92.1	75.0
<b>D3M1</b>	9,087	5,396	3,131	2,264	72.3	
<b>D3M2</b>	9,348	5,550	3,131	2,419	77.3	
<b>D3M3</b>	8,781	5,214	3,131	2,082	66.5	
<b>D3M4</b>	8,683	5,156	3,131	2,024	64.6	

M0 = Testigo no fertilizado con fósforo 66.0 %

M1= Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE) 51.0 %

M2= Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) 56.0 %

M3= Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65DDE) 48.9 %

M4= Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE) 50.3 %

Precio promedio de maíz morado en chacra (diciembre del 2015):S. /1.9 (MINAG)

## VI. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente ensayo en maíz morado PMV 581, el rendimiento total y el rendimiento comercial de mazorcas presentan diferencias altamente significativas para densidades de siembra y momentos de aplicación de fósforo.

El mayor rendimiento comercial por efecto de las densidades de siembra se presenta en D3= 80,000 pl/ha con 8,985 kg/ha de mazorcas, con diferencias porcentuales de 26.6 % respecto a D1= 60,000 pl/ha con 7,097kg/ ha.

Para momentos de aplicación de fósforo, el rendimiento comercial de mazorcas presenta medias estadísticamente diferentes. El mayor valor caracteriza a la aplicación de fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE), con un rendimiento de 8,222 kg/ha de mazorcas, mostrando un incremento porcentual de 7.4 % respecto a la aplicación de fósforo, de emergencia hasta formación del grano pastoso (109 DDE) con 7,656 kg/ha de mazorca.

Las variables de crecimiento: altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, materia seca total, materia seca de hojas, tallos, panoja, panca y de mazorca, no presentan diferencias estadísticas por densidad de siembra y momentos de fósforo aplicado.

El área foliar presenta diferencias altamente significativas para la interacción (DDxMM) a densidad de 70,000 pl/ha el mayor valor (9700 cm<sup>2</sup>/planta) se presenta en M2: Aplicación de fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE).

La concentración de antocianinas en grano, no presenta diferencias estadísticas significativas para densidades y tampoco para momentos de aplicación de fósforo. Para la concentración de antocianinas en coronta se observan diferencias significativas para densidades, D1: 60,000 pl/ha (1,044 mg/100g) presenta el mayor valor y difiere porcentualmente de D2: 70,000 pl/ha (696 mg/100g) con 50.1%.

Con un ciclo vegetativo de 151 días y un requerimiento de riego de 2,965 m<sup>3</sup>/ha, la mayor eficiencia de uso de agua (EUA), para fósforo, se observó en M2: Aplicación de fósforo

durante la fase de crecimiento lento (45 DDE) con 2.77 kg/m<sup>3</sup>. El mayor índice de cosecha (IC) de 52.2% en M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE).

El mayor índice de área foliar (IAF) se presenta en M0: Testigo no fertilizado con fósforo, con 5.69 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> y el mayor coeficiente de transpiración (CT) de 204.0 l/kg se presenta en M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE).

El mayor índice de rentabilidad caracteriza a la densidad de 80,000 pl/ha con 75%, el valor medio se presenta a 70,000 pl/ha, con un IR de 48.2% y el menor IR al nivel de 60,000 pl/ha con un IR de 38.2%. Para momentos de aplicación de fósforo, el mayor índice de rentabilidad (IR) se presenta en M0: testigo no fertilizado con fósforo, con un IR de 66.0% y el menor índice con la aplicación desde la emergencia hasta el inicio de la floración masculina (65 DDE) con un IR 48.9 %.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- **AGUIRRE, E. (2016).** 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 riego: goteo. Tesis ING. Agrónomo. UNALM. Lima.
- **ALVARADO, V. (2015).** Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el crecimiento y rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) cv. Tesis ING. Agrónomo. UNALM. Lima.
- **ALDRICH, S. Y LENG R. (1974).** Producción moderna de Maíz. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- **ANDRADE, C. (2006).** Efecto de las fuentes orgánicas: Humus de Lombriz, Compost y la sustancia Húmica Ekotron en el rendimiento del Grano de Maíz Morado. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima – Perú.
- **ARAI, Y AND SPARKS, DL. (2007).** Phosphate reaction dynamics in soils and soil components: a multiscale approach. Adv. Agron., 94: 135-179.
- **ARCA, M. (1981).** El suelo y la planta. Biblioteca agropecuaria del Perú. 4:28, 2
- **ARCE, A. (1989).** Densidad de siembra y arreglo espacial en maíces de diferente periodo vegetativo bajo condiciones de trópico. Tesis Mg.Sc. de la Especialidad de Producción Agrícola. UNALM. Lima -Perú.
- **ARZUAGA, S. (2005).** Fósforo total, fósforo orgánico y fosfatasa ácida en entisoles, alfisoles y vertisoles de corrientes con diferentes usos agrícolas. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Disponible en <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005>.
- **BARNETT. (1980).** Como desarrolla una planta de maíz. CIMMYT. México.
- **BARREDA, H. (1981).** Efecto de la densidad de siembra y abonamiento en el rendimiento de maíz reventón PMS-273. Tesis de la Facultad de Agronomía. UNALM. Lima- Perú.
- **BARTOLINI ROBERTO. (1990).** El maíz. Ediciones Mundi-Prensa.
- **BONNER, J. Y GALSTON, A. (1967).** Principles of plant physiology. Quinta edición. San Francisco, California. 485 p.

- **BUSMAN, (2002).** The nature of phosphorus in soils. Universidad de Minnesota. En la web:<http://www.extension.umn.edu/agriculture/nutrientmanagement/phosphorus/thenature-ofphosphorus/index.html>. Consulta: 22 de diciembre de 2017.
- **CABRERA C. (2015)** Respuesta de tres láminas de riego en el rendimiento de cuatro variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo.
- **CHAVIGUIRI, J. (1984).** Efecto de cuatro niveles de abonamiento nitrogenado y cuatro densidades de siembra de maíz híbrido, PM-701, en la costa central. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú.
- **COYNE, M. (2000).** Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio, editorial paraninfo. Madrid –España. 416 p.
- **CRUZADO, L. (2008).**Efecto de la fertilización fosfo – potásica en el cultivo de Maíz Morado PMV 581 (*Zea mays* L.). Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima – Perú. 87 p.
- **DOMINGUEZ, A. (1997).** Tratado de fertilización. España.
- **ESPINOZA, F. (2003).** Efecto de la fertirrigación nitrogenada y de la densidad espacial de plantas en el cultivo de maíz morado PMV – 581 (*Zea maíz* L.) bajo RLAf goteo. Tesis UNALM. Lima. Perú.
- **FASSBENDER, HW. (1987).** Química de Suelos, con énfasis en suelos de América Latina. IICA. 5ta. Reimpresión. San José. 420 pag.
- **FATECHA, DA. (2004).** Clasificación de la fertilidad, acidez activa (pH) y necesidad de cal agrícola de los suelos de la Región Oriental del Paraguay. Tesis (Ing.Agr.). San Lorenzo, PY: DeSOT, CIA, FCA, UNA. 88 p.
- **FERNANDEZ, N. (1995).** Estudio de la extracción y pre-purificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.).Tesis para optar el título de Ingeniero en industrias alimentarias. Facultad de Industrias alimentarias .UNALM, Lima, Perú.
- **FERNANDEZ, L. (2005).** Bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico aisladas de suelos de la región sojera. Cienc. Suelo 23(1):31-37
- **FUENTES, M. R. (2002),** El cultivo del maíz en Guatemala una guía para su manejo agronómico. ICTA

- **FUHRMANN, J; HARTEL, P; ZUBERER, D. (1995).** Principles and applications on soil microbiology. Second Edition. Prentice Hall. New Jersey.640p
- **FULEKI, T. Y FRANCIS, F. (1968),** Quantitative methods for antocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. J.Food Sci. Vol. 33pp72-77.
- **FURTINI, A; NETO, AE. (2001).** Fertilidade do solo. Lavras UFLA/FAEP, 252p.
- **GRUNERBERG, F. H. (1959).** Nutrición y fertilización del maíz. Boletín verde N°9, publicado en Alemania por MBH – Hannover. PP. 46.
- **HANWAY, J. (1993),** How a corn plant develops? Special Report N°48. Iowa State University and Science and Technology Cooperative Extension Service, Ames, Iowa.
- **JUSSAUX, A. (1980).** La vida Agrícola. Vol. 19 N° 527
- **JUSTINIANO, E. (2010).** Fenología e intensidad de color en corontas de maíz morado (*Zea Mayz L.*) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina. Tesis para optar el título de Mg. Sc. EPG, UNALM. 77p.
- **MAATHUIS, FJ. (2009).** Physiological functions of mineral macronutrients. Current Opinion in Plant Sciences, 12: 250-258.
- **MANRIQUE, A. (1988).** El maíz en el Perú. Edigraf. Fondo del Libro del BAP.Lima, Perú.
- **MANRIQUE, A. (1997).**El maíz en el Perú. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC).Lima, Perú.
- **MANRIQUE, A. (2001).** “Maíz morado peruano (*Zea mays L.amilaceaest.*)”.Agro Enfoque. Lima. Perú. Año XVI-N°126.Agosto.
- **MAYANGA M. A., (2011).** Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de maíz morado (*Zea mayz L.*) cv. PMV 581, bajo riego por goteo.
- **MEJIA, P. (2017).** Niveles nutricionales en el crecimiento y rendimiento de maíz morado (*Zea mayz L.*) bajo riego por goteo.
- **MELGAR L.E., (1967).** Ensayo de fertilización en maíz híbrido PM-204, PM-211, Cornelli 54, con cuatro fórmulas de abonamiento nitrogenado y tres densidades de siembra (Valle de Huaura). Tesis UNALM, pp 16-20

