

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“EFECTO DE LA LÁMINA DE RIEGO Y DEL NIVEL NUTRICIONAL  
EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE MAIZ MORADO  
(*Zea mays* L.) cv. PMV-581”**

Presentado por:

**VÍCTOR MARCIAL ALVARADO DÍAZ**

Tesis para optar el título de

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Lima – Perú

2015

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

**“EFECTO DE LA LÁMINA DE RIEGO Y DEL NIVEL  
NUTRICIONAL EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE MAIZ  
MORADO (*Zea mays* L.) cv. PMV-581”**

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

**VÍCTOR MARCIAL ALVARADO DÍAZ**

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

---

**Ing. Mg. Sc. Luis Tomassini Vidal**  
**PRESIDENTE**

---

**Ing. Mg. Sc. Lorenzo Hurtado Leo**  
**PATROCINADOR**

---

**Ing. Mg. Sc. Luis Beingolea Peña**  
**MIEMBRO**

---

**Ing. Mg. Sc. Julio Nazarrío Ríos**  
**MIEMBRO**

**Lima - Perú**  
**2015**

FC6.  
A493  
T

## INDICE GENERAL

|   | Pág. |
|---|------|
| <b>RESUMEN</b>  |      |
| <b>I INTRODUCCION</b>   | 1    |
| <b>II MARCO TEORICO</b>                                       | 3    |
| 2.1 Agronomía del cultivo de maíz morado.                     | 3    |
| 2.2 Fertilización NPK.  | 4    |
| 2.2.1 Fertilización nitrogenada                               | 4    |
| 2.2.2 Fertilización fosforada                                 | 6    |
| 2.2.3 Fertilización potásica.                                 | 8    |
| 2.3 Relaciones hídricas suelo – planta.                       | 10   |
| 2.4 Los ácidos húmicos en la agricultura.                     | 14   |
| <b>III MATERIALES Y MÉTODOS</b>                               | 18   |
| 3.1 Materiales  | 18   |
| 3.1.1 Ubicación del campo experimental.                       | 18   |
| 3.1.2 Características del suelo                               | 18   |
| 3.1.3 Características del agua de riego.                      | 19   |
| 3.1.4 Características climatológicas de la zona experimental. | 19   |
| 3.1.5 Modulo de riego por goteo.                              | 19   |
| 3.1.6 El cultivo de maíz morado PMV-581.                      | 20   |
| 3.1.7 Fertilizantes.  | 20   |
| 3.1.8 Ácidos húmicos.   | 21   |
| 3.1.9 Otros materiales.                                       | 25   |
| 3.1.10 Factores en estudio.                                   | 25   |
| 3.2 Métodos   | 26   |
| 3.2.1 Instalación del área experimental                       | 27   |
| 3.2.2 Características del campo experimental                  | 29   |

|                                    |  |           |
|------------------------------------|--|-----------|
| 3.3                                | Diseño experimental  | 29        |
| 3.4                                | Variables evaluadas  | 31        |
| <b>IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>   |  | <b>35</b> |
| 4.1                                | <b>Resultados generales y parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado PMV-581.</b> | <b>35</b> |
| 4.1.1                              | Eficiencia de uso del agua (EUA-Kg/m <sup>3</sup> ).                                     | 36        |
| 4.1.2                              | Evapotranspiración (Etc) y coeficiente del cultivo (Kc).                                 | 36        |
| 4.1.3                              | Índice de área foliar (IAF)  | 37        |
| 4.1.4                              | Índice de cosecha.   | 37        |
| 4.1.5                              | Coeficiente de transpiración (CT).   | 38        |
| 4.2                                | Fenología del cultivo de maíz morado PMV-581 y uso – consumo del agua de riego.          | 42        |
| 4.2.1                              | Determinación de la humedad del suelo para cada lámina de riego en estudio               | 43        |
| 4.3                                | Variables morfológicas del cultivo de maíz morado PMV-581.                               | 49        |
| 4.3.1                              | Principales variables de crecimiento.  | 49        |
| 4.3.2                              | Materia seca total y sus componentes hojas, tallos, mazorcas, panoja y panca.            | 57        |
| 4.4                                | Rendimiento de maíz morado PMV-581.  | 68        |
| 4.5                                | Rendimientos parciales de maíz morado PMV-581.   | 73        |
| 4.6                                | Componentes de rendimiento de maíz morado PMV-581.                                       | 79        |
| <b>V ANALISIS AGRO – ECONÓMICO</b> |  | <b>85</b> |
| <b>VI CONCLUSIONES</b>             |  | <b>87</b> |
| <b>VII BIBLIOGRAFIA</b>            |  | <b>89</b> |
| <b>VIII ANEXOS</b>                 |  | <b>93</b> |

## RELACION DE CUADROS

|                  |   |           |
|------------------|---|-----------|
| <b>Cuadro 1</b>  | <b>Análisis Físico – Químico del suelo</b>  | <b>22</b> |
| <b>Cuadro 2</b>  | <b>Análisis del agua para el riego</b>  | <b>24</b> |
| <b>Cuadro 3</b>  | <b>Variables climatológicas de la zona de estudio</b>   | <b>25</b> |
| <b>Cuadro 4</b>  | <b>Cronograma del ensayo experimental</b>   | <b>28</b> |
| <b>Cuadro 5</b>  | <b>Resultados y parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado PMV-581 para la lámina de riego L1</b>        | <b>39</b> |
| <b>Cuadro 6</b>  | <b>Resultados y parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado PMV-581 para la lámina de riego L2</b>        | <b>40</b> |
| <b>Cuadro 7</b>  | <b>Resultados y parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado PMV-581 para la lámina de riego L3</b>        | <b>41</b> |
| <b>Cuadro 8</b>  | <b>Fenología del cultivo de maíz morado PMV-581 y uso – consumo de agua de riego la lámina de riego L1</b>      | <b>45</b> |
| <b>Cuadro 9</b>  | <b>Fenología del cultivo de maíz morado PMV-581 y uso – consumo de agua de riego para la lámina de riego L2</b> | <b>46</b> |
| <b>Cuadro 10</b> | <b>Fenología del cultivo de maíz morado PMV-581 y uso – consumo de agua de riego para la lámina de riego L3</b> | <b>47</b> |
| <b>Cuadro 11</b> | <b>Muestreo de humedad del suelo en los diferentes estados fenológicos del cultivo maíz morado PMV - 581</b>    | <b>48</b> |
| <b>Cuadro 12</b> | <b>Variables de crecimiento del cultivo de maíz morado PMV-581</b>  | <b>50</b> |
| <b>Cuadro 13</b> | <b>Distribución de la materia seca</b>  | <b>51</b> |
| <b>Cuadro 14</b> | <b>Rendimiento de maíz morado PMV-581</b>   | <b>69</b> |
| <b>Cuadro 15</b> | <b>Rendimientos parciales de maíz morado PMV-581</b>  | <b>75</b> |
| <b>Cuadro 16</b> | <b>Componentes de rendimiento del cultivo de maíz morado PMV-581</b>  | <b>80</b> |
| <b>Cuadro 17</b> | <b>Análisis agro-económico del cultivo de maíz morado PMV-581.</b>  | <b>86</b> |

## RELACION DE FIGURAS Y GRAFICOS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> Curva Característica de Humedad   | 23 |
| <b>Figura 2</b> Disposición de las parcelas experimentales  | 34 |
| <b>Grafico 1</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en la altura de planta de maíz morado PMV-581                                   | 51 |
| <b>Grafico 2</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el área foliar de maíz morado PMV-581  | 52 |
| <b>Grafico 3</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el número de hojas de maíz morado PMV-581                                    | 53 |
| <b>Grafico 4</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el diámetro del tallo de maíz morado PMV-581                                 | 54 |
| <b>Grafico 5</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el número de hojas por encima de la mazorca principal de maíz morado PMV-581 | 55 |
| <b>Grafico 6</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en la materia seca de hojas de maíz morado PMV-581                              | 62 |
| <b>Grafico 7</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en la materia seca del tallo de maíz morado PMV-581                             | 63 |
| <b>Grafico 8</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en la materia seca de la mazorca de maíz morado PMV-581                         | 64 |
| <b>Grafico 9</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en la materia seca de la panoja de maíz morado PMV-581                          | 65 |
| <b>Grafico 10</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en la materia seca de la panca de maíz morado PMV-581                          | 66 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Grafico 11</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en la materia seca total de maíz morado PMV-581               | 67 |
| <b>Grafico 12</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el rendimiento total de maíz morado PMV-581                | 70 |
| <b>Grafico 13</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el rendimiento comercial de maíz morado PMV-581            | 71 |
| <b>Grafico 14</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el rendimiento de primera de maíz morado PMV-581           | 76 |
| <b>Grafico 15</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el rendimiento de segunda de maíz morado PMV-581           | 77 |
| <b>Grafico 16</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el rendimiento de descarte de maíz orado PMV-581           | 78 |
| <b>Grafico 17</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el número de plantas/m <sup>2</sup> de maíz morado PMV-581 | 81 |
| <b>Grafico 18</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el número de mazorcas/planta de maíz morado PMV-581        | 82 |
| <b>Grafico 19</b> Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el peso promedio de mazorca de maíz morado PMV-581         | 83 |

## I. INTRODUCCION

El maíz morado (*Zea mays L.*) es una palabra originaria de América, que pertenece al grupo de los maíces amiláceos, cuya característica particular es su coloración oscura y casi negra, color violáceo (morado), que se debe principalmente a la acumulación de pigmentos antociánicos. 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 alimentarias, farmacéutica y cosmetología.

Los países industrializados aumentan su interés por el cultivo de maíz morado, debido a la gran demanda de colorantes de origen vegetal, en reemplazo al uso de colorantes sintéticos en la elaboración de alimentos, incluso, algunos han sido prohibidos por su efecto cancerígeno. Se afirma, que el maíz morado por su alta concentración de pigmentos antociánicos, puede considerarse como la fuente natural más importante de colorantes naturales.

De otro lado, la cuantificación del régimen hídrico en los sistemas agrocológicos y en particular el abastecimiento óptimo de agua a los cultivos, constituye un problema de creciente importancia, debido a las exigencias para el incremento de los rendimientos. Asimismo, cualquier factor del crecimiento que incremente la producción de los cultivos aumentará la eficiencia de uso de los recursos esenciales como el suelo y el agua, entre ellos, la variedad o cultivar, el espaciamiento entre plantas, la disposición espacial, el control fitosanitario, el control de malezas, la forma y la época de siembra y, sobre todo el aporte de nutrientes.

.De otro lado, los ácidos húmicos moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de materia orgánica, son la forma más asimilable de nutrición y fertilización que se pueda proporcionar a los cultivos. Los ácidos húmicos son conocidos por incrementar la permeabilidad de las membranas celulares y la absorción de nutrientes; aumentar el crecimiento de organismos del suelo y la utilización de fosfato; estimular procesos bioquímicos en las plantas y el desarrollo de las raíces y tener capacidad alta de cambio de base. Por tanto, es importante conocer si su uso en la

agricultura moderna resulta en la estimulación del crecimiento de las plantas y en el incremento del rendimiento de las cosechas.

Teniendo en cuenta estas consideraciones el presente trabajo de investigación plantea los siguientes objetivos:

### **OBJETIVOS**

- 1.- Determinar el efecto de la aplicación de tres láminas de riego en el crecimiento y rendimiento de maíz morado PMV-581.
- 2.- Determinar los efectos de interacción entre niveles nutricionales bajo diferentes regímenes de riego en el rendimiento de maíz morado PMV-581.
- 3.- Determinar los parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado bajo riego por goteo.

## **II. MARCO TEORICO**

### **2.1 Agronomía del cultivo de maíz morado**

En el Perú la raza autóctona Kculli se cruzó con otras razas, transfiriendo sus colores característicos a las razas derivadas, como el San Gerónimo, Huancavelicano, Piscoruto, Cuzco, Huayleño, Arequipeño e Iquiteño.

**Sevilla y Valdez, (1985)**, 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.

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, **Manrique (1988)**.

De otro lado, ensayos agronómicos probando tres variedades de maíz morado en la Molina, con una dosis de fertilización de 120-80-120 usando como fuentes a sulfato de amonio, fosfato mono amónico y nitrato de potasio aplicados mediante fertirrigación; el rendimiento de mazorcas fue superior, logrando una producción de 4962 kg/ha, teniendo un incremento de 958 kg/ha respecto al testigo no fertilizado. Dosis mayores aumentan el rendimiento, pero el ritmo de incremento disminuye. Asimismo, que el contenido promedio de antocianina varía significativamente con las variedades mas no con las dosis de fertilización ni con la interacción dosis – variedad; obteniendo el mayor contenido promedio con la variedad PMV-581 en Cañete con un valor de 404,791 mg de antocianinas totales/100 g de coronta. **(Solano, 1999)**.

**Arce (1989)**, evaluando el efecto de tres densidades de siembra: 44,000; 55,000 y 74,000 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 74,000 y 55,000 plantas/ha fueron similares significativamente y superiores al de 44,000 plantas/ha. Asimismo, hubo diferencias altamente significativas para la interacción nitrógeno-densidad.

**Barnett (1980)**, menciona que la densidad óptima es 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 hay 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.

**Barreda (1981)**, estudiando el efecto de la fertilización N-P-K a tres niveles crecientes y testigo no fertilizado y el efecto de tres densidades de siembra: 55,000; 74,000 y 111,000 plantas/Ha, encontró diferencias altamente significativas en el rendimiento en grano para el factor fertilización. En cambio, las diferencias para el factor densidades y para la interacción no fueron significativas.

**Chaviguri (1984)**, estudió el efecto de cuatro densidades de siembra: 40,000; 55,000; 70,000 y 85,000 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 respecto a la fertilización nitrogenada no obtuvo respuestas significativas como tampoco para la interacción.

## **2.2 Fertilización nitrogenada -fosforada - potásica**

### **2.2.1 fertilización nitrogenada**

Siendo el nitrógeno uno de los 16 elementos esenciales para las plantas (nutrientes que son imprescindibles para el crecimiento de las plantas), y además uno de los consumidos

en mayor cantidad, no solo se requiere para la obtención de proteínas sino que cualquier producción agraria lo requiere en cantidades importantes. La obtención de hidratos de carbono, grasas o fibra queda también limitada por la disponibilidad de nitrógeno para los cultivos.

**Bídwel (1993)**, afirma que el nitrógeno tiene un lugar especial en la nutrición vegetal, no solo debido a su elevado requerimiento por las plantas sino porque esta casi completamente ausente en la roca madre del cual se forman los suelos. Asimismo, un deficiente suministro de nitrógeno se traduce en una planta de desarrollo vegetativo pobre, mostrando un follaje verde amarillento que provoca madurez prematura de la planta y que finalmente produce un bajo rendimiento.

Como el nitrógeno se encuentra presente en muchos compuestos esenciales, no sorprende en absoluto que el crecimiento sea lento si no se añade nitrógeno. Las plantas que contienen una cantidad de nitrógeno que limita su crecimiento muestran unos síntomas de deficiencia tal como una clorosis general, especialmente en las hojas más antiguas. En casos severos estas hojas se vuelven completamente amarillas y después se queman, a medida que se van muriendo, **(Salisbury y Ross, 2000)**.

El nitrógeno, más que cualquier elemento, facilita el crecimiento rápido y el color verde oscuro de las hojas y suscita el crecimiento vegetativo de tallos y hojas más que el desarrollo de flores y frutos, **(Plaster, 2000)**.

Un adecuado suministro de nitrógeno está asociado con vigorosos crecimientos vegetativos y un intenso color verde. Cantidades excesivas de nitrógeno pueden, bajo ciertas condiciones, prolongar el periodo de crecimiento y retrasar el de madurez. Esto ocurre más frecuentemente cuando no se suministran cantidades adecuadas de los otros elementos nutritivos, **(Tisdale, 1991)**. Asimismo, afirma que la respuesta del cultivo al aporte de fertilizantes nitrogenados es muy variable con las condiciones climáticas, sinergias y antagonismos con otros nutrientes o estado general del suelo, técnicas de cultivo e incluso, exigencias de la variedad cultivada.

**Fuentes (1999)**, expresa que el nitrógeno se encuentra en el suelo como nitrógeno orgánico e inorgánico, el orgánico está formando parte de la materia orgánica que proviene de organismos vegetales y animales. Hay tres formas de nitrógeno en el suelo, la orgánica, amoniacal y nítrica, los cuales no tienen la misma utilidad para la planta. La forma orgánica que se encuentra en el humus del suelo se mineraliza pasando primero a

la forma amoniacal gracias a la acción de bacterias aeróbicas, con mejor acción en medios neutro o alcalino. El proceso de oxidación continúa por acción de microorganismos para pasar a la forma nítrica, esta transformación se ve favorecida por altas temperaturas y la aireación del medio. El nitrógeno en su forma amoniacal es soluble en agua, pero retenido en el complejo de cambio del suelo, en cambio el nítrico que también tiene una alta solubilidad no es retenido por lo que puede ser arrastrado muy fácilmente por el agua y perderse por percolación, (**Marschner, 1993**). El nitrógeno es el nutriente que puede limitar con mayor facilidad el crecimiento de los cultivos, porque es el que interviene en el crecimiento de distintos órganos de la planta, aumentando el área foliar y la masa protoplasmática. Por este motivo es que su deficiencia se manifiesta en las partes activas del crecimiento de la planta, como achaparramiento, enanismo, tallos débiles pero erectos, hojas pequeñas y delgadas, follaje amarillento o verde claro, etc. El nitrógeno tiene muchos efectos benéficos para las plantas, pero más importante que la dosis es el momento oportuno de aplicación, una aplicación a destiempo y en cantidades desproporcionadas ocasionan envejecimiento y un atraso en la maduración, (**Black, 1975**).

### **2.2.2 Fertilización fosforada**

**Grunerberg (1959)**, expresa 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  $P_2O_5$ , mientras que el tallo y las hojas denotan un 0.3%.

**Aldrich y Leng (1974)** dicen que la mayor cantidad de fósforo que la planta de maíz necesita continuamente es absorbida por las raíces en la forma de compuestos químicos:  $H_2PO_4^-$  (ortofosfato monovalente) y  $HPO_4^{2-}$  (ortofosfato divalente), siendo la absorción en forma orgánica en pequeñas cantidades.

En los primeros estadios de crecimiento vegetativo es de gran importancia que las plantas 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 dejaron 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 los terrenos arenosos en los que, en los primeros estados de desarrollo, la planta, con sus raíces aun superficiales, es capaz de absorber pequeñas cantidades de P distribuido en cobertura. En climas septentrionales, y con siembras tempranas, es aconsejable la localización del P en el momento de la siembra por el efecto positivo que tiene sobre la aceleración de la fase inicial de crecimiento de la planta y de su sistema radicular. La deficiencia de fósforo hace que las hojas pierdan su color normal; puede presentarse inicialmente como verde oscuro y verde pálido olivo como frijol, por ejemplo; verde azulado como en tomate y en algunas brassicáceas, cereales y tréboles, o verde pálido en la lechuga. Frecuentemente se producen pigmentos antociánicos, pudiendo ser morado, oscuro en tomate, manzano y maíz; o rojo en avena, cebada, uva o brassicáceas. En otros casos no hay formación de pigmentos como sucede en papa, trigo por ejemplo. Grandes aplicaciones de P en suelos bajos de Zn, puede originar deficiencias de Zn porque se forman fosfatos insolubles.

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 fosforo 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**).