- **MELLO, AF; MOACRY, OC; Arzolla, S. (1988).** Fertilidad de solo. Brasilia (BR). 400p.
- **MENDIETA, M. (2009).** Cultivo y producción del maíz amiláceo. Lima. 134 p.
- **MEUER, EJ. (2006).** Fenômenos de sorção em solos. In: Meuer, EJ, ed. Fundamentos de química do solo. 3ra. Ed. Porto Alegre, Evangraf, p.117-162.
- **ORÉ, V. (2015).** Fertilización potásica y nivel nutricional en el rendimiento de maíz morado PMV-581 (*Zea mays L.*) bajo riego por goteo. Tesis ING. Agrónomo. UNALM. Lima.
- **POMA, L. (2007).** Efecto de la fertilización química y orgánica con y sin aplicación de organismos eficientes (EM) en el Rendimiento de Maíz Morado (*Zea mays L.*) cv. PMV 581. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM.
- **RAIJ, BV. (1991).** Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 343p.
- **REQUIS, F. (2012).** Manejo agronómico del maíz morado en los valles interandinos del Perú. INIA. Boletín N° 1-12. 23 p
- **RETUERTO, L. (2014).** Efecto de la fertilización NPK y de la aplicación de humatos de potasio en el rendimiento de maíz morado (*zeamayz l.*) Var. Inia 615 negro canaan. Tesis ing. Agrónomo. Unalm Lima-Perú.
- **RISCO, M. (2007).** Conociendo la cadena productiva del maíz morado en Ayacucho. Solid -Perú. 88 p.
- **RODRIGUEZ (2008).** Efecto de la densidad de siembra, de la fertilización NPK y aplicación de ácidos húmicos en el crecimiento y rendimiento de maíz morado (*Zea mays L.*) PMV 581. Bajo R.L.A.F.: goteo.
- **RUBIÑOS, G. (2017).** Niveles de fósforo y momentos de aplicación en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays L.*) bajo riego por goteo. Tesis ING. Agrónomo. UNALM. Lima.
- **SALISBURY F.B. y CLEON W. Ross. (2000).** Plant Physiology 1. 304 pp. International Thompson Editors Spain. Paraninfo S.A. Madrid. España.
- **SCHACHTMAN, D. (1998).** Phosphorus uptake by plants: From Soil to cell. Plant Physiology 116:447-453 Departments of botany; and soil Science. University of Adelaide-Australia

- **SEVILLA, R. Y VALDEZ, A (1985).** Estudio de Factibilidad del cultivo de maíz morado. Fondo de Promoción y Exportación (Fopex). Lima, Perú.
- **SOLANO, R. (1999).**Efecto de la Fertirrigación 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, Perú. 105p.
- **SUÑER, L; GALANTINI, JA; ROSELL, R. (2005).** Informaciones Agronómicas. Comisión de Investigaciones Científicas. (En línea). Consultado 21 de diciembre del 2017. Disponible en:  
[http://www.IPNI.net/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/BB473F7833FFC2BB03256FCB00731978/\\$file/Su%C3%B1er-Cambios+del+Psuelo.pdf](http://www.IPNI.net/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/BB473F7833FFC2BB03256FCB00731978/$file/Su%C3%B1er-Cambios+del+Psuelo.pdf)
- **TAKHTAJAN, A, (1980).** Outline of the classification of flowering plant (Magnoliophyta). Thebotanicalreview. New York, Estados Unidos.
- **The Ministry Of Health and Webfare, D. (2000).***Japan's specifications and standards for additives.*Tokyo: Food Additivies association.
- **TISDALE, S.L. Y W.L. NELSON. (1991).** Fertilidad de los suelos y fertilizantes. UTEHA. Unión Tipográfica Ediciones Hispanoamericanas S.A. México.
- **USDA, D. (1979).***Manual del levantamiento de suelos .* Caracas: Sección de conservación de suelos .
- **VILLAGARCIA, S.; y AGUIRRE, G. (2012).** Manual de uso de fertilizantes. Departamento de suelos y fertilizantes. UNALM Lima - Perú.
- **ZAPATA, S. (1996).** Colorantes naturales. Exportación de productos procesados. Agroenfoque. Lima-Perú. 83:40-43

## **VIII. ANEXOS**

## ANEXO 1: Altura de planta (cm)

### D1: 60,000 pl./ha

Momento de P	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	%
M0	193,0	194,0	254,0	209,0	<b>212,5</b>	120,2%
M1	178,0	196,0	210,0	184,0	<b>192,0</b>	108,6%
M2	197,0	201,0	176,0	217,0	<b>197,8</b>	111,9%
M3	208,0	216,0	173,0	197,0	<b>198,5</b>	112,3%
M4	193,0	161,0	190,0	163,0	<b>176,8</b>	100,0%
					<b>195,5</b>	

### D2: 70,000 pl./ha

Momento P	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	%
M0	219,3	202,5	166,0	189,5	<b>194,3</b>	109,3%
M1	285,0	206,0	196,5	179,0	<b>216,6</b>	121,9%
M2	202,0	208,0	243,5	204,0	<b>214,4</b>	120,6%
M3	169,0	199,0	175,0	200,0	<b>185,8</b>	104,5%
M4	157,0	189,0	202,0	163,0	<b>177,8</b>	100,0%
					<b>197,8</b>	

### D3: 80,000 pl./ha

Momento de P	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	%
M0	196,0	193,0	192,0	193,0	<b>193,5</b>	113,9%
M1	195,0	192,0	181,0	152,0	<b>180,0</b>	106,0%
M2	221,0	185,0	177,0	185,0	<b>192,0</b>	113,0%
M3	185,0	123,0	194,5	177,0	<b>169,9</b>	100,0%
M4	175,5	185,0	202,2	199,0	<b>190,4</b>	112,1%
					<b>185,2</b>	

### Análisis de Variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	F tab	Significación
Bloques	3	1103,34	367,78	1,95	4,76	NS
Densidades (D)	2	1806,21	903,11	4,79	5,14	NS
Error(A)	6	1132,03	188,67	0,33		
Momentos de aplicación (M)	4	3942,51	985,63	1,7	2,63	NS
Interacción (DDxMM)	8	5095,81	636,98	1,1	2,21	NS
Error(B)	36	20888,73	580,24			
Total	59	33968,63				
CV	12.49 %					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

## ANEXO 2: Área Foliar (cm<sup>2</sup>/planta)

### D1: 60,000 pl./ha

Momento de P	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	%
M0	6542	8110	9406	9422	<b>8370</b>	142,0%
M1	6949	6034	7933	8195	<b>7278</b>	123,5%
M2	4299	6331	8883	8169	<b>6921</b>	117,4%
M3	7780	5078	9470	6721	<b>7262</b>	123,2%
M4	5152	5816	7356	5253	<b>5895</b>	100,0%
					<b>7145</b>	

### D2: 70,000 pl./ha

Momento de P	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	%
M0	8600	7662	6932	9669	<b>8216</b>	137,3%
M1	7024	5614	5814	5489	<b>5985</b>	100,0%
M2	10669	11016	8438	8678	<b>9700</b>	162,1%
M3	6607	6607	8009	7987	<b>7303</b>	122,0%
M4	5895	6685	8938	4766	<b>6571</b>	109,8%
					<b>7555</b>	

### D3: 80,000 pl./ha

Momento de P	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	PROMEDIO	%
M0	7210	6703	7893	9268	<b>7768</b>	134,5%
M1	5785	5133	6130	6056	<b>5776</b>	100,0%
M2	6524	5638	5426	6536	<b>6031</b>	104,4%
M3	5870	6826	6835	6629	<b>6540</b>	113,2%
M4	7365	7304	6488	9468	<b>7656</b>	132,6%
					<b>6754</b>	

### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloques	3	9337380,79	3112460,26	1,14	4,76	NS
Densidades (D)	2	6412778,42	3206389,21	1,17	5,14	NS
Error(A)	6	16386985,1	2731164,18	2,35		
Momentos de aplicación (M)	4	23434951,6	5858737,89	5,04	2,63	**
Interacción (DDxMM)	8	36762369,1	4595296,13	3,95	2,21	**
Error(B)	36	41839718,3	1162214,4			
Total	59	134174183				
CV		15.07%				

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

## Análisis de los efectos simples para área foliar

Efectos simples del factor b

F de var	GL	SC	CM	Fc	Ftab(0,05)	Significancia
D en M0	2	780837,17	390418,58	0,26	3,26	ns
D en M1	2	5292793,17	2646396,58	4,73	3,26	*
D en M2	2	29308821,17	14654410,58	6,96	3,26	**
D en M3	2	1472895,17	736447,58	0,52	3,26	ns
D en M4	2	6320536,17	3160268,08	1,64	3,26	ns
M en d1	4	12587083,7	3146770,93	1,37	2,63	ns
M en d2	4	34139261,7	8534815,43	5,75	2,63	**
M en d3	4	12587083,7	3146770,93	1,37	2,63	ns
Error exp.	36					