### 2.2.3. Fertilización potásica

El potasio en el suelo según **Fuentes (1999)** se encuentra bajo las formas orgánica e inorgánica. Señala que el potasio inorgánico está contenido principalmente en minerales silicatados y es liberado por la alteración de estos minerales.

**Aldrich y Leng (1974)** informan que el maíz necesita grandes cantidades de potasio, esencialmente para su crecimiento vigoroso, aunque nunca forma parte de las proteínas ni de los compuestos orgánicos. Además, el potasio tiene un gran impacto en la calidad del cultivo incidiendo en factores como el incremento del peso de cada grano y la cantidad de granos por mazorca en el maíz. Las reacciones sufridas por el potasio en el suelo son mucho menos complejas y variadas que la del nitrógeno y fósforo. El potasio no se pierde por lixiviación, ni se fija en el mismo grado que el fósforo en compuestos no asimilables o de asimilación lenta. La necesidad del potasio se presenta en la planta de maíz mucho antes que la del nitrógeno, debiendo asimilarse un 30% de la cantidad total de potasio en los estadios anteriores a la floración. Asimismo, existe una elevada necesidad de potasio durante la floración y la formación de mazorcas. Durante el proceso de madurez ya no se lleva a cabo su asimilación.

Según **Malavolta (1972)**, no reconoce ningún compuesto orgánico en el tejido vegetal en el que el potasio sea componente, se sabe que es activador de varias enzimas y que su carencia en la planta afecta la respiración, la fotosíntesis, el desarrollo de la clorofila y el contenido de agua en las hojas. **Salisbury y Ross (2000)**, expresan que la deficiencia de este elemento es tan común como la del nitrógeno y del fósforo. También, como en los casos del N y del P, el ión  $K^+$  se redistribuye fácilmente desde los órganos maduros hacia los jóvenes, porque los síntomas de deficiencia aparecen antes en las hojas antiguas. El potasio es un activador de muchas enzimas esenciales para la fotosíntesis y la respiración y también activa enzimas que son necesarias para formar almidón y proteínas. Es tan abundante en la planta que es uno de los contribuyentes más importantes al potencial osmótico de las células y por consiguiente a su presión de turgencia

**Bartolini (1990)**, menciona que el cultivo del maíz extrae importantes cantidades de potasio, que es un elemento esencial para su desarrollo y, en particular, para la formación de la mazorca: en efecto, 1/3 del potasio extraído se localiza en el grano. La velocidad de absorción del potasio por la planta es algo superior a la del nitrógeno casi todo el potasio lo toma en los primeros 80 días. La extracción de potasio es rápida a partir del momento de la germinación. Alrededor de unos 20 días antes de la

emergencia de los estilos femeninos la velocidad de absorción se eleva rápidamente, manteniéndose constantemente durante 20 a 35 días. En este periodo la absorción diaria puede alcanzar hasta 7,5 kg de potasio/ha.

**INPOFOS (1997)** afirma que el potasio en el maíz, adelanta la floración y retrasa la culminación del llenado de grano, consiguiendo por lo tanto un mayor rendimiento del grano. En el maíz las deficiencias de este elemento se presentan en acortamientos de los nudos del tallo y crecimiento reducido, quemado o secamiento de los márgenes exteriores de la hoja, mientras que la parte media permanece verde, mazorcas que no se llenan completamente y grano de mal aspecto.

Según **Tisdale (1991)**, a diferencia del nitrógeno, azufre, fósforo y varios otros, el potasio no forma parte integral de los compuestos de la planta tales como protoplasma, grasa y celulosa. Su función parece más bien de naturaleza catalítica. A pesar de esto, es imprescindible para las siguientes funciones fisiológicas: Metabolismo de los hidratos de carbono o formación y transformación del almidón, metabolismo del nitrógeno y síntesis de proteína, control y regulación de las actividades de varios elementos minerales esenciales, neutralización de los fisiológicamente importantes ácidos orgánicos, activación de varias enzimas, promoción del crecimiento de los tejidos meristemáticos y ajustes de la apertura de los estomas y relaciones con el agua.

La falta de potasio en el maíz y otros cereales produce tallos débiles, de manera que sus raíces pueden ser atacadas con más facilidad por organismos que descomponen las raíces. Estos dos factores hacen que las plantas pierdan su verticalidad (se tumben) con mayor facilidad debido a la acción del viento (**Salisbury y Ross, 2000**).

El potasio, gracias a ser retenido por el complejo coloidal del suelo, no presenta problemas serios de pérdida, ni tampoco de solubilidad, en lo que respecta a los principales fertilizantes potásicos. En efecto, tanto el cloruro potásico que se produce con una riqueza de 60% de  $K_2O$  como el sulfato potásico con 50% de  $K_2O$  son sales solubles en agua, (**Domínguez, 1997**).

### **2.3 Relaciones hídricas suelo – planta**

El agua es el componente mayoritario e indispensable para que las plantas puedan vivir y desarrollarse. Es a su vez el vehículo en el cual se transportan los elementos químicos esenciales que el suelo contiene desde las raíces hacia las hojas, y componentes elaborados por estas a los restantes órganos. Proporciona a los tejidos vegetales la consistencia necesaria para su movimiento en el suelo; entre otras funciones es quien regula la temperatura de las plantas evitando con ello, cambios bruscos que pueden dañar su crecimiento, (Navarro 2000).

Así pues, si el agua disponible para el riego es limitada, el máximo beneficio se obtendría a partir de un riego de pre siembra y de evitar tensiones hídricas elevadas durante la floración masculina y femenina. En general, la cantidad total de agua requerida para el riego dependerá básicamente de las condiciones medio ambientales y de la eficiencia del riego (Arnon 1974). Estudios realizados a nivel de costa señala que el consumo de agua varía entre 12,000 a 15,000 m<sup>3</sup>/ha/campaña en condiciones de riego por gravedad, mientras que en riego tecnificado varía entre 4,500 a 8,000 m<sup>3</sup>/ha/campaña. También se reportan consumos de menores de 5000m<sup>3</sup>/ha bajo riego por goteo y buena respuesta al riego por aspersión por ser un sistema que refresca el ambiente, (Robles 2001).

Levitt (1980), definió a la *deformación biológica elástica* como los cambios en la función de un organismo que restituyen su nivel óptimo cuando las condiciones vuelven a ser normales, es decir, cuando el estrés biológico ha cesado. Si la función no vuelve a la normalidad, se dice que el organismo presenta una *deformación biológica plástica*. Una especie puede exhibir varias respuestas al cambio de condiciones ambientales. Por tanto, se debe hablar de posibles respuestas de la planta frente a un ambiente determinado, como por ejemplo la disponibilidad de agua, permitiendo a la especie expresarse, dentro de ciertos límites fenotípicos adaptando su morfología y fisiología, ([www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro05/cap2.htm](http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro05/cap2.htm)).

Jensen y Salisbury (1988), indican que cuando las plantas se encuentran sujetas a condiciones ambientales que se desvían considerablemente de los normales, los organismos experimentan estrés, el cual siempre ha sido difícil definir (a causa en parte, de sus implicaciones negativas). Cuando el proceso modificado vuelve a la

normalidad al eliminar el estrés, se dice que la respuesta al estrés es una deformación elástica; de no ser así, la planta a experimentado una deformación plástica. **Milthorpe y Moorby (1982)**, afirman que en otros casos, si el estrés es muy grande, algo puede destruirse y el organismo puede ser irreversiblemente dañado y morir. Asimismo, El desarrollo de resistencia a un factor adverso casi siempre le confiere a la planta algún grado de resistencia a otros factores (**Armas et al, 1988**).

De acuerdo a **Levitt (1980)** y **Armas et al (1988)**, la naturaleza de la resistencia al estrés puede ser de dos formas: 1. Escape (resistencia por evasión), que es cuando la planta desarrolla mecanismos internos de tal forma que las células no se encuentran bajo estrés, aunque este sea muy fuerte (la planta evitara el estrés). En esta forma de resistencia no están involucradas especializaciones fisiológicas, sino puramente mecánicas y morfológicas que permiten a la planta escapar de los efectos ambientales extremos, 2.- Tolerancia (resistencia por tolerancia), que es cuando la planta sobrevive y aun funciona adecuadamente bajo condiciones externas de extremo estrés. Esta forma de resistencia si implica el desarrollo de mecanismos fisiológicos especiales que permiten que las plantas sobrevivan bajo condiciones que serian inhibitorias o letales a las especies no resistentes.

El crecimiento de las plantas se halla controlado por los coeficientes de división y ensanchamiento celular y por el abastecimiento de componentes orgánicos necesarios para la síntesis del protoplasma y nuevas paredes celulares. (**Kramer, 1989**) expresa que el ensanchamiento de las células depende especialmente de por los menos un grado mínimo de turgencia y que el alargamiento del tallo y la hoja es controlado o detenido rápidamente por déficit hídrico. Todo proceso vegetal esta directa o indirectamente afectado por el abastecimiento de agua, ya que dentro de ciertos límites la actividad metabólica de células y de plantas se encuentra estrechamente relacionada con el contenido hídrico. Por tanto, el único medio por el cual un factor ambiental tal como el agua puede afectar el crecimiento y desarrollo vegetal es la alteración negativa de los procesos fisiológicos (**Kramer, 1989**). Así mismo, la producción al ser función de las

actividades fisiológicas de los vegetales esta naturalmente subordinada a factores que como el agua que afectan dichas actividades, (Alvien, 1957).

**Kramer y Boyer (1995)**, definen a la sequía desde un punto de vista agrícola, como la insuficiencia de agua disponible en el suelo para cubrir la necesidades de un cultivo en un determinado estado de desarrollo, que produce en la planta déficits hídricos como para ocasionar reducción en el crecimiento. Según **Armas et al (1988)**, la sequía es uno de los factores adversos más comunes a que son sometidas las plantas por lo cual desarrollaron muchos mecanismos de resistencia.

**Barcelo et al (1990)**, señalan que en el sistema suelo-planta-atmósfera, la planta representa un sistema intermedio situado entre una diferencia de potencial del agua del suelo y de la atmósfera. Para mantener un balance hídrico positivo en la planta, es decir un adecuado nivel de humedad, las pérdidas por transpiración deben ser compensadas por una suficiente absorción de agua del suelo. El déficit hídrico en las plantas indica que las células y tejidos no están plenamente turgentes. Puede variar desde un pequeño descenso del potencial de agua que solo es detectable con instrumentos, hasta el marchitamiento permanente y la muerte por desecación, pasando por el marchitamiento transitorio de la planta al medio día. Las plantas, como organismos integradores de las múltiples señales del medio ambiente, cuando están sometidas a estrés hídrico, se enfrentan a este mediante cambios en sus procesos fisiológicos y metabólicos que permiten su adaptación al factor adverso (**Boyer, 1982**). Según **Armas et al (1988)**, el abastecimiento de agua a las plantas tiene una íntima relación con los procesos de fotosíntesis, respiración y fotorespiración; pues estos son afectados por el déficit hídrico.

**Turner y Begg (1981)**, indican que se ha demostrado que las plantas pierden su actividad fotosintética, conforme el potencial de agua de sus hojas decrece. Estas pérdidas son atribuidas a factores estomatales (cierre de estomas) y a factores no estomatales (disminución de la actividad fotosintética en los cloroplastos). **Armas et al (1988)**, complementan lo expuesto indicando la disminución de la velocidad de fotosíntesis neta, aun cuando la temperatura y la concentración de CO<sub>2</sub>

ambiental sean óptimos. Según **Day (1981)**, menciona que, así como el estrés de agua causa reducción del área del tejido fotosintético, también puede afectar la misma fotosíntesis; indica además que existe una relación inversa entre la eficiencia fotosintética y la resistencia interna de transferencia de CO<sub>2</sub>. **Boyer (1976)**, manifiesta que la planta pierde su actividad fotosintética conforme decrece el potencial de agua de sus hojas, debido al cierre de estomas y a la disminución de la actividad fotosintética en los cloroplastos.

El efecto del déficit hídrico sobre el crecimiento de las plantas es extremadamente complejo, y su análisis incluye el de todos los procesos fisiológicos involucrados. El primer efecto del estrés que con más frecuencia se mide, es la disminución del crecimiento celular, proceso que es extremadamente sensible al estrés. Esta disminución ocurre por disminución de la presión de turgencia, pre-requisito esencial para el alargamiento celular (**Hsiao y Acevedo, 1974**).

Asimismo, **Mercedes (2005)** estudiando el efecto del estrés hídrico en la fisiología y rendimiento de 4 variedades de quinua encontró que bajo las condiciones del régimen sometido a estrés por sequía el consumo de agua fue de 1539.5 m<sup>3</sup>/ha para un rendimiento de económico 1.34 ton/ha y que para el régimen normalmente irrigado el requerimiento de agua fue 2924.1 m<sup>3</sup>/ha (89.9 % de incremento respecto de régimen bajo estrés) y un rendimiento de 2.03 ton/ha (51.5 % de incremento respecto del régimen bajo estrés). Así mismo, la eficiencia del uso de agua (EUA) bajo estrés fue de 0.87 kg de grano de quinua producida por m<sup>3</sup> de agua aplicada respecto de 0.69 kg /m<sup>3</sup> para la zona normalmente irrigada. El coeficiente de transpiración (CT) para la condiciones bajo estrés fue de 883.4 l/kg de materia seca producida respecto a 744.2 l/kg para la zona normalmente irrigada. El área foliar alcanzo un promedio 334.9 cm<sup>2</sup>/planta bajo condiciones de estrés respecto de 510.8 cm<sup>2</sup>/planta para el régimen normalmente irrigado. Finalmente, el índice de cosecha (IC) y el índice de área foliar (IAF) bajo condiciones de estrés fue de 22.5 % y 0.47 respectivamente en comparación de 20.9 % y 0.72 para el régimen normalmente irrigado.

Finalmente, **Irigoyen (2000)** estudiando el efecto del estrés hídrico en la morfofisiología y el rendimiento del cultivo de algodón *vr. Tanguis*, probó tres regímenes de riego; R1: normalmente irrigado (>90% de humedad aprovechable, succión mátrica < 0.8 bars), R2: estrés medio (20% de humedad aprovechable, succión mátrica < 2.0 bars) y R3: estrés severo (0% de humedad aprovechable, succión mátrica < 15 bars). Encontró que la cantidad total de agua aplicada en el riego fue de 27.2% en R3 y 42.6% en R2 respecto de R1. Asimismo, las variables de precocidad del cultivo (altura de planta, número de entrenudos y longitud de entrenudos) presentan diferencias estadísticas altamente significativas entre regímenes de riego, los mayores valores caracterizan a R1, con incrementos del orden de 24.1% y 44.9 % respecto de R2 y R3. Asimismo, para las características de aptitud productiva (número de ramas fruteras, número de ramas vegetativas, número total de flores y número de bellotas) las diferencias estadísticas son también altamente significativas. Los menores valores caracterizan a R3 y es bajo las condiciones de R1 donde se muestra la mayor aptitud productiva del cultivo de algodón, las ramas fruteras y el número de bellotas muestran incrementos del 21.8% y 74.5% respecto de R2: estrés medio y del 30.1% y 181.1% respecto de R3: estrés severo. Finalmente, para las características de capacidad productiva (peso de bellotas y sus componentes, fibra y semilla) con diferencias altamente significativas entre regímenes de riego, R1: irrigado normalmente, muestra incrementos del 11.7% y del 44.8% respecto de los regímenes bajo estrés hídrico R2 y R3.

#### **2.4 Los ácidos húmicos en la agricultura**

La materia orgánica en el suelo está constituida por aquellas sustancias de origen animal o vegetal más o menos descompuestas y transformadas por la acción de los microorganismos, denominándose humus y que constituyen uno de los componentes fundamentales del suelo, **Domínguez, 1967**.

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

objeto de su degradación o descomposición hasta los componentes elementales de las proteínas, carbohidratos y otros en el proceso de la mineralización. Los productos resultantes pueden ser objeto de re síntesis y polimerización dando lugar a nuevos agregados químicos que reciben el nombre de ácidos húmicos de características y propiedades específicas, este proceso recibe por esto el nombre de humificación.

Además de ser una excelente alternativa ecológica, los ácidos húmicos benefician el desarrollo de las plantas, mejorando las propiedades físico-químicas y la biología de los suelos, como se describe a continuación: Aumenta la capacidad de intercambio catiónico y aniónico del suelo, para aportar constantemente los nutrientes necesarios para un buen desarrollo del cultivo y su productividad, aún bajo condiciones adversas del suelo. Favorece el desarrollo del sistema radicular, tallos, hojas y permeabilidad para facilitar la absorción de nutrientes. Promueve la germinación de las plántulas y mejora las características organolépticas de su fruto. Alto poder quelatante, especialmente para el Fe, Mn, Zn, Cu. Moviliza los macroelementos del suelo, sobre todo en los que se refiere al Fósforo, Potasio y al Nitrógeno. Mejora las condiciones del suelo, favorece la recuperación de los suelos salinos, al secuestrar el catión Na + y mejora las condiciones de drenaje, aumentando su capacidad de retención de agua, (**Hayes y Wilson 1997**).

**Stoller (1985)**, menciona que existen diferentes mecanismos de acción en las plantas: estimulan directamente la germinación y el desarrollo radicular, estimula la actividad bacteriana del suelo, regula la transferencia de los nutrientes, estimula los procesos de absorción de nutrientes y además forma complejos con el cobre, manganeso, zinc y otros cationes polivalentes. Se ha demostrado que las sustancias húmicas incrementan a longitud de las raíces y de los pelos absorbentes, incrementa el rendimiento de materia seca de frutos y tallos aumentan el nivel de consumo de oxígeno, favoreciendo además el contenido de clorofila en las hojas, movilizan el anión fosfato las plantas usan los fertilizantes fosfatados en mayor cantidad en presencia de las sustancias húmicas que en presencia de otras formas.

**Dick y McCoy (1993)**, sostienen que las sustancias húmicas que ingresan a la planta durante los primeros estadios de desarrollo son una fuente de polifenoles, los cuales funcionan como catalizadores respiratorios, esto da como resultado un incremento de la actividad vital de la planta; los sistemas enzimáticos son intensificados, la división celular es acelerada, los sistemas radiculares alcanzan mayor desarrollo y finalmente la producción de materia seca se incrementa. El efecto estimulador de las sustancias húmicas en el crecimiento de las plantas ha sido comúnmente relacionada con una mejor

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

### Composición elemental de ácidos húmicos

| Componentes   | Ácidos fúlvicos | Ácidos húmicos |
|---------------|-----------------|----------------|
| Carbono (C)   | 40 - 50%        | 52 - 62%       |
| Hidrogeno (H) | 4- 6%           | 3 - 4%         |
| Nitrógeno (N) | 1 - 5%          | 3 - 5%         |
| Azufre (S)    | 0.30%           | 0.30%          |
| Oxigeno (O)   | 43 - 50%        | 31 - 40%       |

**Fuente: Conagra (2000)**

Los ácidos húmicos deben ser bien mezclados antes de ser aplicados al suelo o a las hojas. La aplicación localizada ha dado resultados dando una mejor absorción de compuestos con quelatos; con sustancias húmicas en cultivos hortícolas en riego localizado sobre sustratos bajos en materia orgánica se obtienen resultados más significativos, **Mendoza, (2004)**.

Los ácidos húmicos son compuestos biológicos de alta concentración que no solo aumentan la población microbiana como consecuencia de las especies que aporta, sino, y fundamentalmente, presentan la capacidad de potenciar la flora microbiana autóctona. Por otro lado permiten eliminar residuos de pesticidas, destruyendo las materias activas por biodegradación, reduciendo de esta manera los problemas que generan estos residuos tanto en los cultivos como en los consumidores de las cosechas obtenidas.

**Stevenson (1982)**, expresa que uno de los principales problemas en la comunicación en el campo de las sustancias húmicas es la carencia de definiciones precisas para especificar las diferentes reacciones. Desafortunadamente la terminología no es utilizada de una manera consistente. Por ejemplo, el término humus es alguna vez utilizado en

forma sinónima con la materia orgánica del suelo que denota el material orgánico del suelo incluyendo las sustancias húmicas (pero sin contar a los tejidos vegetales o animales no descompuestos, sus productos parciales, en descomposición y la biomasa del suelo) de esta manera el término materia orgánica del suelo incluye: materiales orgánicos de alto peso molecular tales como: polisacáridos y proteínas, sustancias simples tales como azúcares, aminoácidos y otras moléculas pequeñas y sustancias húmicas. El término humus es alguna vez utilizado para representar solamente a las sustancias húmicas. La eficacia relativa de las sustancias húmicas sobre los abonos minerales (N, P, K) indica que la aplicación de ácidos húmicos permite que los cationes ( $\text{NH}_4^+$ ) y los aniones ( $\text{NO}_3^-$ ) sean fijados a través de intercambio catiónico y así se evita la lixiviación. El fósforo es fijado por las sustancias húmicas formando fosfohumatos. Por una parte son capaces de unirse a los iones fosfato y también son capaces de reaccionar con los fosfatos naturales insolubles, transformándoles en solubles. El potasio, debido a la alta capacidad de intercambio catiónico, unas 5-10 veces superior a ciertas arcillas, es capaz de retener el K y ponerlo a disposición de las plantas, asimismo el potasio fijado en las arcillas es liberado por los ácidos húmicos.

## **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 Materiales**

#### **3.1.1 Ubicación del campo experimental**

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**

Los suelos de La Molina se encuentran fisiográficamente situados en una terraza media de origen aluvial. Se caracterizan por presentar buen drenaje, permeabilidad moderada, textura media a moderadamente gruesa, estructura granular fina y consistencia en húmedo que va desde friable a muy friable.

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 el Cuadro 1. Los resultados del análisis indican que el suelo presenta una textura franco arenoso, lo cual tipifica a este suelo con una moderada capacidad de retención de humedad y buena aireación. Presenta una reacción ligeramente básica, con un contenido medio de calcáreo. De acuerdo a la conductividad eléctrica clasificamos este suelo como moderadamente salino. El porcentaje de materia orgánica es bajo, por tanto, la cantidad de nitrógeno en el suelo también será limitada. Así mismo para el fósforo y potasio el suelo presenta valores medios.

La CIC muestra una fertilidad potencial baja del suelo. Respecto a los cationes intercambiables, el calcio y el magnesio predominan saturando el complejo de cambio. Esta

característica establece relaciones catiónicas Ca/Mg de 3 (baja), Ca/K de 7.08 (baja) y Mg/K de 2.35 (óptima).

### **3.1.3 Características del agua de riego**

El análisis de agua (Cuadro 2), nos muestra que el agua de riego es altamente salina (C4). El RAS es bajo, lo que indica que no tiene problemas de alcalinidad (S1). Además, se observa que hay predominio de los cationes de calcio y sodio, con un contenido elevado de magnesio. Las sales que van a predominar son los sulfatos y cloruros tanto de calcio y sodio. No existen problemas de toxicidad por boro, sin embargo, cloruros y sodio se encuentran en niveles por encima de los límites permisibles. El análisis indica también que el agua de riego presenta nitratos, anión no común en las aguas para riego, lo cual es un aporte suplementario de nitrógeno para el cultivo y que debería ser considerado en el balance de este elemento.

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

De acuerdo al 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. El cuadro 3 muestra los datos climatológicos obtenidos en los registros del observatorio meteorológico Alexander Von Humboldt de la UNALM, para el ciclo del cultivo (Julio 2011 – Diciembre 2011). En este periodo, las variables climatológicas; radiación circunglobal (de 144.3 a 453.3 Ly/día), heliofania (de 0.72 a 7.48 horas), temperatura media mensual (de 15.4 a 24.7 C) y la evaporación media mensual (de 0.91 a 4.43mm/día) se incrementan considerablemente. En cambio, humedad relativa (de 90% a 73%) y precipitación mensual (de 5.4 a 0.0mm/mes) disminuyen significativamente.

### **3.1.5 Módulo de riego por goteo**

#### **Matriz:**

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

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

1 filtro de anillos de ¾ pulg.

Un contómetro de agua tipo reloj

12 micro-válvulas de 16 mm de diámetro

Laterales:

156 m. de laterales de goteo de 16 mm (PE)

384 goteros autocompensados Katiff de 2.1 l/h

12 conectores de salida

12 terminales de línea

### **Fertilización:**

Al no fertilizarse todo el campo de manera uniforme en este trabajo experimental, la fertilización se realizó con un recipiente graduado para poder hacer las aplicaciones de manera independiente en cada tratamiento.

### **3.1.6 El cultivo de maíz morado PMV-581**

**Sevilla y Valdez, (1985)**, señalan que el cultivar mejorado de maíz morado "PMV-581" se origina 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 2.10m, con 1.2m 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, 135g de peso de mazorca a 14% de humedad, 4.8cm de diámetro y 14.5cm de longitud de mazorca.

### **3.1.7 Fertilizantes**

|                     |                                     |
|---------------------|-------------------------------------|
| Nitrato de Amonio   | 33.5 % N                            |
| Fosfato monoamónico | 50% % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| Sulfato de Potasio  | 50 % K <sub>2</sub> O               |

### 3.1.8 Ácidos húmicos

#### CROP FIELD

| DESCRIPCIÓN                              | p/v    |
|--|--------|
| Ácidos Húmicos                           | 40.0%  |
| Silica Gel                               | 35.0%  |
| Nitrógeno (N)                            | 0.60%  |
| Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | 0.75%  |
| Potasio (K <sub>2</sub> O)               | 3.75%  |
| Magnesio (MgO)                           | 2.00%  |
| Calcio (CaO)                             | 0.40%  |
| Silicio (Si)                             | 2.00%  |
| Azufre (S)                               | 2.00%  |
| Fierro (Fe)                              | 0.50%  |
| Zinc (Zn)                                | 0.15%  |
| Manganeso (Mn)                           | 0.11%  |
| Cobre (Cu)                               | 0.11%  |
| Boro (B)                                 | 0.05%  |
| Titanio (T)                              | 0.001% |
| Molibdeno                                | 5 mg   |
| Cobalto                                  | 3 mg   |
| Aminoácidos                              | 0.25%  |

Fuente: Ácidos húmicos comerciales

**Cuadro 1. Análisis físico – químico del Suelo**

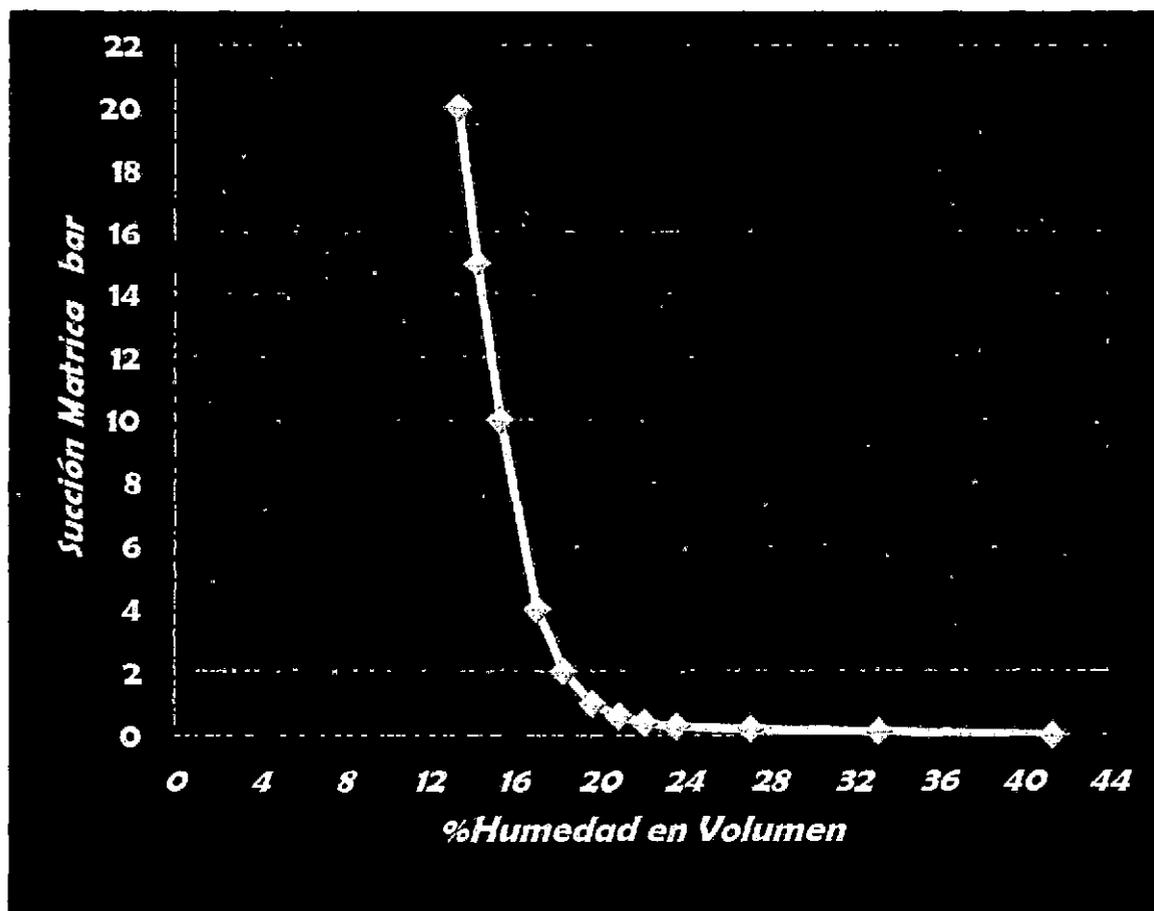
| Determinación                 | Valor          | Unidad     | Método de análisis   |
|-------------------------------|----------------|------------|--|
| Conductividad eléctrica C.E.e | 6.5            | dS/m       | Lectura del extracto de la pasta saturada                  |
| Análisis mecánico             |                |            |  |
| Arena                         | 63             | %          | Hidrómetro de Bouyoucos                                    |
| Limo                          | 25             | %          |  |
| Arcilla                       | 12             | %          |  |
| Clase Textural                | Franco Arenoso |            | Triangulo textural   |
| pH                            | 7.6            |            | Potenciometro relación suelo-agua 1:1 y en pasta saturada. |
| Calcareo total                | 3.6            | %          | Gasovolumétrico  |
| Materia orgánica              | 0.55           | %          | Walkley y Black  |
| Fósforo disponible            | 13.6           | ppm        | Olsen modificado   |
| Potasio disponible            | 145            | ppm        | Acetato de amonio 1N pH 7.0                                |
| C.I.C                         | 9.12           | cmol(+)/kg | Acetato de amonio 1N pH 7.0                                |
| Cationes cambiables           |                |            |  |
| Ca                            | 5.95           | cmol(+)/kg | Espectrometría de absorción atómica                        |
| Mg                            | 1.98           | cmol(+)/kg |  |
| K                             | 0.84           | cmol(+)/kg | Espectrometría de absorción atómica                        |
| Na                            | 0.35           | cmol(+)/kg | Espectrometría de absorción atómica                        |

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

**Figura 1 Curva Característica de Humedad**

**Unidad de Investigación en Riegos.**

**Suelo: Franco Arenoso: 63% arena – 25 % limo – 12% arcilla**



|                       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Succión mátrica (bar) | 0.0  | 0.1  | 0.2  | 0.3  | 0.4  | 0.6  | 1.0  | 2.0  | 4.0  | 10.0 | 15.0 | 20.0 |
| %Humedad en Volumen   | 41.4 | 33.2 | 27.2 | 23.7 | 22.2 | 21.0 | 19.7 | 18.4 | 17.1 | 15.4 | 4.3  | 13.2 |

**Cuadro 2. Análisis del agua para el riego**

| <b>Determinación</b> | <b>Valor</b> | <b>Unidad</b> |
|----------------------|--------------|---------------|
| CEa                  | 3.1          | dS/m          |
| pH                   | 7.4          |               |
| Calcio               | 19.3         | meq/l         |
| Magnesio             | 5.41         | meq/l         |
| Sodio                | 13.48        | meq/l         |
| Potasio              | 0.26         | meq/l         |
| Suma de Cationes     | 38.45        |               |
| Nitratos             | 0.65         | meq/l         |
| Carbonatos           | 0            | meq/l         |
| Bicarbonatos         | 1.52         | meq/l         |
| Sulfatos             | 13.13        | meq/l         |
| Cloruros             | 23.2         | meq/l         |
| Suma de Aniones      | 38.5         |               |
| Sodio                | 35.1         | %             |
| Ras                  | 3.8          |               |
| Boro                 | 0.75         | ppm           |
| Clasificación        |              | C4-S1         |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelo, plantas, agua y fertilizantes de la UNALM.

**Cuadro 3. Variables Meteorológicas de la zona de estudio – Periodo experimental Julio 2011 – Enero 2012.**

| 2011      | Radiación solar circunglobal (Ly/día) | Heliofania (Horas) | Temperatura media mensual © | Humedad relativa media mensual (%) | Evaporación media del tanque (mm/día) | Precipitación mensual (mm) |
|-----------|---------------------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Julio     | 147.1                                 | 1.03               | 16.6                        | 88                                 | 1.78                                  | 5.4                        |
| Agosto    | 144.3                                 | 0.72               | 15.4                        | 90                                 | 1.95                                  | 6.2                        |
| Setiembre | 291.3                                 | 4.17               | 16.4                        | 85                                 | 2.30                                  | 3.5                        |
| Octubre   | 374.6                                 | 5.18               | 17.7                        | 87                                 | 3.20                                  | 0.4                        |
| Noviembre | 378.6                                 | 5.3                | 19.5                        | 82                                 | 3.8                                   | 1.6                        |
| Diciembre | 394.1                                 | 4.55               | 21.7                        | 79                                 | 4.60                                  | 0                          |
| 2012      |                                       |                    |                             |                                    |                                       |                            |
| Enero     | 453.3                                 | 7.48               | 24.7                        | 73                                 | 5.20                                  | 0                          |
| PROMEDIO  | 311.9                                 | 4.1                | 18.9                        | 83.4                               | 2.94                                  | 2.44                       |

Fuente: Observatorio meteorológico Alexander Von Humboldt - UNALM.

### 3.1.9. Otros materiales

Mochila de fumigación, Balanza electrónica de precisión, estufa, libreta de campo, insecticidas y fungicidas, bolsas plásticas, agua, lápiz, cartulina, tijeras, palas, pico, rastrillo y serrucho, cinta métrica y wincha, cordeles, vernier, letreros.

### 3.1.10 Factores en estudio

#### Factor I: Nivel nutricional NPK – Ácidos húmicos

| Clave    | Característica       | Nivel (kg/ha)<br>N-P2O5-K2O | Ácidos Húmicos<br>kg/ha |
|----------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| T0       | Testigo              | 0 -0 - 0                    | 0                       |
| AH       | Ácidos húmicos       | 0 – 0 - 0                   | 100                     |
| NPK      | NPK                  | 160 – 80 -160               | 0                       |
| NPK + AH | NPK + Ácidos húmicos | 160 – 80 -160               | 100                     |

## Factor II: Láminas de riego

| Clave | Característica | ETc<br>mm/campaña | Índice<br>Aproximado % | Requerimiento<br>de riego<br>calculado:<br>m <sup>3</sup> /ha/campaña |
|-------|----------------|-------------------|------------------------|---|
| L1    | Alto           | 350               | 100                    | 4,121   |
| L2    | Medio          | 300               | 85                     | 3,530   |
| L3    | Bajo           | 250               | 70                     | 2,941   |

Eficiencia de riego: 85%

### 3.2 Métodos

A nivel de campo, el ensayo se manejó en 12 camas de producción levantadas con un distanciamiento de 1.2 m entre camas. Cada cama de producción se alimenta con un lateral de riego, el cual presenta emisores a un espaciado de 30 cm entre sí. Cada cama de producción se subdivide en 4 subparcelas de 8 emisores y 3 m<sup>2</sup> de área efectiva.

El sistema de propagación fue de siembra directa, depositando tres semillas por golpe, para al desahije dejar una planta por golpe. Las plantas se encuentran a un distanciamiento de 14.5 cm, lo cual establece una densidad promedio de 55,000 plantas por ha. Se probaron tres láminas de riego; L1: 4121m<sup>3</sup>/ha (Nivel alto), L2: 3530m<sup>3</sup>/ha (Nivel medio) y L3: 2941m<sup>3</sup>/ ha (Nivel bajo). Asimismo, por lámina de riego en estudio, se probaron 3 niveles de nutrición; AH (aplicación de ácidos húmicos), NPK (aplicación de NPK), NPK + AH (aplicación de NPK más ácidos húmicos) en base a un testigo no aplicado (To). La fertilización se aplicó de forma fraccionada en 9 oportunidades para el nitrógeno, 2 para el Fósforo y en 9 oportunidades para el Potasio durante la fase vegetativa del cultivo, (concluyendo al iniciar la emergencia de la panoja), según los niveles de fertilización en estudio. El número de aplicaciones de los ácidos húmicos fueron cuatro. Las fuentes fertilizantes fueron aplicadas mecánicamente a nivel de subparcela, utilizando recipientes graduados, previa dilución en agua, de acuerdo al nivel de prueba. En general, las labores agronómicas y de sanidad del cultivo fueron

manejadas a un nivel estándar que no logren afectar los resultados de los tratamientos por su presencia.

### **3.2.1 Instalación del área experimental**

Las labores realizadas en la conducción del experimento se detallan en el cuadro 4. Los pre operativos consistieron en realizar las labores de preparación del terreno, se marcaron 12 camas de producción separadas 1.20m entre laterales de riego, posteriormente se instaló el sistema de riego dejándolo bajo riego para tener el terreno apto y acondicionado para el momento de la siembra.

La siembra se realizó con semilla de maíz morado proporcionado por el Programa de Maíz de la UNALM. Se sembraron tres semillas por golpe a una hilera por cama. La separación entre las plantas fue de 14.5cm, estableciendo una densidad de 55000 plantas/ha. Las labores culturales realizadas como el deshierbo se realizaron con escardas manualmente, lo que mantuvo el campo libre de malezas. Se realizó el desahije a los 19 días después de la siembra (DDS), cortando plantas de menor vigor y dejando por golpe una planta. Se realizaron aplicaciones fitosanitarias, a los 19 DDS y se aplicó Metamidofos para el control de gusanos de tierra y a los 40 DDS se aplicó Granolate, para el control del cogollero (*Spodoptera frugiperda*). La fertilización se realizó de forma fraccionada, utilizando recipientes graduados, previa dilución en agua, de acuerdo al nivel de prueba.