Momento	Densidad	Promedio	Duncan	%
M0	d1	8370	A	142,0
M1	d1	7277,75	A	123,5
M3	d1	7262,25	A	123,2
M2	d1	6920,5	A	117,4
M4	d1	5894,25	A	100,0

Momento	Densidad	Promedio	Duncan	%
M2	d2	9700,25	A	162,1
M0	d2	8215,75	AB	137,3
M3	d2	7302,5	BC	122,0
M4	d2	6571	BC	109,8
M1	d2	5985,25	C	100,0

Momento	Densidad	Promedio	Duncan	%
M0	d3	7768,5	A	134,5
M4	d3	7656,25	A	132,6
M3	d3	6540	AB	113,2
M2	d3	6031	B	104,4
M1	d3	5776	B	100,0

Densidad	Momento	Promedio	Duncan	%
d1	M0	8370,0	A	107,7
d2	M0	8215,8	A	105,8
d3	M0	7768,5	A	100,0

Densidad	Momento	Promedio	Duncan	%
d1	M1	7277,75	A	126,0
d2	M1	5985,25	B	103,6
d3	M1	5776	B	100,0

Densidad	Momento	Promedio	Duncan	%
d2	M2	9700,25	A	160,8
d1	M2	6920,5	B	114,7
d3	M2	6031	B	100,0

Densidad	Momento	Promedio	Duncan	%
d2	M3	7302,5	A	111,7
d1	M3	7262,25	A	111,0
d3	M3	6540	A	100,0

Densidad	Momento	Promedio	Duncan	%
d3	M4	7656,25	A	129,9
d2	M4	6571	A	111,5
d1	M4	5894,25	A	100,0

### ANEXO 3: Número de hojas

#### D1: 60,000 pl./ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	10	11	14	10	<b>11,3</b>	104,7%
M1	10	11	11	12	<b>11,0</b>	102,3%
M2	9	11	11	12	<b>10,8</b>	100,0%
M3	11	11	12	12	<b>11,5</b>	107,0%
M4	13	12	11	11	<b>11,8</b>	109,3%
					<b>11,3</b>	

#### D1: 70,000 pl./ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	12	11	10	11	<b>11,0</b>	100,0%
M1	12	11	12	11	<b>11,5</b>	104,5%
M2	12	12	10	12	<b>11,5</b>	104,5%
M3	11	11	13	11	<b>11,5</b>	104,5%
M4	12	12	12	12	<b>12,0</b>	109,1%
					<b>11,5</b>	

#### D1: 80,000 pl./ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	9	10	10	11	<b>10,0</b>	100,0%
M1	10	10	11	11	<b>10,5</b>	105,0%
M2	11	10	10	11	<b>10,5</b>	105,0%
M3	11	14	11	10	<b>11,5</b>	115,0%
M4	11	12	12	13	<b>12,0</b>	120,0%
					<b>10,9</b>	

#### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloques	3	1,65	0,55	0,67	4,76	NS
Densidades (D)	2	3,63	1,82	2,22	5,14	NS
Error(A)	6	4,9	0,82	0,76		
Momentos de aplicación (M)	4	11,1	2,78	2,58	2,63	NS
Interacción (DDxMM)	8	4,2	0,52	0,49	2,21	NS
Error(B)	36	38,7	1,08			
Total	59	64,18				
CV	9.24					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

**ANEXO 4: Diámetro de tallo (cm)**

**D1: 60,000 pl./ha**

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	1,15	1,34	1,65	1,65	<b>1,45</b>	111,6%
M1	1,21	1,20	1,50	1,52	<b>1,36</b>	104,6%
M2	1,37	1,52	1,62	1,60	<b>1,53</b>	117,7%
M3	1,45	1,23	1,35	1,16	<b>1,30</b>	100,0%
M4	1,13	1,41	1,78	1,37	<b>1,42</b>	109,6%
					<b>1,41</b>	

**D2: 70,000 pl./ha**

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	1,79	1,25	1,38	1,57	<b>1,50</b>	123,7%
M1	1,23	1,22	1,26	1,13	<b>1,21</b>	100,0%
M2	1,56	1,66	1,19	1,11	<b>1,38</b>	114,0%
M3	1,00	1,50	1,12	1,51	<b>1,28</b>	106,0%
M4	1,10	1,29	1,71	1,17	<b>1,32</b>	108,9%
					<b>1,34</b>	

**D3: 80,000 pl./ha**

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	1,08	1,97	1,36	1,25	<b>1,42</b>	119,4%
M1	1,18	1,08	1,12	1,36	<b>1,19</b>	100,0%
M2	1,14	1,25	1,28	1,42	<b>1,27</b>	107,4%
M3	1,34	1,39	1,39	1,73	<b>1,46</b>	123,4%
M4	1,46	1,40	1,46	1,77	<b>1,52</b>	128,5%
					<b>1,37</b>	

**Análisis de variancia  
(ANVA)**

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloques	3	0,19	0,06	1,18	4,76	NS
Densidades (D)	2	0,05	0,03	0,5	5,14	NS
Error(A)	6	0,32	0,05	1,19		
Momentos de aplicación (M)	4	0,30	0,07	1,66	2,63	NS
Interacción(DDxMM)	8	0,32	0,04	0,91	2,21	NS
Error(B)	36	1,61	0,04			
Total	59	2,8				
CV	15.41%					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45DD E)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

**ANEXO 5: Materia Seca Total (g)**

**D1: 60,000 pl/ha**

Momento de aplicación	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	208,09	227,38	223,19	260,23	<b>229,72</b>	115,3%
M1	221,90	196,33	218,88	205,83	<b>210,73</b>	105,7%
M2	202,68	199,66	226,96	244,17	<b>218,37</b>	109,6%
M3	208,13	193,36	202,15	193,50	<b>199,28</b>	100,0%
M4	211,78	200,69	249,66	202,78	<b>216,23</b>	108,5%
					<b>214,87</b>	

**D2: 70,000 pl/ha**

Momento de aplicación	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	220,56	189,98	189,45	196,30	<b>199,07</b>	110,7%
M1	187,17	186,36	186,49	159,03	<b>179,76</b>	100,0%
M2	233,12	270,52	225,79	174,82	<b>226,06</b>	125,8%
M3	160,22	203,14	226,59	219,94	<b>202,47</b>	112,6%
M4	145,47	212,50	237,59	179,84	<b>193,85</b>	107,8%
					<b>200,24</b>	

**D3: 80,000 pl/ha**

Momento de aplicación	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	164,54	192,95	198,94	202,07	<b>189,62</b>	110,4%
M1	166,81	177,42	168,09	174,41	<b>171,68</b>	100,0%
M2	206,87	180,76	189,46	188,58	<b>191,42</b>	111,5%
M3	181,26	215,39	203,21	223,09	<b>205,74</b>	119,8%
M4	203,52	203,99	213,00	252,97	<b>218,37</b>	127,2%
					<b>195,37</b>	

**Análisis de variancia (ANVA)**

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloques	3	1939,9285	646,64	0,95	4,76	NS
Densidades (D)	2	4123,926333	2061,96	3,04	5,14	NS
Error(A)	6	4069,863	678,31	1,5		
Momentos de aplicación (M)	4	4500,495667	1125,12	2,5	2,63	NS
Interacción (DDxMM)	8	6994,370333	874,3	1,94	2,21	NS
Error(B)	36	16231,926	450,88683			
Total	59	37860,50983				
CV						10.43 %

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DEE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

### ANEXO 6: Materia Seca Hojas (g/planta)

#### D1: 60,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	34,27	53,48	38,40	60,98	<b>46,78</b>	147,1%
M1	38,19	35,33	41,20	36,58	<b>37,82</b>	118,9%
M2	24,11	20,09	43,81	39,20	<b>31,80</b>	100,0%
M3	33,84	26,11	43,32	28,77	<b>33,01</b>	103,8%
M4	33,52	33,38	37,43	32,85	<b>34,30</b>	107,8%
					<b>36,74</b>	

#### D2: 70,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	56,24	32,61	44,08	56,81	<b>47,44</b>	162,5%
M1	30,24	31,20	35,03	20,27	<b>29,19</b>	100,0%
M2	53,51	74,21	51,31	29,63	<b>52,16</b>	178,7%
M3	17,83	36,16	57,05	48,04	<b>39,77</b>	136,3%
M4	20,52	45,21	66,32	36,04	<b>42,02</b>	144,0%
					<b>42,12</b>	

#### D3: 80,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	23,13	40,96	37,22	34,54	<b>33,96</b>	129,1%
M1	29,71	25,99	22,55	27,00	<b>26,32</b>	100,0%
M2	36,62	30,74	24,81	41,81	<b>33,50</b>	127,3%
M3	30,01	40,93	46,17	51,67	<b>42,19</b>	160,3%
M4	36,62	39,22	47,18	63,16	<b>46,54</b>	176,9%
					<b>36,50</b>	

#### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloques	3	716,14	238,71	2,32	4,76	NS
Densidades (D)	2	401,71	200,86	1,95	5,14	NS
Error(A)	6	617,23	102,87	0,87		
Momentos de aplicación (M)	4	946,54	236,63	2	2,63	NS
Interacción (DDxMM)	8	1858,88	232,36	1,96	2,21	NS
Error(B)	36	4266,49	118,51			
Total	59	8806,99				
CV		28.31%				

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DEE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