El fósforo (P) se aplicó en 2 fracciones, la primera aplicación a los 19 DDS y la segunda dosis 7 días después. El nitrógeno (N) se fraccionó en 9 partes, la primera aplicación a los 26 DDS y las siguientes fracciones en las posteriores semanas, una fracción cada 7 días, siendo la última a los 82 DDS. El potasio (K) se fraccionó también en 9 partes, la primera aplicación fue a los 33 DDS, las siguientes fracciones se aplicaron en forma sucesiva cada semana, siendo la última aplicación a los 89 DDS. Los ácidos húmicos se aplicaron en 4 fracciones, a los 18 DDS, 33 DDS, 47 DDS y a los 61 DDS. También se tomaron muestras de suelo para evaluar humedad, esta actividad se realizó a los 40 DDS, 47 DDS, 61 DDS, 88 DDS, 94 DDS y a los 120 DDS. La cosecha se realizó a los 159 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 los aspectos tomados en cuenta por el trabajo de investigación

**Cuadro 4. Cronograma del ensayo experimental**

| <b>LABORES DE CAMPO</b>  | <b>FECHA</b> |
|--|--------------|
| Muestreo del campo (análisis del suelo)  | 13/07/2011   |
| Muestreo del agua (análisis de agua)   | 13/07/2011   |
| Preparación del terreno  | 14/07/2011   |
| Apertura del sistema de riego  | 16/07/2011   |
| Siembra  | 18/07/2011   |
| Resiembra  | 30/07/2011   |
| Deshaje  | 06/08/2011   |
| Aplicación de Metamidofos  | 06/08/2011   |
| 1era aplicación de P, 1era aplicación de AH  | 06/08/2011   |
| 1era aplicación de N, 2da aplicación de P  | 13/08/2011   |
| 1era aplicación de K, 2da aplicación de N, 2da aplicación de AH                    | 20/08/2011   |
| 2da aplicación de K, 3era aplicación de N  | 27/08/2011   |
| 1er Muestreo humedad del suelo   | 27/08/2011   |
| Aplicación de Granolate  | 27/08/2011   |
| 3era aplicación de K, 4ta aplicación de N, 3era aplicación de AH                   | 03/09/2011   |
| 2do Muestreo humedad del suelo   | 03/09/2011   |
| 4ta aplicación de K, 5ta aplicación de N e inicio de diferenciación de los riegos. | 10/09/2011   |
| 5ta aplicación de K, 6ta aplicación de N, 4ta aplicación de AH                     | 17/09/2011   |
| 3er Muestreo humedad del suelo   | 17/09/2011   |
| 6ta aplicación de K, 7ma aplicación de N   | 24/09/2011   |
| 7ma aplicación de K, 8va aplicación de N   | 01/10/2011   |
| 8va aplicación de K, 9na aplicación de N   | 08/10/2011   |
| 4to Muestreo humedad del suelo   | 14/10/2011   |
| 9na aplicación de K  | 15/10/2011   |
| 5to Muestreo humedad del suelo   | 20/10/2011   |
| 6to muestreo humedad del suelo   | 15/11/2011   |
| Cierre del sistema de riego  | 28/11/2011   |
| Cosecha  | 22/12/2011   |

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

Largo efectivo: 9.6 m

Ancho efectivo: 15 m

Área efectiva: 144 m<sup>2</sup>

#### **Del Bloque**

Largo efectivo: 9.60 m

Ancho efectivo: 3.75 m

Área efectiva: 36.0 m<sup>2</sup>

Numero de bloques: 4

#### **De la Parcela**

Largo: 9.25 m

Ancho: 1.25 m

Área: 12.0 m<sup>2</sup>

Numero de parcelas: 12

#### **De la subparcela**

Largo efectivo: 2.4 m

Ancho efectivo: 1.25 m

Área efectiva: 3.0 m<sup>2</sup>

Numero de subparcelas: 48

### **3.3 Diseño experimental**

El diseño experimental fue de parcelas divididas. Los niveles de las láminas de riego fueron asignados aleatoriamente a nivel de parcelas y los niveles nutricionales se asignaron aleatoriamente a nivel de sub parcelas. 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. (*Statistical Analysis System*).

| FV                       | GRADOS DE LIBERTAD |
|--------------------------|--------------------|
| <b>Parcela</b>           |                    |
| Bloques                  | 3                  |
| Láminas de riego (A)     | 2                  |
| Error (a)                | 6                  |
| <b>Total de parcela</b>  | 11                 |
| <b>Subparcela</b>        |                    |
| Niveles de nutrición (B) | 3                  |
| Interacción AxB          | 6                  |
| Error (b)                | 27                 |
| <b>Total</b>             | 47                 |

### Modelo Estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \gamma_{ijk} + (\tau\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$ = Es el rendimiento obtenido con el k-esimo nivel de nutrición, i-esima lámina de riego en el j-esimo bloque.

$\mu$ = Es el efecto de la media en general.

$\tau_i$ : Es el efecto de la i-esima lámina de riego.

$\beta_j$ : Es el efecto del j-esimo bloque.

$(\tau\beta)_{ij}$ : Es el efecto del error experimental de la i-esima lámina de riego en el j-esimo bloque.

$\gamma_{ijk}$ : Es el efecto de la interacción del k-esimo nivel de nutrición, i-esima lámina de riego en el j-esimo bloque.

$(\tau\gamma)_{ik}$ : Es el efecto de la interacción de la i-esima lámina de riego y k-esimo nivel de nutrición.

$\varepsilon_{ijk}$ : Es el efecto del error experimental del k-esimo nivel de nutrición, i-esima lámina de riego en el j-esimo bloque.

### **3.4 Variables evaluadas**

#### **i. Variables de Crecimiento del cultivo de maíz morado PMV-581**

##### **Altura de planta (m)**

La medida se realizó desde el cuello de planta hasta el último nudo del tallo donde se sostiene o emerge la panoja.

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

Se determinó tomando muestras de las hojas con un sacabocado de área conocida (5 muestras) y pesadas; finalmente se comparó entre este peso de área conocida con el peso total de hojas.

##### **Número de hojas por planta.**

Se contabilizó el total de hojas por planta.

##### **Número de hojas por encima de la mazorca principal.**

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

##### **Diámetro del tallo (m).**

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

##### **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 65C durante 72 horas). Determinado el contenido de humedad de cada componente morfológico, se calculo 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.

#### **ii . Rendimiento del maíz morado kg/ha (mazorca a 14% humedad)**

El rendimiento económico del cultivo se obtuvo contando y pesando las mazorcas de cada sub parcela. Terminada la labor de cosecha, se tomaron muestras por sub parcela (1) de mazorcas para determinar el contenido (%) de humedad a la cosecha. Posteriormente, se corrigió el peso de campo en función de las fallas de la humedad de mazorca al 14% de humedad y se expresó en kg/ha de mazorcas de rendimiento total y de rendimiento comercial en base a la eliminación del rendimiento de descarte (mazorcas

que se presentaban sin granos, deformadas y pequeñas), lo que permitió determinar el rendimiento por categorías (primera, segunda y descarte).

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

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

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

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 utilizará 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 grano en kg/ha, se aplicará el siguiente Factor de Producción (FP).

$$\text{FP} = 10\,000 \times 0.971 \times \% D / A$$

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

0.971 = coeficiente de contorno.

Finalmente:

**Rendimiento (kg/ha)** = FP x Rendimiento por parcela corregido por fallas y humedad.

### **iii. Componentes del rendimiento de maíz morado**

#### **Número de plantas por metro cuadrado**

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

#### **Numero de mazorcas por planta**

A la cosecha se contó el número total de mazorcas por sub parcela y en base al conteo de numero de plantas por sub parcela, se determino está variable.

#### **Peso promedio de mazorca (14% de humedad)**

Se obtuvo en base a la relación entre peso total de mazorcas corregidas por humedad, entre el número de mazorcas comerciales cosechadas.

### **iv. Parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado**

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

Relación que resulta de dividir el rendimiento comercial de mazorcas (Kg/ha maíz) respecto del volumen total de agua utilizado en el riego (m<sup>3</sup>/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 modulo de riego por goteo empleado (85%)

#### **Coefficiente de transpiración (CT-1/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.

#### **Índice de cosecha (IC-%)**

Relación entre el peso promedio de la materia seca de mazorca respecto a la materia seca total de la planta (hojas + tallos + mazorca + panca + panoja).

#### **Índice de área foliar (IAF)**

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

**Figura 1. Disposición de las parcelas experimentales.**

| R1       |          |          | R2       |          |          | R3       |          |          | R4       |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| L1       | L2       | L3       | L2       | L3       | L1       | L3       | L1       | L2       | L1       | L3       | L2       |
| NPK + AH | NPK      | AH       | To       | NPK + AH | NPK      | AH       | To       | NPK + AH | NPK      | AH       | To       |
| To       | NPK + AH | NPK      | AH       | To       | NPK + AH | NPK      | AH       | To       | NPK + AH | NPK      | AH       |
| AH       | To       | NPK + AH | NPK      | AH       | To       | NPK + AH | NPK      | AH       | To       | NPK + AH | NPK      |
| NPK      | AH       | To       | NPK + AH | NPK      | AH       | To       | NPK + AH | NPK      | AH       | To       | NPK + AH |

**R<sub>i</sub> = Repetición (i=1, 2, 3, 4)**

**Láminas: L1, L2 y L3**

**NPK: nitrógeno + fosforo + potasio**

**AH: Ácidos Húmicos**

**To: Testigo.**

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los cuadros que se presentan y discuten a continuación han sido elaborados en base a los cuadros 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 del cultivo. Se considera el análisis de variancia del combinado de los factores en estudio, la prueba de comparación de medias de Duncan y finalmente el análisis agro-económico.

### **4.1 Resultados generales y parámetros agronómicos del cultivo de Maíz Morado PMV-581**

Los cuadros 5, 6 y 7 presentan los resultados generales y los parámetros agronómicos por lámina de riego aplicada que caracterizan al cultivo de maíz morado PMV-581; 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 evapotranspiración del cultivo (ETc-mm/campana):

Bajo las condiciones de clima, suelo y manejo agronómico del presente ensayo, el periodo del cultivo fue de 157 días después de la siembra (DDS), siendo los gastos de agua de riego para las tres láminas aplicadas, los siguientes; L1:4121m<sup>3</sup>, L2:3530m<sup>3</sup>, L3:2941m<sup>3</sup> y el rendimiento comercial promedio de mazorcas de 6551.5kg/ha. Asimismo para una población de 4.8 plantas/m<sup>2</sup>, el número promedio de mazorcas por planta es de 1.2 y el peso promedio de 133.5g. Bajo estas condiciones las plantas alcanzan una altura de 222.2cm, expanden una superficie foliar de 4131.5cm<sup>2</sup>/planta y acumulan un total de materia seca de 267.8g/planta, siendo la relación de hojas: tallos: mazorca: panoja: panca de 9.8%, 28.9%, 42.9%, 2.5%, 15.9% respectivamente. Los parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado PMV-581 en general, alcanzaron valores similares comparados con ensayos con el mismo cultivar en similares condiciones medio ambientales.

#### 4.1.1 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 de maíz morado producidos por metro cubico de agua aplicado en el riego, en este caso los valores del EUA para las láminas en estudio fueron los siguientes: L1: 1.87 kg/m<sup>3</sup>, L2: 1.89 kg/m<sup>3</sup> y L3: 1.78 kg/m<sup>3</sup>. Al respecto, **Solano (1999)**, investigo sobre el efecto de la fertirrigación NPK en el rendimiento de tres variedades de maíz morado, encontró valores de EUA de 1.21Kg/m<sup>3</sup> para la variedad morado canteño, de 1.20 kg/m<sup>3</sup> para la variedad PMV – 581 de Huánuco y de 1.17 para la variedad PMV – 581 de Cañete.

Para condiciones medio ambientales similares; **Vizcarra (2010)**, **Santamaría (2011)** y **Palacios (2010)**, en el cultivo de Alcachofa encontraron valores medios entre 2.19 a 3.48Kg/m<sup>3</sup> de agua aplicado, comparado con este trabajo, los valores que se acercan corresponden a las láminas L2 y L3.

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

La evapotranspiración del cultivo (ETc) equivale al consumo neto de agua por la planta. El proceso se define como la pérdida de agua de una cubierta vegetal bajo la forma de vapor a través de la evaporación y transpiración durante un intervalo dado.

En las condiciones en que prosperó el cultivo de maíz morado PMV-581, las evapotranspiraciones promedio por lámina de riego estudiada fueron las siguientes: L1: 350.29mm/campana, con una media de 2.63mm/día y un coeficiente de cultivo (Kc) estimado de 0.9; L2: 300.09mm/campana, con una media de 2.26mm/día y un coeficiente de cultivo (Kc) estimado de 0.8; L3: 250.01mm/campana, con una media de 1.88mm/día y un coeficiente de cultivo (Kc) estimado de 0.76.

Al respecto, **Espinoza (2003)**, en condiciones similares de calidad de agua, suelo y medio ambiente, sobre el efecto de la fertirrigación nitrogenada en maíz morado PMV 581, encontró valores para la evapotranspiración del cultivo (ETc) de 257.1mm/campaña, con un valor medio de 0.72mm/día y un Kc medio de 1.09.

**Solano (1999)**, sobre el efecto de la fertirrigacion NPK en tres variedades de maíz morado, encontró valores para la ETc de 346.4mm/campaña, con una media de

3.2mm/día y un Kc medio de 0.91. Por otro lado **Sánchez (2007)**, en tres híbridos de maíz amarillo duro, probando el efecto de la fertilización nitrogenada – potásica, encontró valores promedio para la Etc de 358.9mm/campaña, con una media de 3.2mm/día y un Kc medio de 1.04.

En el caso del cultivo Alcachofa, variedad Imperial star, **Pérez (2007)**, **Postigo (2009)**, **Mosquera (2006)**, **Hurtado (2009)**, **Santamaría (2011)**, encontraron valores de ETC entre 468 a 601mm/campaña, con una media de 35.3mm/día y un Kc medio de 1.12.

#### **4.1.3 Índice de área foliar (IAF)**

Parámetro que expresa la relación entre la superficie foliar expuesta a la radiación solar por unidad de terreno y por tanto, un gran estimador de la capacidad de producción del cultivo. Al respecto, el cultivo de maíz morado PMV 581 presenta un índice de área foliar (IAF) de 2.6m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>.

Al respecto **Solano (1999)**, sobre el efecto de la fertirrigación NPK en tres variedades de maíz morado, encontró valores en el IAF de 3.09m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> para la variedad morado Canteño, de 3.14m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> para la variedad PMV – 581 de Huánuco y de 3.05m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> para la variedad PMV – 581 de Cañete. **Vásquez (2007)**, en maíz híbrido PM-702, probando el efecto de la fertilización nitrogenada encontró un valor en el IAF de 9.94m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>.

#### **4.1.4 Índice de cosecha (IC%)**

El índice de cosecha (IC) expresa la eficiencia del cultivo, relacionando la materia seca del producto cosechado (mazorcas) respecto de la materia seca total producida (hojas+tallos+mazorca+panca+panoja). Al respecto, la media para el cultivo de maíz morado PMV 581 alcanza un valor de 42.8%.

Al respecto, **Espinoza (2003)**, encontró valores para el índice de cosecha (IC%) de 45.6%. **Solano (1999)**, encontró valores en el IC de 38.1% para la variedad morado canteño, de 37.8% para la variedad PMV – 581 de Huánuco y de 37.5% para la variedad PMV – 581 de Cañete.

**Sánchez (2007)**, encontró valores en el IC% de 28.6%. **Vásquez (2007)**, encontró un valor de 32.9% en el IC. Por otro lado en el cultivo de Alcachofa variedad Imperial star, **Pérez (2007)**, **Mosquera (2006)**, **Postigo (2009)**, **Hurtado (2009)**, **Vizcarra (2009)**,

Santamaría (2010) y Palacios (2010), encontraron índices de cosecha (IC) de 20.6% a 36%.

#### **4.1.5 Coeficiente de transpiración (CT)**

Parámetro agronómico que indica la cantidad de agua evapotranspirada necesaria para producir un kilogramo de materia seca – parte aérea. Así, para este trabajo de investigación que tiene la peculiaridad de haber trabajado con 3 láminas de riego, por lo tanto, tenemos 3 coeficientes de transpiración (CT), uno por cada lámina de riego estudiada.

Los coeficientes de transpiración encontrados en maíz morado PMV-581 con respecto a las láminas de riego L1, L2 y L3 fueron 225.8, 194.3 y 188.8 l/Kg respectivamente. Al respecto, **Espinoza (2003)**, encontró valores para el coeficiente de transpiración de 167.4 l/Kg. **Solano (1999)**, encontró valores de 234.9 l/Kg para la variedad morado canteño, 229.3 l/Kg para la variedad PMV – 581 de Huánuco y 229.2 l/Kg para la variedad PMV – 581 de Cañete. **Sánchez (2007)**, encontró valores de 180.9 l/Kg y **Vásquez (2007)**, encontró un valor de 286.7 l/Kg.