**ANEXO 7: Materia Seca Tallo (g/planta)**

**D1: 60,000 pl/ha**

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
<b>M0</b>	31,54	42,26	52,19	79,75	<b>51,43</b>	116,8%
<b>M1</b>	38,71	37,49	42,14	83,01	<b>50,34</b>	114,3%
<b>M2</b>	45,38	43,12	48,17	77,02	<b>53,42</b>	121,3%
<b>M3</b>	44,46	32,88	35,61	63,21	<b>44,04</b>	100,0%
<b>M4</b>	27,98	29,90	62,43	82,90	<b>50,80</b>	115,4%
					<b>50,01</b>	

**D2: 70,000 pl/ha**

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
<b>M0</b>	38,35	40,94	29,15	44,28	<b>38,18</b>	138,0%
<b>M1</b>	33,59	28,72	28,63	19,73	<b>27,67</b>	100,0%
<b>M2</b>	56,25	52,87	49,16	27,74	<b>46,51</b>	168,1%
<b>M3</b>	17,91	37,82	45,71	50,23	<b>37,92</b>	137,0%
<b>M4</b>	20,83	39,39	56,14	22,28	<b>34,66</b>	125,3%
					<b>36,99</b>	

**D3: 80,000 pl/ha**

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
<b>M0</b>	25,03	33,13	33,93	47,20	<b>34,82</b>	161,4%
<b>M1</b>	21,68	17,01	22,32	25,30	<b>21,58</b>	100,0%
<b>M2</b>	37,73	22,77	32,66	23,91	<b>29,27</b>	135,6%
<b>M3</b>	20,60	44,50	30,28	52,46	<b>36,96</b>	171,3%
<b>M4</b>	40,19	33,15	41,97	56,85	<b>43,04</b>	199,5%
					<b>33,13</b>	

**Análisis de variancia  
(ANVA)**

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloques	3	611,67	203,89	1,68	4,76	NS
Densidades (D)	2	934,78	467,39	3,85	5,14	NS
Error(A)	6	727,71	121,28	1		
Momentos de aplicación (M)	4	1166,16	291,54	2,4	2,63	NS
Interacción (DDxMM)	8	1400,92	175,11	1,44	2,21	NS
Error(B)	36	4380,75	121,69			
Total	59	9221,99				
CV	29.32%					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DEE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

### ANEXO 8: Materia Seca mazorca (g/planta)

#### D1: 60,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	104,13	100,68	85,53	100,68	<b>97,76</b>	100%
M1	112,79	97,41	90,95	100,78	<b>100,48</b>	103%
M2	111,17	111,16	93,27	97,38	<b>103,24</b>	106%
M3	106,48	98,73	91,15	103,81	<b>100,04</b>	102%
M4	119,25	110,25	86,28	112,82	<b>107,15</b>	110%
					<b>101,73</b>	

#### D2: 70,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	87,64	90,61	114,08	87,07	<b>94,85</b>	100,0%
M1	89,45	95,93	116,61	93,70	<b>98,93</b>	104,3%
M2	94,26	103,30	100,34	92,81	<b>97,68</b>	103,0%
M3	90,79	91,86	112,92	89,57	<b>96,28</b>	101,5%
M4	80,55	97,16	111,11	91,48	<b>95,07</b>	100,2%
					<b>96,56</b>	

#### D3: 80,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	97,07	96,12	91,88	95,29	<b>95,09</b>	100,0%
M1	91,45	102,84	91,77	96,79	<b>95,71</b>	100,7%
M2	101,02	101,38	96,66	92,91	<b>97,99</b>	103,1%
M3	103,48	102,71	94,14	88,85	<b>97,29</b>	102,3%
M4	101,90	101,15	97,97	92,97	<b>98,49</b>	103,6%
					<b>96,92</b>	

#### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	160,74	53,58	0,12	4,76	NS
Densidades (D)	2	334,63	167,31	0,37	5,14	NS
Error(A)	6	2748,25	458,04	20,92		
Momentos (M)	4	138,5	34,62	1,58	2,63	NS
Interacción (DDxMM)	8	153,16	19,14	0,87	2,21	NS
Error(B)	36	788,23	21,9			
Total	59	4323,5				
CV	4.75%					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DEE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

### ANEXO 9: Materia Seca Panoja (g/planta)

#### D1: 60,000 pl/ha

Momento de aplicación	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	4,42	11,16	9,31	10,36	<b>8,81</b>	190,7%
M1	5,51	4,61	6,30	4,66	<b>5,27</b>	114,1%
M2	5,72	4,99	6,90	8,96	<b>6,64</b>	143,8%
M3	4,45	5,54	5,22	3,27	<b>4,62</b>	100,0%
M4	3,93	7,46	7,65	7,09	<b>6,53</b>	141,4%
					<b>6,38</b>	

#### D2: 70,000 pl/ha

Momento de aplicación	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	12,38	5,42	6,38	8,15	<b>8,08</b>	165,5%
M1	5,17	5,05	7,12	2,20	<b>4,89</b>	100,0%
M2	7,37	7,85	5,16	3,43	<b>5,95</b>	121,9%
M3	3,78	7,04	7,66	12,20	<b>7,67</b>	157,0%
M4	4,92	5,74	9,27	4,44	<b>6,09</b>	124,7%
					<b>6,54</b>	

#### D3: 80,000 pl/ha

Momento de aplicación	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	1,21	5,29	10,91	7,58	<b>6,25</b>	129,3%
M1	4,37	11,68	7,05	6,40	<b>7,38</b>	152,7%
M2	5,10	3,65	5,22	5,35	<b>4,83</b>	100,0%
M3	4,67	7,26	5,63	11,21	<b>7,19</b>	148,9%
M4	5,21	7,02	7,09	10,19	<b>7,38</b>	152,7%
					<b>6,60</b>	

#### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	35,45	11,82	2,32	4,76	NS
Densidades (D)	2	0,56	0,28	0,05	5,14	NS
Error(A)	6	30,53	5,09	0,88		
Momentos (M)	4	28,74	7,18	1,24	2,63	NS
Interacción(DDxMM)	8	59,71	7,46	1,29	2,21	NS
Error(B)	36	208,04	5,78			
Total	59	363,02				
CV	36.9%					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DEE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

### ANEXO 10: Materia Seca panca (g/planta)

#### D1: 60,000 pl/ha

Momento de aplicación	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	33,72	19,80	22,70	19,21	<b>23,86</b>	113,2%
M1	26,70	21,50	25,90	24,30	<b>24,60</b>	116,7%
M2	16,30	20,30	19,80	29,20	<b>21,40</b>	101,6%
M3	18,90	30,10	15,40	19,89	<b>21,07</b>	100,0%
M4	27,10	19,70	18,42	25,10	<b>22,58</b>	107,2%
					<b>22,70</b>	

#### D2: 70,000 pl/ha

Momento de aplicación	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	25,95	20,40	24,31	18,94	<b>23,55</b>	106,1%
M1	28,72	25,46	24,76	23,12	<b>25,52</b>	114,9%
M2	21,73	32,28	26,89	21,21	<b>25,53</b>	115,0%
M3	29,92	30,26	25,01	19,90	<b>26,27</b>	118,3%
M4	18,65	25,00	19,57	25,60	<b>22,21</b>	100,0%
					<b>24,61</b>	

#### D3: 80,000 pl/ha

Momento de aplicación	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	18,10	17,45	25,00	17,46	<b>19,50</b>	100,0%
M1	19,60	19,90	24,40	18,91	<b>20,70</b>	106,2%
M2	26,40	22,22	30,11	24,60	<b>25,83</b>	132,5%
M3	22,50	20,00	27,00	18,90	<b>22,10</b>	113,3%
M4	19,60	23,45	18,80	29,80	<b>22,91</b>	117,5%
					<b>22,21</b>	

#### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	11,13	3,71	0,14	4,76	NS
Densidades (D)	2	52,25	26,12	0,99	5,14	NS
Error(A)	6	157,88	26,31	1,37		
Momentos (M)	4	38,78	9,7	0,5	2,63	NS
Interacción (DDxMM)	8	149,61	18,7	0,97	2,21	NS
Error(B)	36	692,99	19,25			
Total	59	1102,64				
CV		18,99%				

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

## ANEXO 11: Rendimiento total (kg/h)

### D1: 60,000 pl/ha

Momento de aplicación	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	7344,9	7199,3	7193,3	6820,3	<b>7139,5</b>	100,0%
M1	7641,2	7331,8	7288,5	7206,3	<b>7366,9</b>	103,2%
M2	7949,6	7840,2	7637,6	7329,9	<b>7689,3</b>	107,7%
M3	7844,4	7060,1	7336,7	7321,8	<b>7390,7</b>	103,5%
M4	7476,6	7219,8	7596,0	7218,5	<b>7377,7</b>	103,3%
					<b>7392,8</b>	

### D2: 70,000 pl/ha

Momento de aplicación	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	7764,1	8184,3	7725,7	7787,8	<b>7865,4</b>	104,7%
M1	7743,2	8664,9	7691,2	8017,2	<b>8029,1</b>	106,8%
M2	8064,9	8942,2	7980,3	8145,7	<b>8283,3</b>	110,2%
M3	7896,5	8216,3	8075,8	7752,9	<b>7985,4</b>	106,3%
M4	7069,7	8044,6	7717,8	7229,8	<b>7515,5</b>	100,0%
					<b>7935,7</b>	

### D3: 80,000 pl/ha

Momento de aplicación	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	9775,3	9679,5	9252,4	8965,6	<b>9418,2</b>	104,0%
M1	9293,2	10062,8	9325,2	9107,1	<b>9447,1</b>	104,4%
M2	10083,8	10302,2	9360,3	9356,4	<b>9775,7</b>	108,0%
M3	9502,5	9547,8	9084,6	8693,8	<b>9207,2</b>	101,7%
M4	9077,6	9491,7	8996,2	8642,4	<b>9052,0</b>	100,0%
					<b>9380,0</b>	

### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	2413984,18	804661,39	2,58	4,76	NS
Densidades (D)	2	42197069,8	21098534,9	67,55	5,14	**
Error(A)	6	1873966,51	312327,75	9,31		
Momentos (M)	4	2372055,47	593013,87	17,68	2,63	**
Interacción (DDxMM)	8	694039,16	70774,16	2,11	2,21	NS
Error(B)	36	1207521,24	33542,26			
Total	59	50758636,4				
CV		2.22%				

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

## ANEXO 12: Rendimiento comercial (kg/h)

### D1: 60,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	7124,56	6889,75	6833,64	6581,62	<b>6857,39</b>	100,0%
M1	7335,52	7111,85	7069,82	6845,97	<b>7090,79</b>	103,4%
M2	7671,36	7448,20	7408,49	7036,72	<b>7391,19</b>	107,8%
M3	7530,63	6707,07	7079,91	6955,70	<b>7068,33</b>	103,1%
M4	7229,84	6894,94	7292,13	6893,69	<b>7077,65</b>	103,2%
					<b>7097,07</b>	

### D2: 70,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	7453,52	7856,88	7339,38	7530,76	<b>7545,14</b>	104,7%
M1	7386,98	8404,91	7391,24	7696,52	<b>7719,91</b>	107,1%
M2	7782,58	8495,12	7700,96	7738,43	<b>7929,27</b>	110,0%
M3	7580,64	7928,76	7793,12	7419,57	<b>7680,52</b>	106,6%
M4	6836,39	7682,61	7409,05	6904,47	<b>7208,13</b>	100,0%
					<b>7616,59</b>	

### D3: 80,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	9482,07	9263,25	8789,81	8580,05	<b>9028,80</b>	104,0%
M1	8921,46	9730,76	9045,42	8651,72	<b>9087,34</b>	104,7%
M2	9730,91	9787,09	8985,89	8888,61	<b>9348,12</b>	107,7%
M3	9027,39	9070,39	8766,68	8259,15	<b>8780,90</b>	101,1%
M4	8777,99	9064,61	8636,39	8253,48	<b>8683,12</b>	100,0%
					<b>8985,66</b>	

### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	2379712,88	793237,63	2,49	4,76	NS
Densidades (D)	2	38073609,8	19036804,9	59,73	5,14	**
Error(A)	6	1912188,42	318698,07	9,67		
Momentos (M)	4	2150798,93	537699,73	16,32	2,63	**
Interacción (DDxMM)	8	676060,79	67217,53	2,04	2,21	NS
Error(B)	36	1186191,8	32949,77			
Total	59	46378562,6				
CV	2.3%					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

### ANEXO 13: Rendimiento de primera calidad (kg/h)

#### D1: 60,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	5773,09	5543,48	5466,91	5101,61	<b>5471,27</b>	100%
M1	5730,88	5616,16	5582,97	5404,72	<b>5583,68</b>	102%
M2	5922,45	5880,16	5957,34	5460,79	<b>5805,18</b>	106%
M3	6040,20	5259,75	5795,99	5564,56	<b>5665,12</b>	104%
M4	5607,43	5552,05	5696,98	5558,26	<b>5603,68</b>	102%
					<b>5625,79</b>	

#### D2: 70,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	5823,06	6138,19	5871,50	5903,12	<b>5933,97</b>	104%
M1	5807,37	6723,93	5883,77	6012,91	<b>6106,99</b>	107%
M2	6129,29	6697,73	6224,61	6076,70	<b>6282,08</b>	110%
M3	5922,37	6121,16	6379,86	5969,77	<b>6098,29</b>	107%
M4	5302,27	6154,14	5850,06	5566,95	<b>5718,35</b>	100%
					<b>6027,94</b>	

#### D3: 80,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	7751,84	7482,23	7031,85	6706,24	<b>7243,04</b>	104%
M1	6997,77	7688,01	7133,76	6875,84	<b>7173,84</b>	103%
M2	7512,46	7726,65	7310,40	6970,54	<b>7380,01</b>	106%
M3	7221,91	7151,28	6995,17	6607,32	<b>6993,92</b>	101%
M4	6808,16	7488,98	6837,15	6654,63	<b>6947,23</b>	100%
					<b>7147,61</b>	

#### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	1548959,47	516319,82	2,4	4,76	NS
Densidades (D)	2	24874773,2	12437386,6	57,78	5,14	**
Error(A)	6	1291459,14	215243,19	5,98		
Momentos (M)	4	1007820,62	251955,16	7	2,63	**
Interacción (DDxMM)	8	463690,49	57961,31	1,61	2,21	NS
Error(B)	36	1295714,69	35992,07			
Total	59	30482417,6				
CV	3.03%					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

### ANEXO 14: Rendimiento de segunda calidad (kg/h)

#### D1: 60,000 pl./ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	1351,46	1346,27	1366,73	1480,01	<b>1386,12</b>	100%
M1	1604,65	1495,69	1486,85	1441,26	<b>1507,11</b>	109%
M2	1748,91	1568,04	1451,15	1575,93	<b>1586,01</b>	114%
M3	1490,44	1447,32	1283,92	1391,14	<b>1403,20</b>	101%
M4	1622,42	1342,89	1595,15	1335,43	<b>1473,97</b>	106%
					<b>1471,28</b>	

#### D2: 70,000 pl./ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	1630,46	1718,69	1467,88	1627,64	<b>1611,17</b>	108%
M1	1579,60	1680,98	1507,47	1683,61	<b>1612,92</b>	108%
M2	1653,29	1797,39	1476,35	1661,73	<b>1647,19</b>	111%
M3	1658,26	1807,59	1413,26	1449,80	<b>1582,23</b>	106%
M4	1534,12	1528,48	1558,99	1337,51	<b>1489,78</b>	100%
					<b>1588,66</b>	

#### D3: 80,000 pl./ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	1730,23	1781,02	1757,96	1873,80	<b>1785,76</b>	103%
M1	1923,69	2042,76	1911,66	1775,88	<b>1913,50</b>	110%
M2	2218,45	2060,44	1675,49	1918,07	<b>1968,11</b>	113%
M3	1805,48	1919,10	1771,50	1651,83	<b>1786,98</b>	103%
M4	1969,83	1575,63	1799,25	1598,84	<b>1735,89</b>	100%
					<b>1838,05</b>	

#### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	190499,39	63499,8	4,19	4,76	NS
Densidades (D)	2	1403273,53	701636,76	46,33	5,14	**
Error(A)	6	90872,11	15145,35	1,15		
Momentos (M)	4	238247,71	59561,93	4,52	2,63	**
Interacción (DDxMM)	8	78041,32	9755,17	0,74	2,21	NS
Error(B)	36	474072,26	13168,67			
Total	59	2475006,33				
CV		7.03%				

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

### ANEXO 15: Rendimiento descarte (kg/h)

#### D1: 60,000 pl./ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	220,35	309,57	359,67	225,07	<b>278,66</b>	100,9%
M1	305,65	219,95	218,65	360,31	<b>276,14</b>	100,0%
M2	278,24	392,01	229,13	293,20	<b>298,14</b>	108,0%
M3	313,78	353,00	256,78	366,09	<b>322,41</b>	116,8%
M4	246,73	324,89	303,84	324,83	<b>300,07</b>	108,7%
					<b>295,09</b>	

#### D2: 70,000 pl./ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	310,56	327,37	386,28	257,00	<b>320,30</b>	105,1%
M1	356,19	259,95	299,96	320,69	<b>309,19</b>	101,4%
M2	282,27	447,11	279,31	407,29	<b>353,99</b>	116,1%
M3	315,86	287,57	282,65	333,38	<b>304,87</b>	100,0%
M4	233,30	362,01	308,71	325,34	<b>307,34</b>	100,8%
					<b>319,14</b>	

#### D3: 80,000 pl./ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	293,26	416,22	462,62	385,52	<b>389,40</b>	108,2%
M1	371,73	332,07	279,76	455,35	<b>359,73</b>	100,0%
M2	352,93	515,11	374,41	467,82	<b>427,57</b>	118,9%
M3	475,13	477,39	317,96	434,69	<b>426,29</b>	118,5%
M4	299,56	427,13	359,85	388,91	<b>368,86</b>	102,5%
					<b>394,37</b>	

#### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	34198,4	11399,47	13,22	4,76	**
Densidades (D)	2	107297,89	53648,95	62,22	5,14	**
Error(A)	6	5173,37	862,23	0,23		
Momentos (M)	4	16756,45	4189,11	1,12	2,63	NS
Interacción(DDxMM)	8	11491,32	1436,42	0,38	2,21	NS
Error(B)	36	135176,45	3754,9			
Total	59	310093,87				
CV	18.23%					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