**Cuadro 5. Resultados y parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado PMV-581 para la lámina de riego L1**

| <b>Características</b>                                      | <b>Promedio</b> | <b>Unidad</b>                      |
|---|-----------------|------------------------------------|
| <b>i Requerimiento de riego</b>                             | <b>4,121</b>    | <b>m<sup>3</sup>/ha</b>            |
| <b>ii Rendimiento comercial</b>                             | <b>7,735.4</b>  | <b>kg/ha</b>                       |
| <b>iii Variables morfológicas</b>                           |                 |                                    |
| Altura de planta  | <b>226.7</b>    | <b>cm</b>                          |
| Área foliar   | <b>3798</b>     | <b>cm<sup>2</sup>/planta</b>       |
| Materia seca total  | <b>282</b>      | <b>g.</b>                          |
| Materia seca de hojas                                       | <b>25.2</b>     | <b>g.</b>                          |
| Materia seca de tallos                                      | <b>79.6</b>     | <b>g.</b>                          |
| Materia seca de mazorcas                                    | <b>127.7</b>    | <b>g.</b>                          |
| Materia seca de panoja                                      | <b>6.3</b>      | <b>g.</b>                          |
| Materia seca de panca                                       | <b>43.2</b>     | <b>g.</b>                          |
| Numero de hojas por planta                                  | <b>10.8</b>     | <b>unid.</b>                       |
| <b>iv Componentes del rendimiento</b>                       |                 |                                    |
| N de plantas/m <sup>2</sup>                                 | <b>4.8</b>      | <b>Plantas</b>                     |
| N de mazorcas por planta                                    | <b>1.2</b>      | <b>Unid.</b>                       |
| Peso promedio de mazorca                                    | <b>148.5</b>    | <b>g.</b>                          |
| <b>v Parámetros agronómicos</b>                             |                 |                                    |
| Eficiencia de uso de agua (EUA-kg/m <sup>3</sup> )          | <b>1.87</b>     | <b>kg/m<sup>3</sup></b>            |
| Índice de cosecha (IC-%)                                    | <b>45.3</b>     | <b>%</b>                           |
| Índice de área foliar (IAF-m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | <b>2..08</b>    | <b>m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup></b> |
| Coefficiente de transpiración (CT-l/kg)                     | <b>225.8</b>    | <b>l/kg</b>                        |
| Evapotranspiración del cultivo (ETc)                        | <b>350.29</b>   | <b>mm/campana</b>                  |

**Cuadro 6 Resultados y parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado PMV-581 para la lámina de riego L2**

| <b>Características</b>                                      | <b>Promedio</b> | <b>Unidad</b>                      |
|---|-----------------|------------------------------------|
| <b>i Requerimiento de riego</b>                             | <b>3,530</b>    | <b>m<sup>3</sup>/ha</b>            |
| <b>ii Rendimiento comercial</b>                             | <b>6,682.1</b>  | <b>kg/ha</b>                       |
| <b>iii Variables morfológicas</b>                           |                 |                                    |
| Altura de planta  | <b>216.1</b>    | <b>cm</b>                          |
| Área foliar   | <b>4359.7</b>   | <b>cm<sup>2</sup>/planta</b>       |
| Materia seca total  | <b>280.7</b>    | <b>g.</b>                          |
| Materia seca de hojas                                       | <b>29.3</b>     | <b>g.</b>                          |
| Materia seca de tallos                                      | <b>84.3</b>     | <b>g.</b>                          |
| Materia seca de mazorcas                                    | <b>117.1</b>    | <b>g.</b>                          |
| Materia seca de panoja                                      | <b>7</b>        | <b>g.</b>                          |
| Materia seca de panca                                       | <b>43</b>       | <b>g.</b>                          |
| Numero de hojas por planta                                  | <b>10.9</b>     | <b>unid.</b>                       |
| <b>iv Componentes del rendimiento</b>                       |                 |                                    |
| N de plantas/m <sup>2</sup>                                 | <b>4.7</b>      | <b>plantas</b>                     |
| N de mazorcas por planta                                    | <b>1.2</b>      | <b>Unid.</b>                       |
| Peso promedio de mazorca                                    | <b>136.1</b>    | <b>g.</b>                          |
| <b>v Parámetros agronómicos</b>                             |                 |                                    |
| Eficiencia de uso de agua (EUA-kg/m <sup>3</sup> )          | <b>1.89</b>     | <b>kg/m<sup>3</sup></b>            |
| Índice de cosecha (IC-%)                                    | <b>41.7</b>     | <b>%</b>                           |
| Índice de área foliar (IAF-m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | <b>2.39</b>     | <b>m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup></b> |
| Coefficiente de transpiración (CT-l/kg)                     | <b>194.3</b>    | <b>l/kg</b>                        |
| Evapotranspiración del cultivo (ET <sub>c</sub> )           | <b>300.09</b>   | <b>mm/campana</b>                  |

**Cuadro 7. Resultados y parámetros agronómicos del cultivo de maíz morado PMV-581 para la lámina de riego L3**

| <b>Características</b>                                      | <b>Promedio</b> | <b>Unidad</b>                      |
|---|-----------------|------------------------------------|
| <b>i Requerimiento de riego</b>                             | <b>2941</b>     | <b>m<sup>3</sup>/ha</b>            |
| <b>ii Rendimiento comercial</b>                             | <b>5,236.9</b>  | <b>kg/ha</b>                       |
| <b>iii Variables morfológicas</b>                           |                 |                                    |
| Altura de planta  | <b>223.9</b>    | <b>cm</b>                          |
| Área foliar   | <b>4236.7</b>   | <b>cm<sup>2</sup>/planta</b>       |
| Materia seca total  | <b>240.7</b>    | <b>g.</b>                          |
| Materia seca de hojas                                       | <b>24.2</b>     | <b>g.</b>                          |
| Materia seca de tallos                                      | <b>69</b>       | <b>g.</b>                          |
| Materia seca de mazorcas                                    | <b>99.6</b>     | <b>g.</b>                          |
| Materia seca de panoja                                      | <b>6.6</b>      | <b>g.</b>                          |
| Materia seca de panca                                       | <b>41.3</b>     | <b>g.</b>                          |
| Numero de hojas por planta                                  | <b>10.6</b>     | <b>unid.</b>                       |
| <b>iv Componentes del rendimiento</b>                       |                 |                                    |
| N de plantas/m <sup>2</sup>                                 | <b>4.8</b>      | <b>Plantas</b>                     |
| N de mazorcas por planta                                    | <b>1.2</b>      | <b>Unid.</b>                       |
| Peso promedio de mazorca                                    | <b>115.8</b>    | <b>g.</b>                          |
| <b>v Parámetros agronómicos</b>                             |                 |                                    |
| Eficiencia de uso de agua (EUA-kg/m <sup>3</sup> )          | <b>1.78</b>     | <b>kg/m<sup>3</sup></b>            |
| Índice de cosecha (IC-%)                                    | <b>41.4</b>     | <b>%</b>                           |
| Índice de área foliar (IAF-m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | <b>2.33</b>     | <b>m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup></b> |
| Coefficiente de transpiración (CT-l/kg)                     | <b>188.8</b>    | <b>l/kg</b>                        |
| Evapotranspiración del cultivo (ETc)                        | <b>250.01</b>   | <b>mm/campana</b>                  |

## **4.2 Fenología del cultivo de maíz morado PMV- 581 y uso – consumo de agua de riego.**

Los cuadros 6, 7 y 8 presentan el consumo de agua de riego por estado fenológico del cultivo de maíz morado PMV 581 por cada lámina de riego en estudio. Durante los 159 días que duró el ciclo. El uso –consumo de agua, con una eficiencia de riego de 85% de acuerdo a las lámina en estudio fueron los siguientes: L1: 4121m<sup>3</sup>/ha; L2: 3530m<sup>3</sup>/ha; L3: 2941m<sup>3</sup>/ha.

Los estados fenológicos del cultivo para las tres láminas de riego en estudio se dieron en tiempos similares.

A los 31 DDS (días después de la siembra) el cultivo presentó 5 hojas verdaderas, y el consumo de agua para L1, L2 y L3 fue de 623.57m<sup>3</sup>, en ese momento todavía no se había empezado con la diferenciación de los riegos, la evapotranspiración del cultivo (ETc) fue de 1.31mm/día y el Kc estimado 0.67.

A los 47 DDS el cultivo presentó 7 hojas. En este momento ya se había dado la diferenciación de los riegos por lo que el consumo de agua en este estado para L1, L2 y L3 fue de 975.1, 957.45 y 924.86m<sup>3</sup> respectivamente, representando el 23.7%, 27.1% y 31.4% de las láminas totales. En cuanto a la evapotranspiración para L1, L2 y L3 fue de 1.87, 1.77, 1.60mm/día respectivamente y el Kc fue de 0.81, 0.77 y 0.69 respectivamente también.

A los 64 DDS el cultivo presenta 9 hojas. En este momento el gasto parcial de agua para L1, L2 y L3 fue de 1425.9, 1336.15 y 1289.8m<sup>3</sup> respectivamente, representando el 34.6%, 37.9% y 43.9% de las láminas totales. En este periodo la evapotranspiración promedio para L1, L2 y L3 fue de 2.25, 1.89 y 1.82mm/día respectivamente, y el Kc para L1, L2 y L3 fue de 0.98, 0.82 y 0.79.

A los 76 DDS se inicia la aparición de la inflorescencia masculina, siendo el gasto hasta ese momento fenológico de L1, L2 y L3 respectivamente de 1829.66, 1693.32, 1642.74m<sup>3</sup>, representando el 44.4%, 48% y 55.9%, la ETc promedio del cultivo para L1, L2 y L3 fue de 2.86, 2.53 y 2.50mm/día respectivamente y el Kc respectivamente también fue de 1.04, 0.92 y 0.91.

A los 88 DDS se inicia la aparición de la inflorescencia femenina. En este momento el gasto parcial de agua para L1, L2 y L3 fue de 2324.01, 2136.03 y 2058.26m<sup>3</sup> respectivamente, representando el 56.4%, 60.5% y 70%. En este periodo la ETc para L1, L2 y L3 fue de 3.5, 3.13 y 2.94mm respectivamente y el Kc fue de 1.09, 0.98 y 0.92.

A los 96 DDS el cultivo presenta 12 hojas, siendo el gasto de agua en este momento fenológico para L1, L2 y L3 respectivamente de 2691.44, 2455.79 y 2226.73m<sup>3</sup>, representando el 65.3%, 69.6 y 75.7 % respectivamente. En este periodo la Etc para L1 L2 y L3 fue de 3.9, 3.4 y 3.58mm y el Kc fue de 1.22, 1.06 y 1.12.

A los 112 DDS el cultivo se encuentra en formación del grano siendo el gasto de agua en este momento fenológico para L1 L2 y L3 respectivamente de 3436.73, 2948.49, 2600.61m<sup>3</sup>. En este periodo la ETc para L1, L2 y L3 fue de 3.96, 2.61 y 2.27mm y el Kc fue de 1.16, 0.77 y 0.67.

A los 133 DDS el cultivo se encuentra en madurez fisiológica siendo el gasto de agua en este momento fenológico para L1, L2 y L3 respectivamente de 4121m<sup>3</sup>, 3530m<sup>3</sup> y 2941m<sup>3</sup>. En este periodo la ETc para L1, L2 y L3 fue de 2.77, 2.35 y 2.06 y el Kc fue de 0.73, 0.62 y 0.54.

Terminada esta etapa se cierra el sistema dejando a la planta sin riego para poder cosechar la mazorca en el nivel de humedad adecuado.

Al respecto **Espinoza (2003)**, gasto un total de 3025 m<sup>3</sup>/ha en maíz morado PMV – 581, siendo el periodo vegetativo 184 días. **Solano (1999)**, en una siembra de verano, sobre el efecto de gravimétrica n NPK en tres variedades de maíz morado, gasto un total de agua de riego de 3765 m<sup>3</sup>/Ha, siendo el periodo vegetativo promedio 108 días, **Sánchez (2007)**, en tres híbridos de maíz amarillo duro, gastó 4222 m<sup>3</sup>/Ha, siendo el periodo vegetativo de 129 días y **Vásquez (2007)**, en maíz híbrido PM-702, probando el efecto de fertilización nitrogenada gastó 5641m<sup>3</sup>/Ha, siendo el periodo vegetativo de 175 días.

#### **4.2.1 Determinación de la humedad del suelo para cada lámina de riego en estudio**

En el cuadro 11 podemos apreciar los distintos momentos en que se realizó el muestreo de suelo y los valores que arrojaron cada muestra.

Los muestreos de suelo para determinar el nivel de humedad que brindaba cada lamina de riego en estudio se dieron en los siguientes estados fenológicos: 5 hojas, 7 hojas, 9 hojas, flor femenina, 12 hojas y formación de grano; a los 40, 47, 61, 88, 94 y 120DDS respectivamente.

En el estado fenológico de 5 hojas las humedades de suelo son prácticamente las mismas para las tres láminas de riego en estudio ya que en ese momento aún no se aprecia el efecto de los riegos diferenciados, los riegos diferenciados empezaron el 20/08/2011, momento en que la planta se encontraba en el estado fenológico de 5 hojas.

En el estado fenológico de 7 hojas, la humedad del suelo para L1, L2 y L3 fueron; 27.11%, 22.54% y 23.61% de humedad volumétrica, que corresponden a succiones mátricas de 0.29bar para las tres láminas en estudio, como se puede observar en este momento ya se aprecia una diferencia entre las humedades ya que los riegos diferenciados ya habían comenzado a mostrar su efecto.

En el estado fenológico de 9 hojas la humedad del suelo para L1, L2 y L3 fueron; 21.38%, 19.59% y 14.42% de humedad volumétrica, que corresponden a succiones mátricas de 0.4bar, 1.9bar y 10.4bar respectivamente.

Para el estado fenológico floración femenina la humedad del suelo para L1, L2 y L3 son 25.96%, 20.86% y 17.66% de humedad volumétrica, que corresponden a succiones mátricas de 0.26bar, 0.95bar y 2.8bar. En esta etapa se aprecia que continúa manifestándose la tendencia de mayor humedad para la lámina de riego L1.

Para el estado fenológico de 12 hojas las humedades de suelo para L1, L2 y L3 son 22.97%, 21.32% y 18.57%, que corresponden a succiones mátricas de 0.35bar, 0.45bar y 1.13bar, en esta etapa se continua viendo la tendencia obvia de que L1 tiene el mayor nivel de humedad por ser la lámina de mayor volumen.

En general durante todo el tiempo que se manejó el cultivo de maíz morado en este trabajo de investigación se manejaron las siguientes humedades en promedio, para L1 fue de 23.92%, que corresponde a una succión matrica de 0.2 a 0.4bar (humedad aprovechable del 100%), para L2 21.33% que corresponde a una succión mátrica de 0.3 a 1.2bar (humedad aprovechable de 74.4%) y para L3 19.33% que corresponde a una succión mátrica de 0.3 a 2 bar (humedad aprovechable de 53.2%).

**Cuadro 8: Fenología del cultivo de maíz morado PMV 581 y Uso – consumo del agua de riego (L1)**

| Etapa del cultivo         | Estado fenológico   | Fecha      | Ciclo vegetativo |                  | Requerimiento de riego |                 | ETc (mm/día) | Eto (mm/día) | Kc Estimado |
|---------------------------|---------------------|------------|------------------|------------------|------------------------|-----------------|--------------|--------------|-------------|
|                           |                     |            | Parcial (días)   | Acumulado (días) | Neto (mm)              | Aplicado(m3/Ha) |              |              |             |
| Apertura del sistema      |                     | 16/07/2011 | -2               |                  | 16.29                  | 191.7           |              |              |             |
| Siembra                   |                     | 18/07/2011 | 0                | 0                |                        |                 |              |              |             |
|                           | Emergencia          | 28/07/2011 | 10               | 10               | 9.2                    | 108.23          | 0.92         | 1.78         | 0.52        |
| Crecimiento vegetativo    | 5 hojas             | 18/08/2011 | 21               | 31               | 27.51                  | 323.64          | 1.31         | 1.95         | 0.67        |
|                           | 7 hojas             | 03/09/2011 | 16               | 47               | 29.88                  | 351.53          | 1.87         | 2.3          | 0.81        |
|                           | 9 hojas             | 20/09/2011 | 17               | 64               | 38.32                  | 450.80          | 2.25         | 2.3          | 0.98        |
| Crecimiento reproductivo  | Floración masculina | 02/10/2011 | 12               | 76               | 34.32                  | 403.76          | 2.86         | 2.75         | 1.04        |
|                           | Floración femenina  | 14/10/2011 | 12               | 88               | 42.02                  | 494.35          | 3.5          | 3.2          | 1.09        |
|                           | 12 hojas            | 22/10/2011 | 8                | 96               | 31.23                  | 367.43          | 3.90         | 3.2          | 1.22        |
|                           | Formación del grano | 07/11/2011 | 16               | 112              | 63.35                  | 745.29          | 3.96         | 3.4          | 1.16        |
| Cierre del sistema        | Madurez Fisiológica | 28/11/2011 | 21               | 133              | 58.17                  | 684.35          | 2.77         | 3.8          | 0.73        |
| Cosecha                   | Cosecha             | 22/12/2011 | 24               | 157              |                        |                 |              |              |             |
| <b>Total y/o promedio</b> |                     |            |                  |                  | 350.29                 | 4,121           | 2.59         | 2.74         | 0.90        |

**Eficiencia de riego: 85% ETc:Kc\*Eo Eo: Evaporación del tanque clase A Kc: Coeficiente de cultivo ETc: Evapotranspiración del cultivo**

**Cuadro 9: Fenología del cultivo de maíz morado PMV 581 y Uso – consumo del agua de riego (L2)**

| Etapa del cultivo         | Estado fenológico   | Fecha      | Ciclo vegetativo |                  | Requerimiento de riego |                 | Etc (mm/día) | Eto (mm/día) | Kc Estimado |
|---------------------------|---------------------|------------|------------------|------------------|------------------------|-----------------|--------------|--------------|-------------|
|                           |                     |            | Parcial (días)   | Acumulado (días) | Neto (mm)              | Aplicado(m3/Ha) |              |              |             |
| Apertura del sistema      |                     | 16/07/2011 | -2               |                  | 16.29                  | 191.7           |              |              |             |
| Siembra                   |                     | 18/07/2011 | 0                | 0                |                        |                 |              |              |             |
|                           | Emergencia          | 28/07/2011 | 10               | 10               | 9.2                    | 108.23          | 0.92         | 1.78         | 0.52        |
| Crecimiento vegetativo    | 5 hojas             | 18/08/2011 | 21               | 31               | 27.51                  | 323.64          | 1.31         | 1.95         | 0.67        |
|                           | 7 hojas             | 03/09/2011 | 16               | 47               | 28.38                  | 333.88          | 1.77         | 2.3          | 0.77        |
|                           | 9 hojas             | 20/09/2011 | 17               | 64               | 32.19                  | 378.70          | 1.89         | 2.3          | 0.82        |
| Crecimiento reproductivo  | Floración masculina | 02/10/2011 | 12               | 76               | 30.36                  | 357.17          | 2.53         | 2.75         | 0.92        |
|                           | Floración femenina  | 14/10/2011 | 12               | 88               | 37.63                  | 442.71          | 3.13         | 3.2          | 0.98        |
|                           | 12 hojas            | 22/10/2011 | 8                | 96               | 27.18                  | 319.76          | 3.40         | 3.2          | 1.06        |
|                           | Formación del grano | 07/11/2011 | 16               | 112              | 41.88                  | 492.70          | 2.61         | 3.4          | 0.77        |
| Cierre del sistema        | Madurez Fisiológica | 28/11/2011 | 21               | 133              | 49.47                  | 582.0           | 2.35         | 3.8          | 0.62        |
| Cosecha                   | Cosecha             | 22/12/2011 | 24               | 157              |                        |                 |              |              |             |
| <b>Total y/o promedio</b> |                     |            |                  |                  | <b>300.09</b>          | <b>3,530.49</b> | <b>2.21</b>  | <b>2.74</b>  | <b>0.8</b>  |

**Eficiencia de riego: 85% ETC:Kc\*Eo Eo: Evaporación del tanque clase A Kc: Coeficiente de cultivo ETC: Evapotranspiración del cultivo**

**Cuadro 10: Fenología del cultivo de maíz morado PMV 581 y Uso – consumo del agua de riego (L3)**

| Etapa del cultivo         | Estado fenológico   | Fecha      | Ciclo vegetativo |                  | Requerimiento de riego |                 | Etc (mm/día) | Eto (mm/día) | Kc Estimado |
|---------------------------|---------------------|------------|------------------|------------------|------------------------|-----------------|--------------|--------------|-------------|
|                           |                     |            | Parcial (días)   | Acumulado (días) | Neto (mm)              | Aplicado(m3/Ha) |              |              |             |
| Apertura del sistema      |                     | 16/07/2011 | -2               |                  | 16.29                  | 191.7           |              |              |             |
| Siembra                   |                     | 18/07/2011 | 0                | 0                |                        |                 |              |              |             |
|                           | Emergencia          | 28/07/2011 | 10               | 10               | 9.2                    | 108.23          | 0.92         | 1.78         | 0.52        |
| Crecimiento vegetativo    | 5 hojas             | 18/08/2011 | 21               | 31               | 27.51                  | 323.64          | 1.31         | 1.95         | 0.67        |
|                           | 7 hojas             | 03/09/2011 | 16               | 47               | 25.61                  | 301.29          | 1.60         | 2.3          | 0.69        |
|                           | 9 hojas             | 20/09/2011 | 17               | 64               | 31.02                  | 364.94          | 1.82         | 2.3          | 0.79        |
| Crecimiento reproductivo  | Floración masculina | 02/10/2011 | 12               | 76               | 30.00                  | 352.94          | 2.50         | 2.75         | 0.91        |
|                           | Floración femenina  | 14/10/2011 | 12               | 88               | 35.32                  | 415.52          | 2.94         | 3.2          | 0.92        |
|                           | 12 hojas            | 22/10/2011 | 8                | 96               | 14.32                  | 168.47          | 3.58         | 3.2          | 1.12        |
|                           | Formación del grano | 07/11/2011 | 16               | 112              | 31.78                  | 373.88          | 2.27         | 3.4          | 0.67        |
| Cierre del sistema        | Madurez Fisiológica | 28/11/2011 | 21               | 133              | 28.96                  | 340.70          | 2.06         | 3.8          | 0.54        |
| Cosecha                   | Cosecha             | 22/12/2011 | 24               | 157              |                        |                 |              |              |             |
| <b>Total y/o promedio</b> |                     |            |                  |                  | 250.01                 | 2941.31         | 2.11         | 2.74         | 0.76        |