## ANEXO 16: Número de plantas / m<sup>2</sup>

### D1: 60,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	5,67	6,00	6,00	6,00	<b>5,92</b>	106,0%
M1	6,00	6,00	5,67	6,00	<b>5,92</b>	106,0%
M2	6,00	5,67	5,67	6,00	<b>5,83</b>	104,5%
M3	5,33	6,00	6,00	5,67	<b>5,75</b>	103,0%
M4	5,67	5,33	5,33	6,00	<b>5,58</b>	100,0%
					<b>5,80</b>	

### D2: 70,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	6,67	7,33	7,33	7,00	<b>7,08</b>	104,9%
M1	7,33	7,33	6,67	7,00	<b>7,08</b>	104,9%
M2	7,00	7,33	7,00	6,33	<b>6,92</b>	102,5%
M3	6,00	7,00	6,67	7,33	<b>6,75</b>	100,0%
M4	6,33	7,33	7,00	7,33	<b>7,00</b>	103,7%
					<b>6,97</b>	

### D3: 80,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	8,00	8,00	8,00	8,33	<b>8,08</b>	106,6%
M1	8,33	8,33	8,33	8,33	<b>8,33</b>	109,9%
M2	7,67	8,33	8,00	8,00	<b>8,00</b>	105,5%
M3	7,67	8,00	6,33	8,33	<b>7,58</b>	100,0%
M4	8,00	7,00	7,67	8,00	<b>7,67</b>	101,1%
					<b>7,93</b>	

### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	F <sub>cal</sub>	F <sub>tab</sub>	Significación
Bloque	3	0,81	0,27	1,91	4,76	NS
Densidades (D)	2	45,05	22,53	159,63	5,14	**
Error(A)	6	0,85	0,14	0,99		
Momentos (M)	4	1,49	0,37	2,61	2,63	NS
Interacción (DDxMM)	8	0,57	0,07	0,5	2,21	NS
Error(B)	36	5,14	0,14			
Total	59	53,91				
CV	5.48%					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

### ANEXO 17: Numero de mazorcas por planta

#### D1: 60,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	1,06	1,06	1,06	1,00	<b>1,04</b>	109,1%
M1	1,00	1,11	1,06	1,06	<b>1,06</b>	110,5%
M2	1,06	1,06	1,06	1,11	<b>1,07</b>	112,1%
M3	1,13	1,06	1,06	1,06	<b>1,07</b>	112,3%
M4	0,94	1,00	0,94	0,94	<b>0,96</b>	100,0%
					<b>1,04</b>	

#### D2: 70,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	1,10	1,09	1,09	1,10	<b>1,09</b>	105,3%
M1	1,05	1,09	1,05	1,05	<b>1,06</b>	101,9%
M2	1,05	1,05	1,05	1,11	<b>1,06</b>	102,2%
M3	1,11	1,10	1,10	1,05	<b>1,09</b>	104,7%
M4	1,11	1,00	1,10	0,95	<b>1,04</b>	100,0%
					<b>1,07</b>	

#### D3: 80,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	1,08	1,08	1,08	1,00	<b>1,06</b>	106,1%
M1	1,08	1,04	1,08	1,00	<b>1,05</b>	104,8%
M2	1,09	1,08	1,04	1,08	<b>1,07</b>	107,1%
M3	1,00	1,00	1,11	1,04	<b>1,04</b>	103,5%
M4	0,96	1,05	1,00	1,00	<b>1,00</b>	100,0%
					<b>1,04</b>	

#### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	0,0093	0,0031	3,290	4,76	NS
Densidades (D)	2	0,0023	0,0011	1,240	5,14	NS
Error(A)	6	0,0057	0,0009	0,450		
Momentos (M)	4	0,0610	0,0152	7,320	2,63	**
Interacción (DDxMM)	8	0,0560	0,0044	2,200	2,21	NS
Error(B)	36	1,0750	0,002			
Total	59	0,2093				
CV	4.33%					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

### ANEXO 18: Peso promedio de mazorca (g)

#### D1: 60,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	126,07	117,07	116,97	117,07	<b>119,29</b>	100,0%
M1	131,16	113,26	125,10	117,18	<b>121,68</b>	102,0%
M2	129,27	134,57	131,10	113,23	<b>127,04</b>	106,5%
M3	134,64	114,80	119,30	125,67	<b>123,61</b>	103,6%
M4	144,37	139,41	156,46	131,19	<b>142,86</b>	119,8%
					<b>126,90</b>	

#### D2: 70,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	109,04	105,36	99,45	104,61	<b>104,62</b>	100,0%
M1	104,01	111,55	113,16	112,59	<b>110,33</b>	105,5%
M2	113,26	120,12	112,07	119,84	<b>116,32</b>	111,2%
M3	121,99	110,37	113,41	104,15	<b>112,48</b>	107,5%
M4	104,01	112,98	103,67	106,37	<b>106,76</b>	102,0%
					<b>110,10</b>	

#### D3: 80,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	116,16	115,02	109,95	110,80	<b>112,98</b>	101,5%
M1	106,34	119,58	106,71	112,55	<b>111,29</b>	100,0%
M2	124,62	117,89	115,68	111,18	<b>117,34</b>	105,4%
M3	127,65	122,91	133,66	103,31	<b>121,88</b>	109,5%
M4	121,94	133,30	120,85	111,26	<b>121,84</b>	109,5%
					<b>117,07</b>	

#### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	475,66	158,55	2,25	4,76	NS
Densidades (D)	2	2852,02	1426,01	20,26	5,14	**
Error(A)	6	422,28	70,38	1,62		
Momentos (M)	4	1029,63	257,41	5,94	2,63	**
Interacción (DDxMM)	8	1098,9	94,96	2,19	2,21	NS
Error(B)	36	1560,88	43,36			
Total	59	7439,37				
CV	5.58%					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

### ANEXO 19: Longitud de mazorca (cm)

#### D1: 60,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	15,10	13,16	14,68	14,76	<b>14,43</b>	100,0%
M1	15,78	16,64	13,64	16,30	<b>15,59</b>	108,1%
M2	14,90	14,72	13,58	16,88	<b>15,02</b>	104,1%
M3	15,40	15,82	14,60	13,72	<b>14,89</b>	103,2%
M4	17,72	15,56	18,08	15,12	<b>16,62</b>	115,2%
					<b>15,31</b>	

#### D2: 70,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	14,60	14,32	12,38	14,52	<b>13,96</b>	100,0%
M1	14,30	15,34	14,20	14,52	<b>14,59</b>	104,6%
M2	15,40	14,04	15,44	14,16	<b>14,76</b>	105,8%
M3	15,30	15,18	12,10	15,44	<b>14,51</b>	103,9%
M4	15,01	14,78	15,00	13,54	<b>14,58</b>	104,5%
					<b>14,48</b>	

#### D3: 80,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	16,84	14,98	16,10	12,90	<b>15,21</b>	105,9%
M1	14,54	16,32	12,66	14,48	<b>14,50</b>	101,0%
M2	14,98	14,34	14,60	16,78	<b>15,18</b>	105,7%
M3	14,64	13,36	17,02	12,42	<b>14,36</b>	100,0%
M4	16,02	13,52	15,68	12,38	<b>14,40</b>	100,3%
					<b>14,73</b>	

#### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	6,21	2,07	1,7	4,76	NS
Densidades (D)	2	7,24	3,62	2,97	5,14	NS
Error(A)	6	7,31	1,22	0,68		
Momentos(M)	4	3,8	0,95	0,53	2,63	NS
Interacción(DDxMM)	8	11,96	1,5	0,84	2,21	NS
Error(B)	36	64,44	1,79			
Total	59	100,97				
CV		9.06%				

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

## ANEXO 20: Diámetro de mazorca

### D1: 60,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	4,86	4,85	4,69	4,90	<b>4,83</b>	106,3%
M1	4,63	4,65	4,23	4,67	<b>4,54</b>	100,0%
M2	4,98	4,45	4,36	4,84	<b>4,66</b>	102,5%
M3	4,73	4,39	4,74	4,87	<b>4,69</b>	103,1%
M4	4,95	4,32	4,69	4,64	<b>4,65</b>	102,4%
					<b>4,67</b>	

### D2: 70,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	4,77	4,54	4,44	4,70	<b>4,61</b>	101,9%
M1	4,61	4,69	4,32	4,67	<b>4,57</b>	100,9%
M2	4,81	4,90	4,51	5,06	<b>4,82</b>	106,4%
M3	4,58	4,49	4,68	4,86	<b>4,65</b>	102,7%
M4	3,90	4,58	4,74	4,90	<b>4,53</b>	100,0%
					<b>4,64</b>	

### D3: 80,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	4,79	4,58	4,48	4,78	<b>4,66</b>	101,6%
M1	4,45	5,12	4,42	4,95	<b>4,74</b>	103,3%
M2	4,73	4,71	4,66	4,24	<b>4,58</b>	100,0%
M3	4,96	4,93	4,75	5,00	<b>4,91</b>	107,1%
M4	4,52	4,71	4,95	4,16	<b>4,58</b>	100,0%
					<b>4,69</b>	

### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	0,23	0,08	0,83	4,76	NS
Densidades (D)	2	0,03	0,02	0,18	5,14	NS
Error(A)	6	0,55	0,09	1,7		
Momentos (M)	4	0,2	0,05	0,93	2,63	NS
Interacción (DDxMM)	8	0,46	0,06	1,06	2,21	NS
Error(B)	36	1,93	0,05			
Total	59	3,39				
CV	4,96%					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