**Eficiencia de riego: 85% ETC:Kc\*Eo Eo: Evaporación del tanque clase A Kc: Coeficiente de cultivo ETC: Evapotranspiración del cultivo**

**Cuadro No 11: Cuadro muestreo humedad del suelo en los diferentes estados fenológicos del cultivo maíz morado PMV – 581**

|                  |                | MUESTREO HUMEDAD DEL SUELO |       |          |            |       |          |            |       |          |                    |       |          |            |       |          |                    |       |          |                                      |                                   |     |
|------------------|----------------|----------------------------|-------|----------|------------|-------|----------|------------|-------|----------|--------------------|-------|----------|------------|-------|----------|--------------------|-------|----------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----|
| Láminas de riego | FENOLOGIA      | 5 HOJAS                    |       |          | 7 HOJAS    |       |          | 9 HOJAS    |       |          | FLORACION FEMENINA |       |          | 12 HOJAS   |       |          | FORMACION DE GRANO |       |          | Prom.general) % Humedad Gravimetrica | Prom.general %Humedad volumetrica | %   |
|                  | Fecha muestreo | 27/08/2011                 |       |          | 03/09/2011 |       |          | 17/09/2011 |       |          | 14/10/2011         |       |          | 20/10/2011 |       |          | 15/11/2011         |       |          |                                      |                                   |     |
|                  | LAM Y PROF     | %Hg                        | %Hv   | Prom.%Hv | %Hg        | %Hv   | Prom.%Hv | %Hg        | %Hv   | Prom.%Hv | %Hg                | %Hv   | Prom.%Hv | %Hg        | %Hv   | Prom.%Hv | %Hg                | %Hv   | Prom.%Hv |                                      |                                   |     |
| L1               | L120           | 16.8                       | 25.20 | 24.21    | 16.94      | 25.41 | 27.11    | 14.53      | 21.80 | 21.38    | 16.22              | 24.33 | 25.96    | 13.97      | 20.96 | 22.97    | 14.86              | 22.29 | 21.87    | 15.94                                | 23.92                             | 124 |
|                  | L140           | 14.34                      | 21.51 |          | 17.09      | 25.64 |          | 13.32      | 19.98 |          | 18.36              | 27.54 |          | 17.96      | 26.94 |          | 14.35              | 21.53 |          |                                      |                                   |     |
|                  | L160           | 17.28                      | 25.92 |          | 20.2       | 30.30 |          | 14.92      | 22.38 |          | 17.81              | 26.02 |          | 14.02      | 21.03 |          | 14.50              | 21.75 |          |                                      |                                   |     |
|                  | L180           | 21.42                      | 32.13 |          | 22.87      | 34.31 |          | 19.74      | 29.61 |          | 16.58              | 24.87 |          | 14.21      | 21.32 |          | 16.62              | 24.93 |          |                                      |                                   |     |
| L2               | L220           | 15.7                       | 23.55 | 23.17    | 13.6       | 20.40 | 22.54    | 12.99      | 19.49 | 19.59    | 12.75              | 19.13 | 20.86    | 13.97      | 20.96 | 21.32    | 12.4               | 18.60 | 20.50    | 14.22                                | 21.33                             | 110 |
|                  | L240           | 16                         | 24.00 |          | 15.4       | 23.10 |          | 13.86      | 20.80 |          | 14.71              | 22.07 |          | 16.23      | 24.35 |          | 13.99              | 20.99 |          |                                      |                                   |     |
|                  | L260           | 14.65                      | 21.98 |          | 16.09      | 24.13 |          | 12.32      | 18.48 |          | 14.27              | 21.40 |          | 12.44      | 18.66 |          | 14.60              | 21.91 |          |                                      |                                   |     |
|                  | L280           | 23.34                      | 35.01 |          | 23.42      | 35.13 |          | 19.2       | 28.80 |          | 13.53              | 20.30 |          | 12.95      | 19.43 |          | 15.79              | 23.69 |          |                                      |                                   |     |
| L3               | L320           | 16.01                      | 24.01 | 23.77    | 15.21      | 22.81 | 23.61    | 10.03      | 15.05 | 14.42    | 11.35              | 17.02 | 17.76    | 13.97      | 20.96 | 18.57    | 11.17              | 16.76 | 17.88    | 12.88                                | 19.33                             | 100 |
|                  | L340           | 16.18                      | 24.27 |          | 14.8       | 22.20 |          | 9.32       | 13.98 |          | 11.99              | 17.98 |          | 10.92      | 16.38 |          | 10.8               | 16.20 |          |                                      |                                   |     |
|                  | L360           | 15.35                      | 23.03 |          | 17.21      | 25.81 |          | 9.5        | 14.25 |          | 12.19              | 18.28 |          | 12.25      | 18.38 |          | 13.80              | 20.70 |          |                                      |                                   |     |
|                  | L380           | 21.73                      | 32.60 |          | 22.6       | 33.90 |          | 15.94      | 23.91 |          | 4.17               | 6.26  |          | 9.84       | 14.76 |          | 13.7               | 20.55 |          |                                      |                                   |     |

Densidades aparentes a distintas profundidades

| Prof (cm) | Dap  |
|-----------|------|
| 20        | 1.42 |
| 40        | 1.54 |
| 60        | 1.64 |
| 80        | 1.58 |

**\*Nota: El valor de humedad de 80cm es referencial y no se tomo en cuenta para determinar los promedios.**

### **4.3 Variables morfológicas del cultivo maíz morado PMV 581**

#### **4.3.1 Principales variables de crecimiento**

El Cuadro 12; presenta los resultados obtenidos en las principales variables morfológicas de primer orden del cultivo de maíz morado PMV 581: altura de planta, área foliar, número de hojas, diámetro de tallo y número de hojas por encima de la mazorca principal, por efecto de lámina de riego y del nivel nutricional.

Al respecto, para el factor en estudio: Nivel nutricional; se encontró significación estadística para las siguientes variables: altura de planta, área foliar y número de hojas por encima de la mazorca principal, esto se podría explicar debido a que la fertilización y la aplicación de enmiendas orgánicas, mejoran la fertilidad de los suelos. Por tanto si las plantas crecen en medios mejores y más equilibrados, pueden expresar con mayor intensidad sus variables morfológicas y de crecimiento. En cambio, para el factor en estudio: Láminas de riego, no se encontró significación para ninguna de las principales variables de crecimiento.

De otro lado, los efectos de interacción entre láminas de riego x nivel nutricional, solo muestran significación estadística en la variable diámetro del tallo.

**Solano (1999)**, en una siembra de verano sobre el efecto de la fertirrigación NPK en tres variedades de maíz morado, no encontró diferencias estadísticas para la altura de planta. En cambio encontró diferencias estadísticas altamente significativas para el área foliar. **Vásquez (2007)**, en maíz híbrido PM-702, probando el efecto de la fertilización nitrogenada, encontró diferencias altamente significativas en casi todas las variables de crecimiento.

#### **Altura de planta**

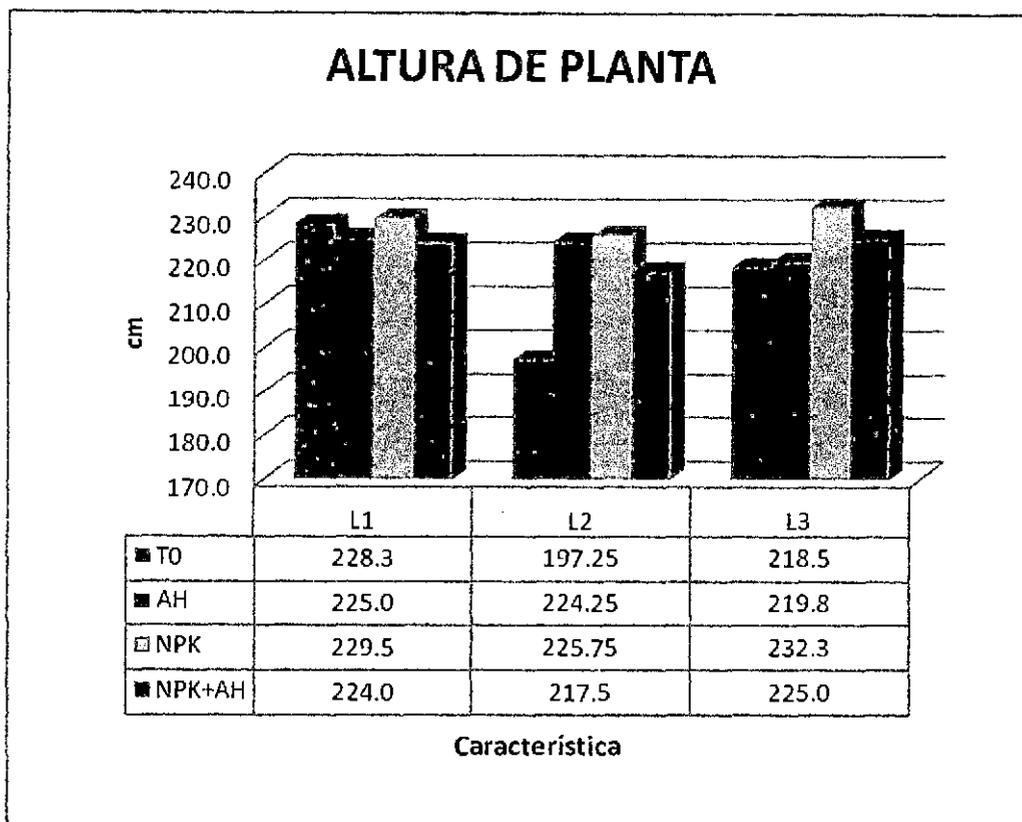
La prueba de comparación de medias de Duncan para el factor láminas de riego indica que las medias son estadísticamente similares aunque el mayor valor (226.7cm) caracteriza a la lámina de riego L1 con 4.9% de incremento respecto de L2 y con 1.3% de incremento respecto de L3.

**Cuadro 12: Variables de crecimiento de maíz morado PMV 581**

| <i>Factor en estudio</i> | <i>Altura de planta (cm)</i> | <i>Área foliar (cm<sup>2</sup>/planta)</i> | <i>Numero de hojas</i> | <i>Diámetro de tallo (cm)</i> | <i>Número de hojas por encima de la mazorca principal</i> |
|--------------------------|------------------------------|--|------------------------|-------------------------------|---|
| Láminas de riego         |                              |  |                        |                               |   |
| L1                       | 226.7                        | 3798                                       | 10.8                   | 2.2                           | 5.2   |
| L2                       | 216.2                        | 4359.7                                     | 10.9                   | 2                             | 4.8   |
| L3                       | 223.9                        | 4236.7                                     | 10.6                   | 2.1                           | 5   |
| Niveles de nutrición     |                              |  |                        |                               |   |
| To                       | 214.7                        | 3804                                       | 10.6                   | 2                             | 4.9   |
| AH                       | 223                          | 3319.9                                     | 10.4                   | 2.1                           | 4.6   |
| NPK                      | 229.2                        | 4884.2                                     | 11                     | 2.1                           | 5   |
| NPK + AH                 | 222.2                        | 4517.8                                     | 11.2                   | 2.2                           | 5.5   |
| Promedio general         | 222.3                        | 4131.5                                     | 10.8                   | 2.1                           | 5.0   |

| <i>F.V</i>              | <i>G.L</i> | <i>Significación</i>    |                    |                    |                           |   |
|-------------------------|------------|-------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|---|
|                         |            | <i>Altura de planta</i> | <i>Área foliar</i> | <i>Nº de hojas</i> | <i>Diámetro de tallos</i> | <i>Nº de hojas x encima de la mazorca principal</i> |
| Láminas de riego (LL)   | 2          | ns                      | ns                 | ns                 | ns                        | ns  |
| Nivel de nutrición (NN) | 3          | *                       | *                  | ns                 | ns                        | *   |
| Interacción L-NN        | 6          | ns                      | ns                 | ns                 | *                         | ns  |

**Grafico 1: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en la altura de planta de maíz morado PMV-581 (*Zea mays L.*)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

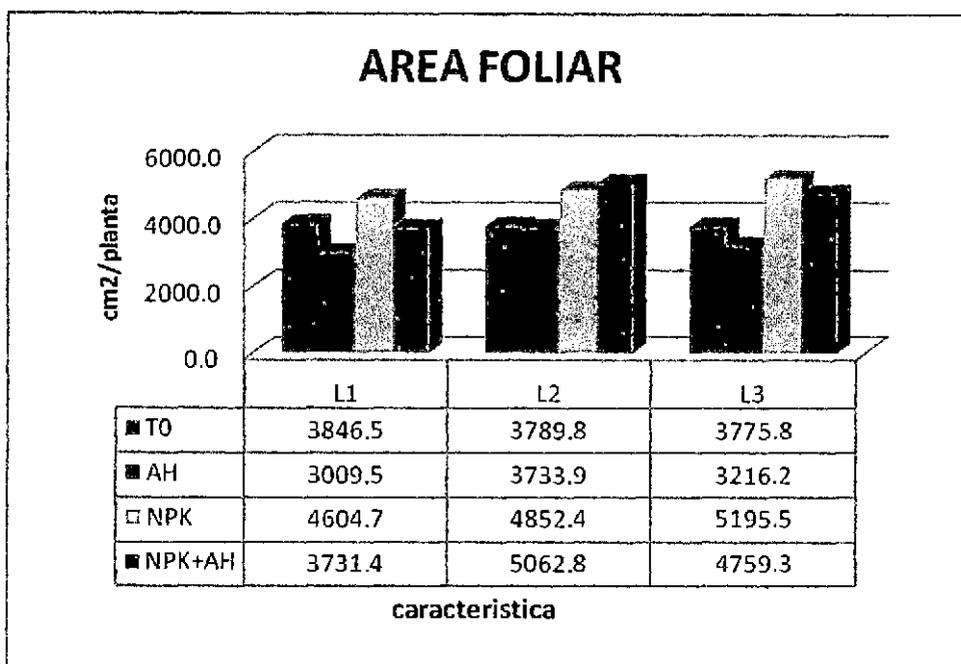
**Efecto de la lámina de riego sobre la altura de planta**

| LAMINAS DE RIEGO | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L2               | 216.2  | A      | 100   |
| L3               | 223.9  | A      | 103.6 |
| L1               | 226.7  | A      | 104.9 |

**Efecto del nivel nutricional sobre la altura de planta**

| Niveles de nutrición | medias | Duncan | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| T0                   | 214.7  | A      | 100   |
| NPK+AH               | 222.2  | AB     | 103.5 |
| AH                   | 223.0  | AB     | 103.9 |
| NPK                  | 229.2  | B      | 106.8 |

**Gráfico 2: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el área foliar del maíz morado PMV-581 (*Zea mays L.*)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

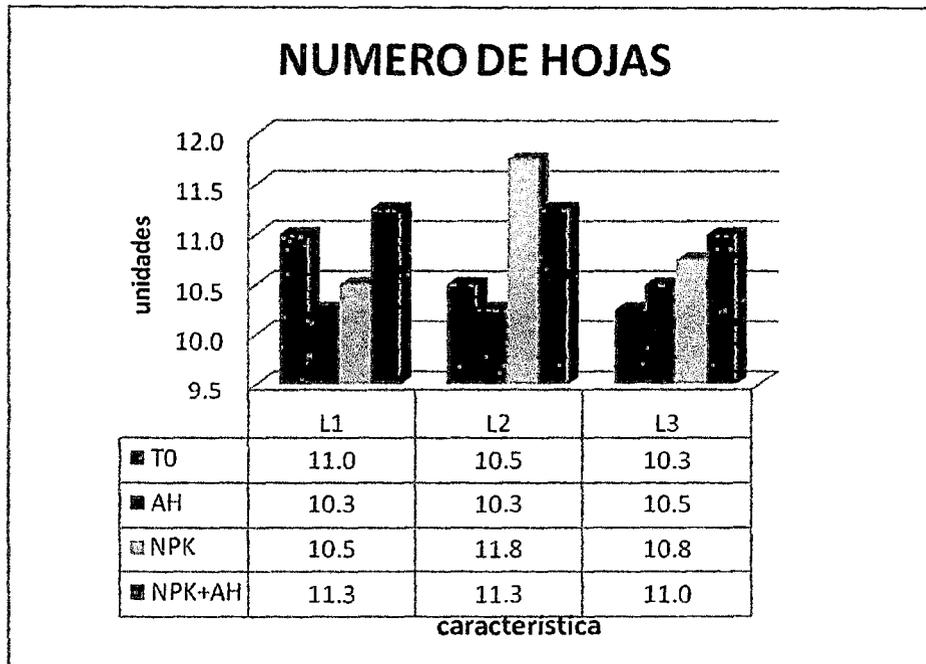
**Efecto de la lámina de riego sobre el área foliar.**

| LAMINAS DE RIEGO | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L1               | 3798.1 | A      | 100   |
| L3               | 4236.7 | A      | 111.5 |
| L2               | 4359.7 | A      | 114.8 |

**Efecto del nivel nutricional sobre el área foliar.**

| NIVELES DE NUTRICION | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| AH                   | 3319.9 | A      | 100   |
| T0                   | 3804.1 | AB     | 114.6 |
| NPK+AH               | 4517.8 | BC     | 136.1 |
| NPK                  | 4884.2 | C      | 147.1 |

**Gráfico 3: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el número de hojas de maíz morado PMV 581 (*Zea mays* L.)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

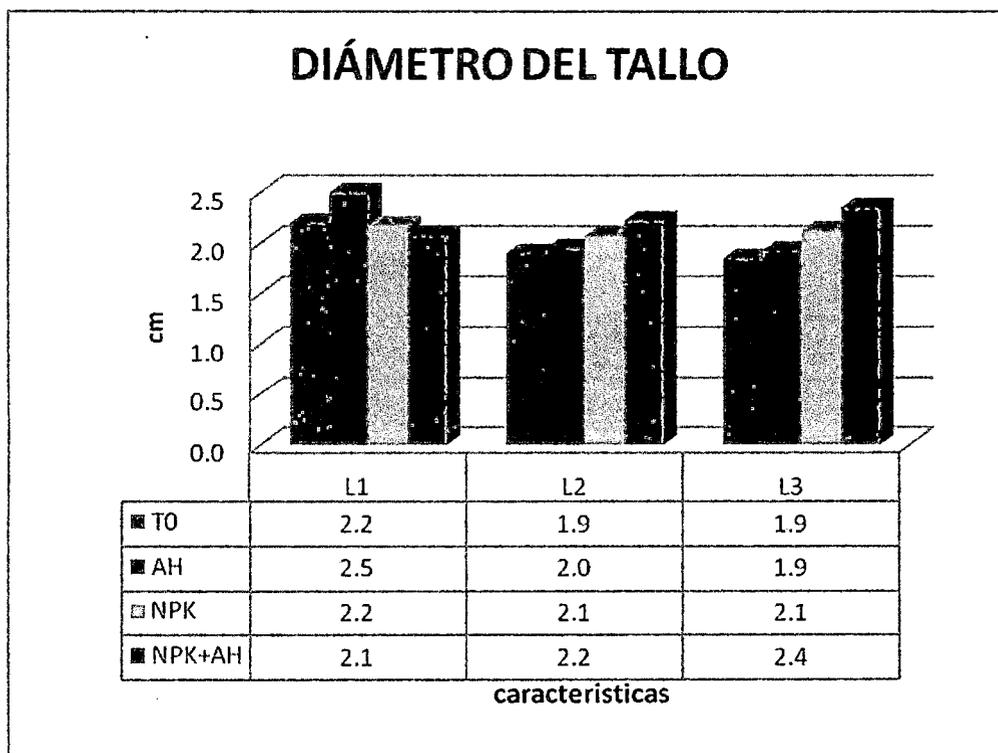
**Efecto de la lámina de riego sobre el número de hojas.**

| LAMINAS DE RIEGO | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L3               | 10.6   | A      | 100   |
| L1               | 10.8   | A      | 101.9 |
| L2               | 10.9   | A      | 102.8 |