## ANEXO 21: Antocianinas (mg/100 g muestra original) Grano de mazorca

### D1: 60,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	132,14	202,92	147,15	162,60	<b>161,20</b>	100%
M1	172,89	151,44	203,35	173,97	<b>175,41</b>	109%
M2	230,81	207,65	244,97	186,62	<b>217,51</b>	135%
M3	235,96	207,01	137,71	286,15	<b>216,71</b>	134%
M4	111,11	211,50	162,60	163,35	<b>162,14</b>	101%
					<b>186,60</b>	

### D2: 70,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	129,13	104,25	139,86	102,11	<b>118,84</b>	100%
M1	179,76	123,99	149,53	144,58	<b>149,46</b>	126%
M2	169,46	205,31	278,00	223,95	<b>219,18</b>	184%
M3	245,83	196,49	180,42	129,56	<b>188,07</b>	158%
M4	164,33	299,88	129,56	78,08	<b>167,96</b>	141%
					<b>168,70</b>	

### D3: 80,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	272,85	192,03	177,61	160,45	<b>200,74</b>	147%
M1	264,27	205,76	181,90	219,66	<b>217,90</b>	159%
M2	192,63	152,77	169,46	91,81	<b>151,67</b>	111%
M3	125,27	158,74	121,84	140,76	<b>136,65</b>	100%
M4	113,69	172,61	206,36	213,22	<b>176,47</b>	129%
					<b>176,68</b>	

### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	3890	1296,77359	1,04	4,76	NS
Densidades (D)	2	3213	1606,64757	1,29	5,14	NS
Error(A)	6	7498	1249,65313	0,58		
Momentos (M)	4	8870	2217,37549	1,03	2,63	NS
Interacción(DDxMM)	8	45196	5649,48379	2,62	2,21	NS
Error(B)	36	77611	2155,8683			
Total	59	146278				
CV	27,56%					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

## ANEXO 22: Antocianinas (mg/100 g muestra original) Coronta de mazorca

### D1: 60,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	1076,03	1400,73	1078,97	892,35	<b>1112,02</b>	168,6%
M1	1432,91	1225,12	849,45	1686,03	<b>1298,38</b>	196,8%
M2	767,94	1471,52	1557,32	1182,21	<b>1244,75</b>	188,7%
M3	930,96	594,19	396,84	716,45	<b>659,61</b>	100,0%
M4	819,42	531,98	1121,08	1168,33	<b>910,20</b>	138,0%
					<b>1044,99</b>	

### D2: 70,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	531,98	445,57	471,92	171,61	<b>405,27</b>	100,0%
M1	730,33	469,77	1321,37	523,40	<b>761,22</b>	187,8%
M2	1141,18	883,71	444,03	1342,82	<b>952,93</b>	235,1%
M3	714,31	1469,38	190,91	963,14	<b>834,43</b>	205,9%
M4	379,68	1066,10	543,18	120,12	<b>527,27</b>	130,1%
					<b>696,22</b>	

### D3: 80,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	596,33	645,67	745,55	1074,68	<b>765,56</b>	191,3%
M1	710,02	763,65	612,02	308,89	<b>598,64</b>	149,6%
M2	306,75	453,28	285,29	555,57	<b>400,22</b>	100,0%
M3	345,36	922,38	1036,74	1133,80	<b>859,57</b>	214,8%
M4	993,84	1250,58	454,76	943,77	<b>910,74</b>	227,6%
					<b>706,95</b>	

### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	265843	88614,259	2,57	4,76	NS
Densidades (D)	2	1573514	7867565,95	22,78	5,14	**
Error(A)	6	207250	34541,67	0,3		
Momentos (M)	4	150419	37604,718	0,33	2,63	NS
Interacción (DDxMM)	8	2456710	307088,72	2,66	2,21	NS
Error(B)	36	4157714	115492,059			
Total	59	8811449				
CV	40,85%					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

## ANEXO 23: Eficiencia de uso de agua

### D1: 60,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	2,40	2,32	2,30	2,22	<b>2,31</b>	100,0%
M1	2,47	2,40	2,38	2,31	<b>2,39</b>	103,4%
M2	2,59	2,51	2,50	2,37	<b>2,49</b>	107,8%
M3	2,54	2,26	2,39	2,35	<b>2,38</b>	103,1%
M4	2,44	2,33	2,46	2,32	<b>2,39</b>	103,2%
					<b>2,39</b>	

### D2: 70,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	2,51	2,65	2,47	2,54	<b>2,54</b>	104,7%
M1	2,49	2,83	2,49	2,60	<b>2,60</b>	107,1%
M2	2,62	2,86	2,60	2,61	<b>2,67</b>	110,0%
M3	2,56	2,67	2,63	2,50	<b>2,59</b>	106,6%
M4	2,31	2,59	2,50	2,33	<b>2,43</b>	100,0%
					<b>2,57</b>	

### D3: 80,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	3,20	3,12	2,96	2,89	<b>3,04</b>	104,0%
M1	3,01	3,28	3,05	2,92	<b>3,06</b>	104,7%
M2	3,28	3,30	3,03	3,00	<b>3,15</b>	107,7%
M3	3,04	3,06	2,96	2,79	<b>2,96</b>	101,1%
M4	2,96	3,06	2,91	2,78	<b>2,93</b>	100,0%
					<b>3,03</b>	

### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	0,27	0,09	2,48	4,76	NS
Densidades (D)	2	4,33	2,17	60,31	5,14	**
Error(A)	6	0,22	0,04	9,50		
Momentos (M)	4	0,24	0,06	16,08	2,63	**
Interacción (DDxMM)	8	0,08	0,008	2,10	2,21	NS
Error(B)	36	0,14	0,0038			
Total	59	5,27				
CV		2,31%				

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

## ANEXO 24: Coeficiente de transpiración

### D1: 60,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	226,3	195,6	199,3	170,9	<b>198,0</b>	100,0%
M1	200,5	226,6	215,2	216,1	<b>214,6</b>	108,3%
M2	219,5	235,9	207,5	182,2	<b>211,3</b>	106,7%
M3	240,4	230,0	220,0	243,4	<b>233,5</b>	117,9%
M4	222,4	249,3	200,4	219,4	<b>222,9</b>	112,5%
					<b>216,1</b>	

### D2: 70,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	181,5	191,6	192,1	194,2	<b>189,9</b>	107,3%
M1	194,4	195,3	214,7	239,8	<b>211,0</b>	119,2%
M2	163,6	134,5	168,9	241,1	<b>177,0</b>	100,0%
M3	277,6	187,7	176,7	165,5	<b>201,9</b>	114,0%
M4	289,7	171,3	160,5	202,4	<b>206,0</b>	116,4%
					<b>197,1</b>	

### D3: 80,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	202,8	172,9	167,7	158,5	<b>175,5</b>	108,6%
M1	192,0	180,5	190,5	183,6	<b>186,7</b>	115,6%
M2	168,3	177,2	176,1	176,9	<b>174,6</b>	108,1%
M3	192,1	154,9	207,4	143,6	<b>174,5</b>	108,0%
M4	163,9	186,9	163,4	131,9	<b>161,5</b>	100,0%
					<b>174,5</b>	

### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	3452,86	1150,95	1,01	4,76	NS
Densidades (D)	2	17272,27	8636,13	7,56	5,14	NS
Error(A)	6	6852,83	1142,14	1,58		
Momentos (M)	4	3078,95	769,74	1,07	2,63	NS
Interacción (DDxMM)	8	3996,01	499,5	0,69	2,21	NS
Error(B)	36	25984,7	721,8			
Total	59	60637,61				
CV		13.71%				

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

## ANEXO 25: Índice de cosecha

### D1: 60,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	50,04	44,28	45,07	38,69	<b>44,52</b>	100,0%
M1	50,83	49,61	47,21	48,96	<b>49,15</b>	110,4%
M2	54,85	55,67	47,71	39,88	<b>49,53</b>	111,3%
M3	51,16	51,06	50,75	53,65	<b>51,66</b>	116,0%
M4	56,31	54,94	49,56	55,64	<b>54,11</b>	121,5%
					<b>49,79</b>	

### D2: 70,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	39,73	47,69	45,15	44,35	<b>44,23</b>	100,0%
M1	47,79	51,47	48,77	58,92	<b>51,74</b>	117,0%
M2	40,43	38,19	41,31	53,09	<b>43,25</b>	97,8%
M3	56,66	45,22	40,23	40,72	<b>45,71</b>	103,3%
M4	55,37	45,72	36,32	50,87	<b>47,07</b>	106,4%
					<b>46,40</b>	

### D3: 80,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	58,99	49,81	46,18	47,16	<b>50,54</b>	110,8%
M1	54,82	57,96	54,59	55,50	<b>55,72</b>	122,2%
M2	48,83	56,09	51,02	49,27	<b>51,30</b>	112,5%
M3	57,09	47,68	46,32	39,83	<b>47,73</b>	104,7%
M4	50,07	49,58	45,99	36,75	<b>45,60</b>	100,0%
					<b>50,18</b>	

### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	232,01	77,34	2,19	4,76	NS
Densidades (D)	2	172,83	86,41	2,45	5,14	NS
Error(A)	6	211,65	35,28	1,49		
Momentos(M)	4	216,03	54,01	2,28	2,63	NS
Interacción(DDxMM)	8	397,88	49,74	2,1	2,21	NS
Error(B)	36	852,53	23,68			
Total	59	2082,94				
CV		9.97%				