**Efecto del nivel nutricional sobre el número de hojas.**

| NIVELES DE NUTRICION | MEDIAS | DUNCAN |
|----------------------|--------|--------|
| AH                   | 10.3   | A      |
| T0                   | 10.6   | A      |
| NPK                  | 11.0   | A      |
| NPK+AH               | 11.2   | A      |

**Gráfico 4: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el diámetro del tallo PMV 581 (*Zea mays* L.)**



**Cuadro combinaciones de la lámina de riego x el nivel nutricional que resultan significativas en el análisis de efectos simples para la variable diámetro del tallo.**

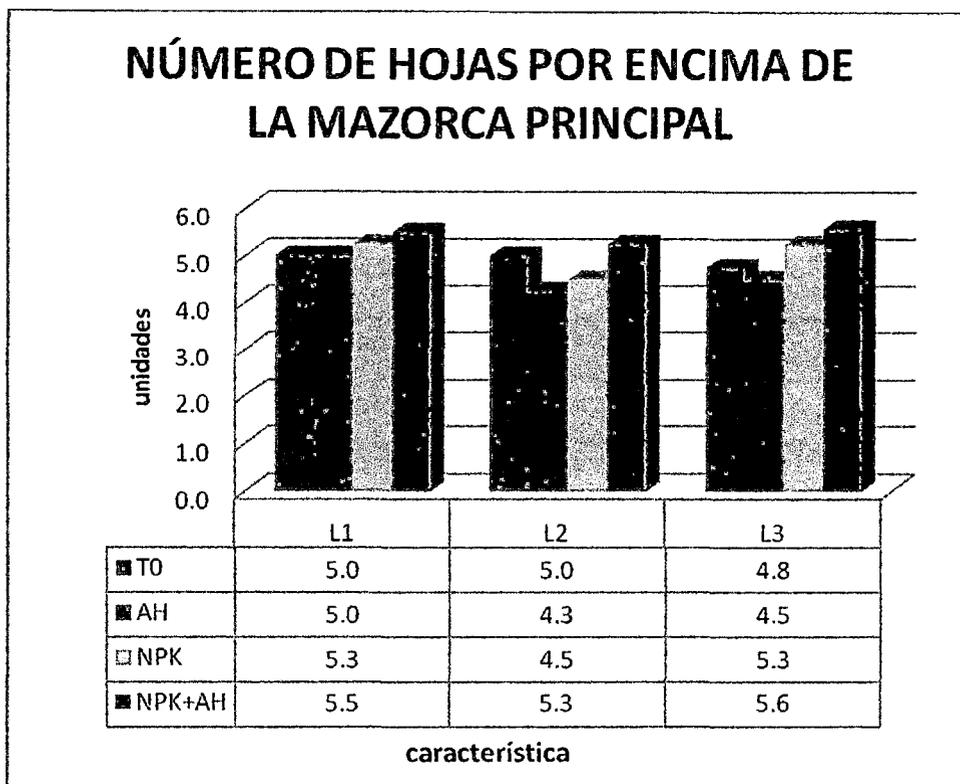
| TRATAMIENTOS | MEDIAS | DUNCAN |
|--------------|--------|--------|
| T0-L3        | 1.9    | A      |
| T0-L2        | 1.9    | A      |
| T0-L1        | 2.2    | A      |

| TRATAMIENTOS | MEDIAS | DUNCAN |
|--------------|--------|--------|
| AH-L3        | 1.9    | A      |
| AH-L2        | 2.0    | A      |
| AH-L1        | 2.5    | B      |

| TRATAMIENTOS | MEDIAS | DUNCAN |
|--------------|--------|--------|
| NPK-L3       | 2.1    | A      |
| NPK-L2       | 2.1    | A      |
| NPK-L1       | 2.2    | A      |

| TRATAMIENTOS | MEDIAS | DUNCAN |
|--------------|--------|--------|
| NPK+AH-L1    | 2.1    | A      |
| NPK+AH-L2    | 2.2    | A      |
| NPK+AH-L3    | 2.4    | A      |

**Gráfico 5: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el número de hojas por encima de la mazorca principal de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

**Efecto de la lámina de riego sobre el número de hojas por encima de la mazorca principal**

| Láminas de riego | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L2               | 4.8    | A      | 100   |
| L3               | 5.0    | A      | 104.2 |
| L1               | 5.2    | A      | 108.3 |

**Efecto del nivel nutricional sobre el número de hojas por encima de la mazorca principal**

| Niveles de nutrición | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| AH                   | 4.6    | A      | 100   |
| T0                   | 4.9    | AB     | 106.5 |
| NPK                  | 5.0    | AB     | 108.7 |
| NPK+AH               | 5.4    | B      | 117.4 |

Asimismo, respecto al efecto del nivel nutricional. Duncan indica que existen diferencias estadísticas entre los niveles de estudio. El mayor valor se presenta a nivel de NPK, siendo el incremento de 6.8% respecto al testigo no aplicado y de 3.2% respecto al nivel de NPK + AH. **(Grafico 1)**

### **Área foliar**

La prueba de comparación de medias de Duncan para el factor lámina de riego indica que las medias son estadísticamente similares. El mayor valor (4359.7cm<sup>2</sup>/planta) caracteriza a la lámina intermedia L2. Respecto al efecto del nivel nutricional, Duncan indica que existen diferencias estadísticas entre los niveles de estudio. El mayor valor (4884.2 cm<sup>2</sup>) se presenta a nivel de NPK, siendo el incremento 28.4% respecto al testigo no fertilizado y de 47.1% con respecto al nivel AH. **(Grafico 2)**

### **Número de hojas**

La prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de lámina de riego indica que las medias son estadísticamente similares, de igual manera ocurre para el factor nivel nutricional, aunque el mayor valor en el número de hojas (11.2) caracteriza a NPK + AH. **(Grafico 3)**

### **Diámetro del tallo**

Para la variable en mención, en el cuadro de análisis de varianza (ANVA), la interacción de los factores lámina de riego x nivel nutricional, resultaron tener significación estadística. Debido a esto, en la prueba de Duncan se analizaron las interacciones entre cada nivel nutricional con las tres láminas de riego en estudio, en donde se observó que a nivel de To, NPK y NPK + AH, las medias son estadísticamente similares; en cambio a nivel de AH se encontraron medias estadísticamente similares para las interacciones AHxL3 con AHxL2, encontrándose la diferencia en la interacción AHxL1. **(Gráfico 4)**

### **Número de hojas por encima de la mazorca principal**

Las pruebas de comparación de medias de Duncan para el factor láminas de riego indican que las medias son estadísticamente similares. Respecto al efecto del nivel nutricional, Duncan indica que hay diferencias estadísticas entre los niveles de estudio. El mayor valor se presenta a nivel de NPK + AH, siendo el incremento de 10.2% respecto al testigo no aplicado. **(Gráfico 5)**

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

El **cuadro 13**; presenta los resultados de las diferentes láminas de riego en estudio y del nivel de nutrición 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, variables morfológicas de gran importancia en el cultivo de maíz morado PMV 581.

Al analizar el resumen del análisis de variancia, en lo que respecta al factor láminas de riego, se encontraron diferencias altamente significativas para las variables materia seca total y materia seca de la mazorca, esto podría explicarse debido a que la fertilidad natural y la fertilidad inducida con la entrega de sales fertilizantes elevan su eficiencia de uso ante regímenes de riego que mantienen niveles de humedad altos y constantes. En cuanto al factor nivel de nutrición, se encontraron diferencias altamente significativas para la variable materia seca de hojas y diferencias solo significativas para las variables materia seca total, materia seca de mazorca y materia seca de panoja, esto podría explicarse debido a que una adecuada nutrición mineral va a generar un incremento en la materia seca del cultivo de maíz morado. En cuanto a la interacción de los factores en estudio (láminas de riego x nivel de nutrición) no se encontraron diferencias significativas.

**Solano (1999)**, en una siembra de verano sobre el efecto de la fertilización NPK en tres variedades de maíz morado, encontró alta significación estadística en la materia seca total y sus componentes hojas, tallos, grano y coronta, presentándose el mayor valor en la materia seca total a nivel de 180Kg/Ha de nitrógeno, siendo el incremento del 28.6% respecto del testigo no fertilizado.

**Sánchez (2007)**, en tres híbridos de maíz amarillo duro, probando el efecto de la fertilización nitrogenada – potásica encontró diferencias altamente significativas en la materia seca total, materia seca de grano y de panca, presentándose el mayor valor a nivel de 120Kg/Ha y siendo el incremento del 17.7%.

**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 en 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 (28.74g/planta) a una densidad D0(40,000plantas/ha) que representa un incremento de 31.2% respecto al menor valor (21.91g/planta) que presenta la D3(85,000plantas/ha), en cambio, Solano (1999), encontró alta significación estadística en la materia seca total y sus componentes hojas tallos, grano y coronta, presentándose el mayor valor en la materia seca total a nivel de 180 kg/ha de nitrógeno, siendo el incremento del 28.6% respecto del testigo no fertilizado.

**Giles (2011)**, el análisis de variancia no muestra para el factor niveles de nitrógeno significación estadística. En cambio, para la aplicación de ácidos húmicos la materia seca de hojas y la materia seca de panoja no presenta diferencias estadísticas, la materia seca de tallos y la materia seca de mazorca presentan diferencias estadísticas significativas. Además, la materia seca de panca y la materia seca total son altamente significativas.

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

Al respecto, para esta variable (**Gráfico 7**), la prueba de comparación de medias de Duncan para el factor láminas de riego indica que las medias son estadísticamente similares, aunque el mayor valor (29.3g/planta) caracteriza a la lámina intermedia L2 (3523.2m<sup>3</sup>). Asimismo, respecto al factor nivel de nutrición, Duncan indica diferencias estadísticas entre las medias, siendo el mayor valor (30.9g/planta) característico de NPK con un incremento de 35.5% con respecto al testigo no aplicado T<sub>0</sub> y de 48.6% con respecto al nivel fertilizado solo con AH (ácidos húmicos), lo cual demuestra el poco efecto de los ácidos húmicos.

**Espinosa (2003)**, respecto a la materia seca de hojas según Duncan no se encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, T<sub>3</sub> (240 kg/ha de nitrógeno), T<sub>2</sub> (160 kg/ha de nitrógeno) y T<sub>1</sub> (80 kg/ha de nitrógeno); sin embargo se presentaron diferencias significativas entre el tratamiento T<sub>2</sub> (160 kg/ha de nitrógeno) respecto al tratamiento T<sub>1</sub> (80kg/ha de nitrógeno). **Solano (1999)**, obtuvo diferencias significativas en los niveles de fertilización NPK respecto a la variable materia seca de hojas, el cual a un tratamiento T<sub>3</sub> (180-120-180) obtuvo un valor de 39 g/planta el cual difiere en un 39.5% de incremento respecto del tratamiento testigo T<sub>1</sub> (0-0-0) el cual obtuvo el menor valor (27.9 g/planta). Villarán (2010), en alcachofa, probando el efecto de la fertilización nitrogenada y de la aplicación de ácidos húmicos encontró alta significación

estadística para ácidos húmicos en la materia seca de hojas, presentándose el mayor valor a nivel del testigo no aplicado con ácidos húmicos. Tampoco encontró respuesta a la fertilización nitrogenada.

Asimismo, **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 (55,555plantas/ha) con 27.9% de incremento respecto a la densidad D4 (85,555plantas/ha).

#### **Materia seca del tallo (g/planta)**

Al respecto, para esta variable (**Gráfico 8**), la prueba de comparación de medias de Duncan para el factor láminas de riego indica que las medias son estadísticamente similares, aunque el mayor valor (84.3g/planta) caracteriza a la lámina intermedia L2 (3523.2m<sup>3</sup>). Asimismo para el factor nivel nutricional, Duncan indica que las medias son estadísticamente similares, aunque el mayor valor (83.3g/planta) corresponde al nivel NPK con 10.9% de incremento respecto al testigo no fertilizado T<sub>0</sub>.

**Espinosa (2003)** respecto a sus resultados de materia seca de tallos según su cuadro Duncan no presento diferencias significativas entre las medias de los tratamientos T3 (240kg de nitrógeno/ha), T1 (80kg de nitrógeno/ha), T2 (160kg de nitrógeno/ha y T1 (0kg de nitrógeno/ha). **Solano (1999)**, evaluó materia seca de tallos encontrando diferencias altamente significativas en sus niveles de fertilización NPK, obteniendo el mayor valor (97.07g/planta) en el tratamiento T3 (180-120-180), seguido T2(120-80-120) con un valor de 88.25g/planta, T1(60-40-60) con un valor de 86.69g/planta y T4(240-160-240) con un valor de 75.94g/planta y finalmente el menor valor (68.85 g/planta) se presentó en el testigo no fertilizado T0(0-0-0).

### **Materia seca de mazorca (g/planta)**

Respecto a esta variable (**Gráfico 9**), la prueba de comparación de medias de Duncan para el factor láminas de riego indica que hay diferencias altamente significativas entre las medias, siendo el mayor valor (127.7g) caracterizando a la mayor lámina L1 (4121m<sup>3</sup>) con un incremento de 28.2% respecto a la menor lámina L3 (2941m<sup>3</sup>). Asimismo, la prueba de Duncan para el factor nivel de nutrición indica diferencias significativas entre las medias de los niveles en estudio. El mayor valor se presenta a nivel de NPK, siendo el incremento de 17.5% con respecto al nivel no fertilizado To.

### **Materia seca de panoja (g/planta)**

Respecto a esta variable (**Gráfico 10**), la prueba de comparación de medias de Duncan para el factor láminas de riego indica que las medias son estadísticamente similares. Asimismo para el factor nivel de nutrición, Duncan indica que hay diferencias estadísticas entre los niveles en estudio, siendo el mayor valor de 7.5g/planta para el nivel de nutrición NPK con una diferencia de 22.9% con respecto al nivel no fertilizado To.

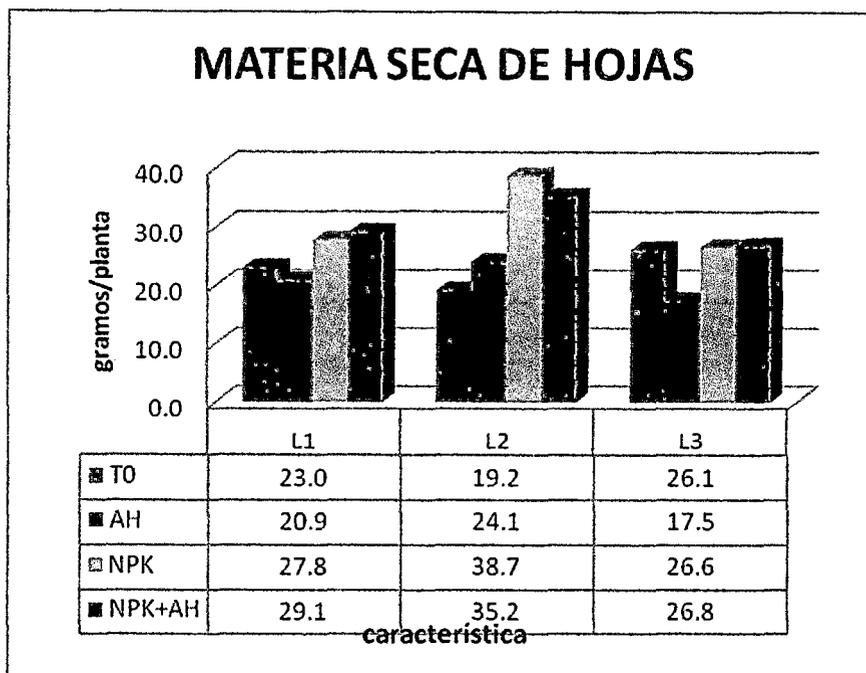
**CUADRO 13. Distribución de la materia seca de maíz morado PMV-581**

| 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) |
|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Láminas de riego     |                               |                                  |                                  |                                    |                                   |                                  |
| L1                   | 282                           | 25.2                             | 79.6                             | 127.7                              | 6.3                               | 43.2                             |
| L2                   | 280.7                         | 29.3                             | 84.3                             | 117.1                              | 7                                 | 43                               |
| L3                   | 240.7                         | 24.2                             | 69                               | 99.6                               | 6.6                               | 41.3                             |
| Niveles de nutrición |                               |                                  |                                  |                                    |                                   |                                  |
| To                   | 245.5                         | 22.8                             | 75.1                             | 102.9                              | 6.1                               | 38.6                             |
| AH                   | 254.4                         | 20.8                             | 70.1                             | 116                                | 6.1                               | 41.4                             |
| NPK                  | 288.3                         | 31                               | 83.3                             | 121                                | 7.5                               | 45.4                             |
| NPK + AH             | 283.1                         | 30.4                             | 82                               | 119.2                              | 6.9                               | 44.5                             |
| Promedio general     | 267.8                         | 26.2                             | 77.6                             | 114.8                              | 6.6                               | 42.5                             |

Resumen del análisis de variancia

| Fuentes de variación    | G.L | Significación      |                       |                       |                         |                        |                       |
|-------------------------|-----|--------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
|                         |     | Materia seca total | Materia seca de hojas | Materia seca de tallo | Materia seca de mazorca | Materia seca de panoja | Materia seca de panca |
| Láminas de riego (L)    | 2   | **                 | ns                    | ns                    | **                      | Ns                     | ns                    |
| Nivel de nutrición (NN) | 3   | *                  | **                    | ns                    | *                       | *                      | ns                    |
| Interacción (L - NN)    | 6   | ns                 | ns                    | ns                    | ns                      | Ns                     | ns                    |

**Gráfico 6: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en la materia seca de hojas de maíz morado PMV- 581 (*Zea mays* L.)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