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

## ANEXO 26: Índice de área foliar

### D1: 60,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	3,71	4,87	5,64	5,65	<b>4,97</b>	151,7%
M1	4,17	3,62	4,50	4,92	<b>4,30</b>	131,3%
M2	2,58	3,59	5,03	4,90	<b>4,03</b>	122,9%
M3	4,15	3,05	5,68	3,81	<b>4,17</b>	127,4%
M4	2,92	3,10	3,92	3,15	<b>3,27</b>	100,0%
					<b>4,15</b>	

### D2: 70,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	5,73	5,62	5,08	6,77	<b>5,80</b>	136,6%
M1	5,15	4,12	3,88	3,84	<b>4,25</b>	100,0%
M2	7,47	8,08	5,91	5,50	<b>6,74</b>	158,7%
M3	3,96	4,62	5,34	5,86	<b>4,95</b>	116,5%
M4	3,73	4,90	6,26	3,49	<b>4,60</b>	108,2%
					<b>5,27</b>	

### D3: 80,000 pl/ha

Momento de P	I	II	III	IV	PROMEDIO	%
M0	5,77	5,36	6,31	7,72	<b>6,29</b>	130,7%
M1	4,82	4,28	5,11	5,05	<b>4,81</b>	100,0%
M2	5,00	4,70	4,34	5,23	<b>4,82</b>	100,1%
M3	4,50	5,46	4,33	5,52	<b>4,95</b>	102,9%
M4	5,89	5,11	4,97	7,57	<b>5,89</b>	122,3%
					<b>5,35</b>	

### Análisis de variancia (ANVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	F tab	Significación
Bloque	3	4,09	1,36	0,98	4,76	NS
Densidades (D)	2	18,16	9,08	6,53	5,14	*
Error(A)	6	8,35	1,39	2,15		
Momentos(M)	4	12,65	3,16	4,89	2,63	**
Interacción(DDxMM)	8	17,42	2,18	3,37	2,21	**
Error(B)	36	23,3	0,65			
Total	59	83,96				
CV	16.34 %					

M0: Testigo no fertilizado con fósforo

M1: Aplicación del 100% del fósforo al inicio del crecimiento  
(7 DDE)

M2: Aplicación del fósforo durante la fase de crecimiento  
lento (45 DDE)

M3: Aplicación de fósforo desde la emergencia hasta inicio de la floración masculina (65 DDE)

M4: Aplicación del fósforo desde la emergencia hasta la formación del grano pastoso (109 DDE)

## Análisis de los efectos simples para índice de área foliar

Efectos simples del factor b

F de var	GL	SC	CM	Fc	Ftab(0,05)	Significancia
D en M0	2	3,58	1,79	2,24	3,26	NS
D en M1	2	0,78	0,39	1,43	3,26	NS
D en M2	2	15,59	7,8	7,75	3,26	**
D en M3	2	1,61	0,8	1,05	3,26	NS
D en M4	2	13,65	6,83	6,33	3,26	**
M en d1	4	5,91	1,48	1,89	2,63	NS
M en d2	4	16,19	4,05	4,31	2,63	**
M en d3	4	7,59	1,9	3	2,63	*
Error exp.	36					

Momento	Densidad	Promedio	Duncan	%
M0	d1	4,97	A	152,0
M1	d1	4,30	AB	131,5
M3	d1	4,17	AB	127,5
M2	d1	4,03	AB	123,2
M4	d1	3,27	B	100,0

Momento	Densidad	Promedio	Duncan	%
M2	d2	6,74	A	158,6
M0	d2	5,80	AB	136,5
M3	d2	4,95	B	116,5
M4	d2	4,60	B	108,2
M1	d2	4,25	B	100,0

Momento	Densidad	Promedio	Duncan	%
M0	d3	6,29	A	130,5
M4	d3	5,89	AB	122,2
M3	d3	4,95	B	102,7
M2	d3	4,82	B	100,0
M1	d3	4,82	B	100,0

Densidad	Momento	Promedio	Duncan	%
d3	M0	6,29	A	126,6
d2	M0	5,80	A	116,7
d1	M0	4,97	A	100,0

Densidad	Momento	Promedio	Duncan	%
d3	M1	4,82	A	113,4
d2	M1	4,3	A	101,2
d1	M1	4,25	A	100,0

Densidad	Momento	Promedio	Duncan	%
d2	M2	6,74	A	167,2
d3	M2	4,82	B	119,6
d1	M2	4,03	B	100,0

Densidad	Momento	Promedio	Duncan	%
d3	M3	4,95	A	118,7
d2	M3	4,95	A	118,7
d1	M3	4,17	A	100,0

Densidad	Momento	Promedio	Duncan	%
d3	M4	5,89	A	180,1
d2	M4	4,6	AB	140,7
d1	M4	3,27	B	100,0

## ANEXO 27. Costos de producción del cultivo de maíz morado

<b>I.</b>	Módulo de riego	US\$ 1.00 = S/. 3.2
	Detalle	
	Área 100 x 100	= 10000 m
	Distanciamiento entre cintas	= 1.25 m
	Largo de camas	= 100 m
	Número de camas	= 80
	Largo de cintas de goteo por cama	= 100 m
	Longitud total de cinta de riego	= 8100 m
	Duración del equipo de riego	= 5 años

	UNIDAD	CANTIDAD (ha)	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Manguera PE 16 mm	m	8000	0.1	800
Goteros Kattif (2.1 l/hora)	Unidad	23667	0.08	1,893
Contómetro 1 ½"	Unidad	1	50.5	51
Válvulas 1 ½"	Unidad	2	32	64
Conector inicial y empaque de 16 mm	Unidad	65	0.22	14
Tubería de conducción de PVC 3"	m	50	7	350
Tubería de alimentación de PVC 2.1/2"	m	200	1.3	260
Conector de manguera de 16 mm	Unidad	75	0.12	9
Terminal de línea 16 mm	Unidad	75	0.12	9
Manómetro	Unidad	1	17	17
Venturi 1 ½"	Unidad	1	115	115
Filtro de malla 2 ½"	Unidad	1	45	45
Costo de Instalación				
<b>Subtotal</b>				<b>3,627</b>

## PRESUPUESTO DE DEPRECIACIÓN-AMORTIZACIÓN

- Sistema de riego : 2,660.2
- 1 año : 532.04
- Campaña (6 meses) : 266.02

### 1. Costos Directos

#### A. Gastos de cultivo

	Unidad	Cantidad	P.U. (\$)	Costo
<b>Preparación del terreno</b>				
Aradura	hr-maq	4	30	120
Despaje	jornal	3	10	30
Camas de Producción	hr-maq	2	30	60
<b>Siembra</b>				
Re siembra	jornal	1	7	7
<b>Labores culturales</b>				
Aporque	jornal	9	7	63
Riego y fertilización	jornal	10	7	70
Deshierbo	jornal	7	7	49
Control Fitosanitario	jornal	12	7	84
<b>Cosecha</b>				
Corte, despanque, selección	jornal	30	7	210
<b>Subtotal</b>				721

### A. Gastos Especiales: Insumos

D1= 60,000 pl/ha

	Unidad	Cantidad	P.U. (\$)	Costo
<b>Insumos</b>				
Semilla	kg	40	0.9	36
Agua	m <sup>3</sup>	2965.42	0.04	118.6
Pesticidas				420
Costo del sistema de riego				610
Ácido fosfórico	kg	100	3.1	310
Sulfato de potasio	kg	120	0.5	60
Nitrato de amonio	kg	150	0.49	73.5
<b>Subtotal</b>				1,628.1

D2= 70,000 pl/ha

	Unidad	Cantidad	P.U. (\$)	Costo
<b>Insumos</b>				
Semilla	kg	45	0.9	40.5
Agua	m <sup>3</sup>	2965.42	0.04	118.61
Pesticidas				420
Costo del sistema de riego				610
Ácido fosfórico	kg	100	3.1	310
Sulfato de potasio	kg	120	0.5	60
Nitrato de amonio	kg	150	1.4	73.5
<b>Subtotal</b>				1,632.6

D3= 80,000 pl/ha

	Unidad	Cantidad	P.U. (\$)	Costo
<b>Insumos</b>				
Semilla	kg	50	0.9	45
Agua	m <sup>3</sup>	2965.42	0.04	118.6
Pesticidas				420
Costo del sistema de riego				610
Ácido fosfórico	kg	100	3.1	310
Sulfato de potasio	kg	120	0.5	60
Nitrato de amonio	kg	150	0.49	73.5
<b>Subtotal</b>				1,637.1

## 2 Costos Indirectos

	VALOR	COSTO
Leyes Sociales (46.2% de la mano de obra)	721	333.10
Gatos Administrativos (5 % del costo directo)		
Densidad D1= 60,000pl./ha	2,534.83	126.74
Densidad D2= 70,000 pl./ha	2,539.33	126.96
Densidad D3= 80,000 pl./ha	2,543.83	127.19
Imprevistos (5% del costo directo)		
Densidad D1= 60,000 pl./ha	2,534.83	126.74
Densidad D2= 70,000 pl./ha	2,539.33	126.96
Densidad D3= 80,000 pl./ha	2,543.83	127.19

## 3 Costos totales ( Costos directos + Costos indirectos)

Densidad D1= 60,000 pl./ha	3,121.42
Densidad D2= 70,000 pl./ha	3,126.37
Densidad D3= 80,000 pl./ha	3,131.32