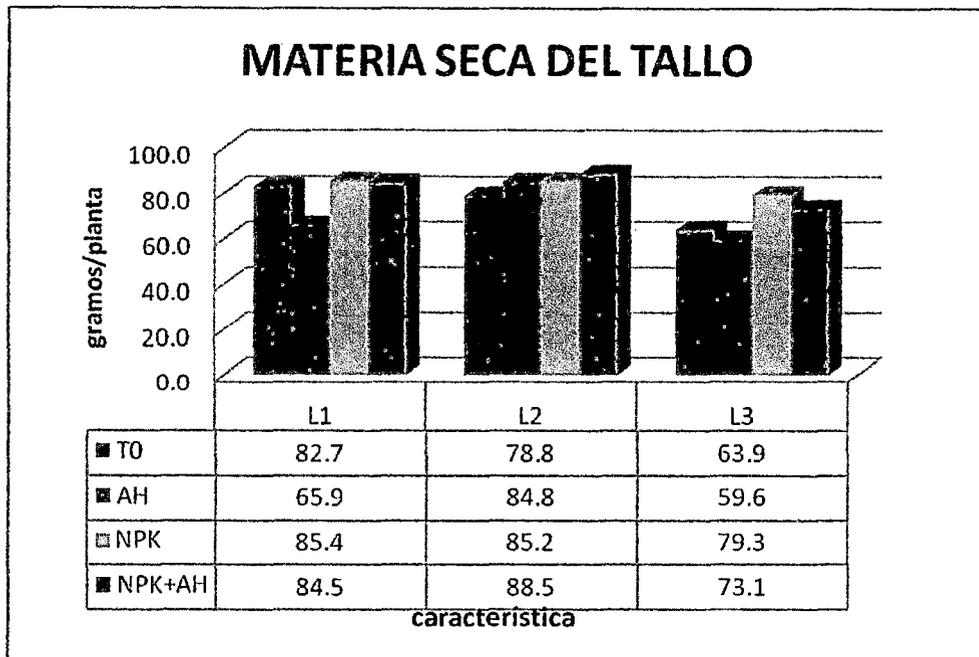
**Efecto de la lámina de riego sobre la materia seca de hojas.**

| Láminas de riego | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L3               | 24.2   | A      | 100   |
| L1               | 25.2   | A      | 104.1 |
| L2               | 29.3   | A      | 121   |

**Efecto del nivel de nutrición sobre la materia seca de hojas**

| Niveles de nutrición | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| AH                   | 20.8   | A      | 100   |
| T0                   | 22.8   | A      | 109.6 |
| NPK+AH               | 30.4   | B      | 146.2 |
| NPK                  | 30.9   | B      | 148.6 |

**Gráfico 7: Efecto de la lámina de riego y del nivel de nutrición en la materia seca del tallo de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

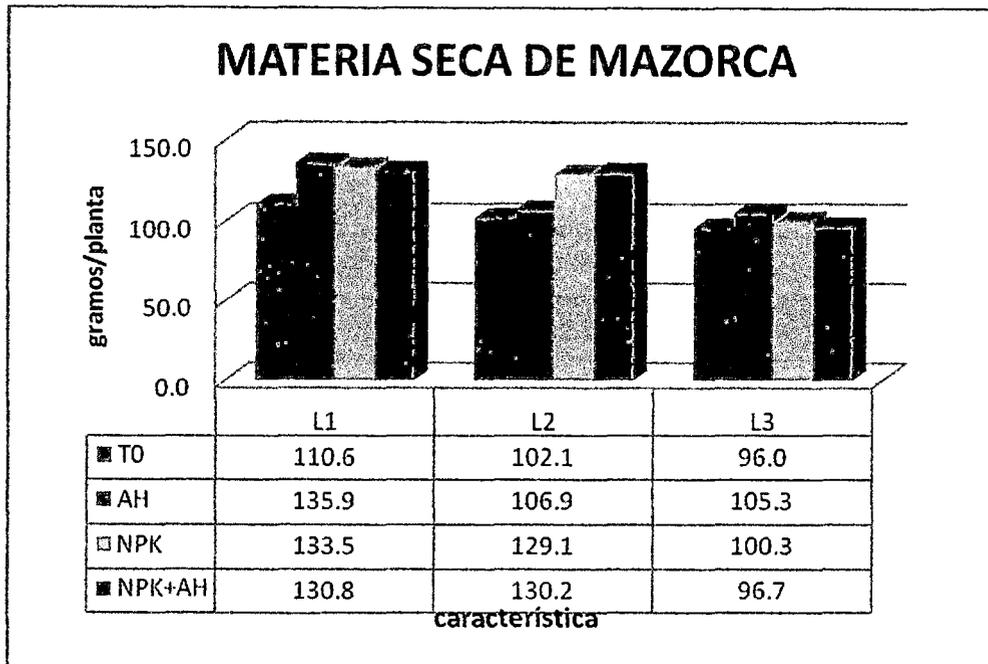
**Efecto de la lámina de riego sobre la materia seca del tallo.**

| Láminas de riego | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L3               | 68.9   | A      | 100   |
| L1               | 79.6   | A      | 115.5 |
| L2               | 84.3   | A      | 122.4 |

**Efecto del nivel de nutrición sobre la materia seca del tallo.**

| Niveles de nutrición | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| AH                   | 70.1   | A      | 100   |
| T0                   | 75.1   | A      | 107.1 |
| NPK+AH               | 82.0   | A      | 116.9 |
| NPK                  | 83.3   | A      | 118.8 |

**Gráfico 8: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional los niveles en la materia seca de mazorca de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

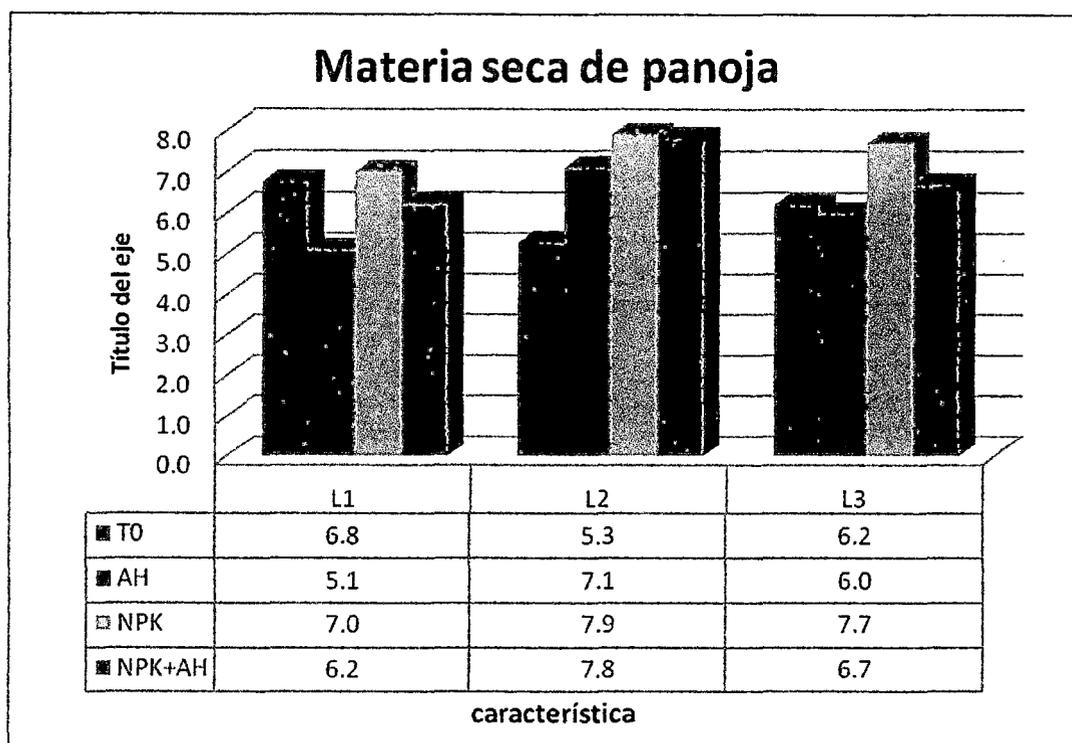
**Efecto de la lámina de riego sobre la materia seca de mazorca.**

| Láminas de riego | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L1               | 127.7  | A      | 128.2 |
| L2               | 117.1  | A      | 117.6 |
| L3               | 99.6   | B      | 100   |

**Efecto del nivel nutricional sobre la materia seca de mazorca.**

| Niveles de nutrición | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| T0                   | 102.9  | A      | 100   |
| AH                   | 116.0  | AB     | 112.7 |
| NPK+AH               | 119.2  | B      | 115.8 |
| NPK                  | 120.9  | B      | 117.5 |

**Gráfico 9: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional los niveles en la materia seca de panoja de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

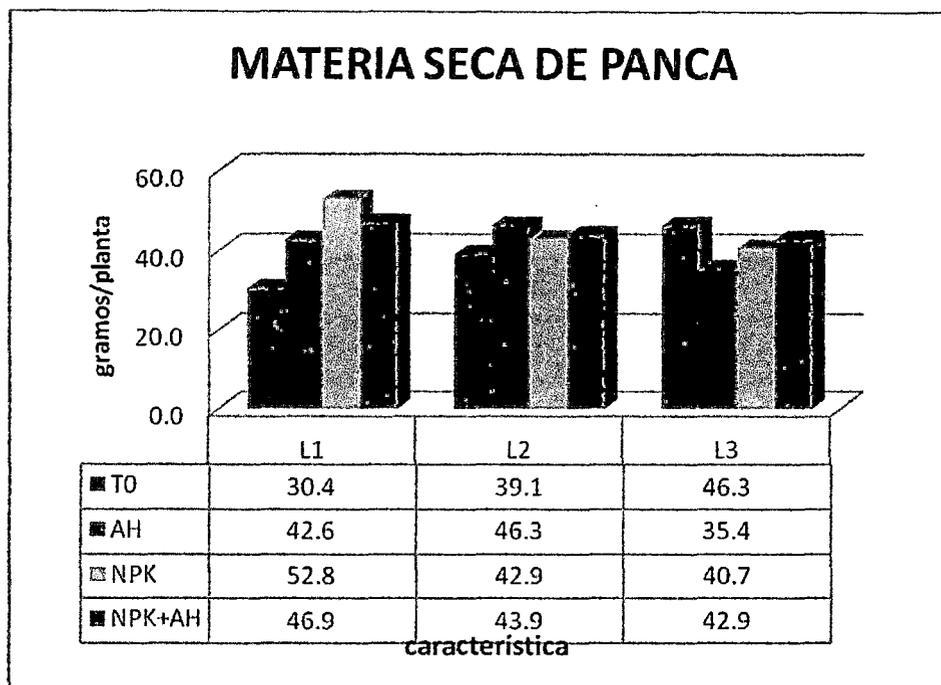
**Efecto de la lámina de riego sobre la materia seca de panoja**

| Láminas de riego | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L1               | 6.3    | A      | 100   |
| L3               | 6.6    | A      | 104.8 |
| L2               | 7.0    | A      | 111.1 |

**Efecto del nivel nutricional sobre la materia seca de panoja**

| Niveles de nutrición | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| AH                   | 6.1    | A      | 100   |
| T0                   | 6.1    | A      | 100   |
| NPK+AH               | 6.9    | AB     | 113.1 |
| NPK                  | 7.5    | B      | 122.9 |

**Gráfico 10: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en la materia seca de panca de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

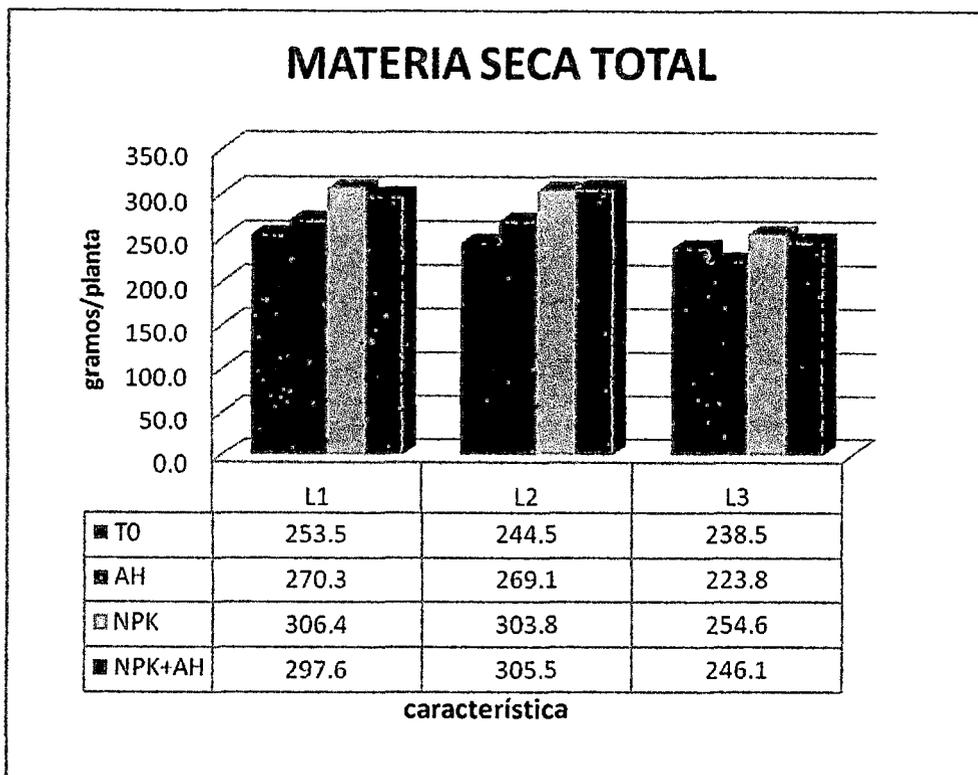
**Efecto de la lámina de riego sobre la materia seca de panca.**

| Láminas de riego | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L3               | 41.3   | A      | 100   |
| L2               | 43.0   | A      | 104.1 |
| L1               | 43.2   | A      | 104.6 |

**Efecto del nivel nutricional sobre la materia seca de panca.**

| Niveles de nutrición | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| T0                   | 38.6   | A      | 100   |
| AH                   | 41.4   | A      | 107.3 |
| NPK+AH               | 44.5   | A      | 115.3 |
| NPK                  | 45.5   | A      | 117.9 |

**Gráfico 11: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional los niveles en la materia seca total de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

**Efecto de la lámina de riego la materia seca total**

| Láminas de riego | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L3               | 240.7  | AB     | 100   |
| L2               | 280.7  | A      | 116.6 |
| L1               | 281.9  | B      | 117.1 |

**Efecto del nivel nutricional sobre la materia seca total**

| Niveles de nutrición | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| T0                   | 245.5  | A      | 100   |
| AH                   | 254.4  | AB     | 103.7 |
| NPK+AH               | 283.1  | B      | 115.3 |
| NPK                  | 288.3  | B      | 117.4 |

### **Materia seca de panca (g/planta)**

Respecto a esta variable (Gráfico 10), la prueba de comparación de medias de Duncan para el factor láminas de riego indica que las medias son estadísticamente similares, siendo el mayor valor 43.1g/planta, caracterizando a la mayor lámina L1, y con una diferencia de 4.6% respecto a la menor lámina L3. Asimismo, la prueba de Duncan para el factor nivel nutricional indica medias estadísticamente iguales, siendo el mayor valor 45.5g/planta, con una diferencia de 17.9% respecto al nivel de nutrición To.

### **Materia seca total (g/planta)**

Al respecto para esta variable (Gráfico 11), la prueba de comparación de medias de Duncan para el factor láminas de riego indica que las medias son estadísticamente diferentes. El mayor valor (281.9g/planta) caracteriza a la mayor lámina L1, presentando un incremento de 17.1% más que la lámina menor L3. Asimismo la prueba de Duncan para el factor nivel nutricional indica medias estadísticamente diferentes, siendo el mayor valor (288.3g/planta) que caracteriza al nivel de nutrición NPK, estadísticamente igual al valor (283.1g/planta) que caracteriza al nivel NPK+AH, en donde se puede observar el efecto nulo de los ácidos húmicos.

**Solano(1999)** encuentra diferencias estadísticas altamente significativas para niveles de fertilización NPK, el tratamiento T3 (180-120-180) obtuvo el mayor valor (293.3 g/planta), seguido del tratamiento T2 (120-80-120) con un valor de 282.5 g/planta, T1 (60-40-60) con un valor de 262.9 g/planta y T4(240-160-240) con un valor de 248.2 g/planta; el menor valor (228.1 g/planta) se presentó en el tratamiento no fertilizado T0 (0-0-0).

#### **4.4 Rendimiento de maíz morado PMV-581**

El **cuadro 14**; presenta los resultados de la variable Rendimiento total y Rendimiento comercial del cultivo maíz morado PMV 581, por efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional.

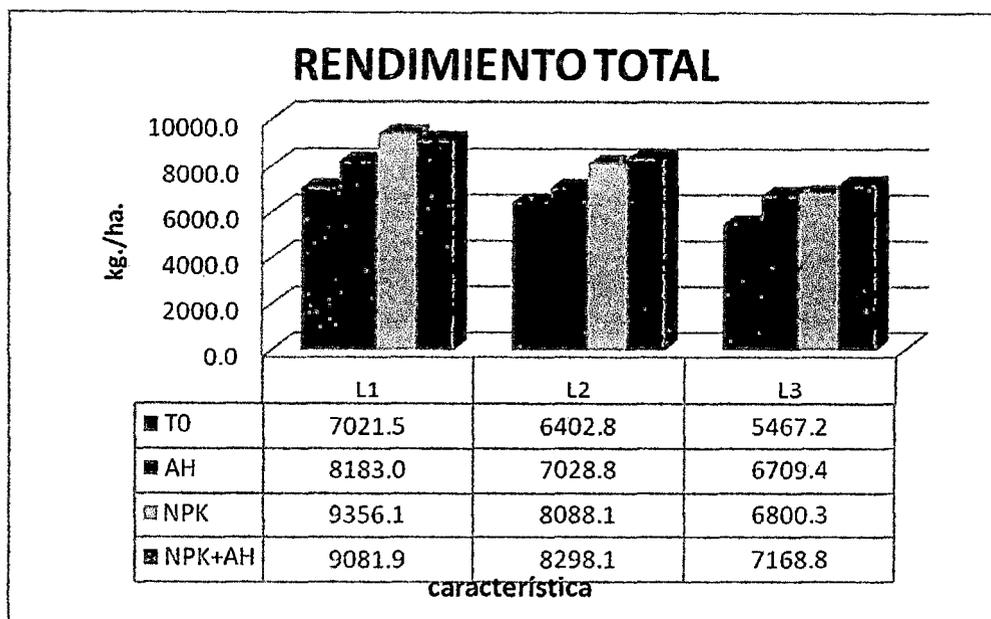
**Cuadro 14. Rendimiento de mazorcas de maíz morado PMV-581**

| Factor en estudio    | Rendimiento total (kg/ha) | %   | Rendimiento comercial (kg/ha) | %   |
|----------------------|---------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| Láminas de riego     |                           |     |                               |     |
| L1                   | 8410,6                    | 129 | 7735,4                        | 148 |
| L2                   | 7454,4                    | 114 | 6682,1                        | 128 |
| L3                   | 6536,4                    | 100 | 5236,9                        | 100 |
| Niveles de nutrición |                           |     |                               |     |
| To                   | 6297,2                    | 100 | 5430,1                        | 100 |
| AH                   | 7307,1                    | 116 | 6270,3                        | 115 |
| NPK                  | 8081,5                    | 128 | 7117,9                        | 131 |
| NPK + AH             | 8182,9                    | 130 | 7387,6                        | 136 |
| Promedio general     | 7467,2                    |     | 6551,5                        |     |

**Resumen del análisis de variancia**

| Fuentes de variación    | G.L | CM (Rendimiento total) | CM (Rendimiento comercial) | Significación Rendimiento total | Significación Rendimiento comercial |
|-------------------------|-----|------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Láminas de riego (L)    | 2   | 14053095,92            | 25175315,6                 | **                              | **                                  |
| Nivel de nutrición (NN) | 3   | 9137414,661            | 9425768,311                | *                               | **                                  |
| Interacción (L - NN)    | 6   | 344231,563             | 123582,317                 | ns                              | ns                                  |

**Gráfico 12: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el rendimiento total de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

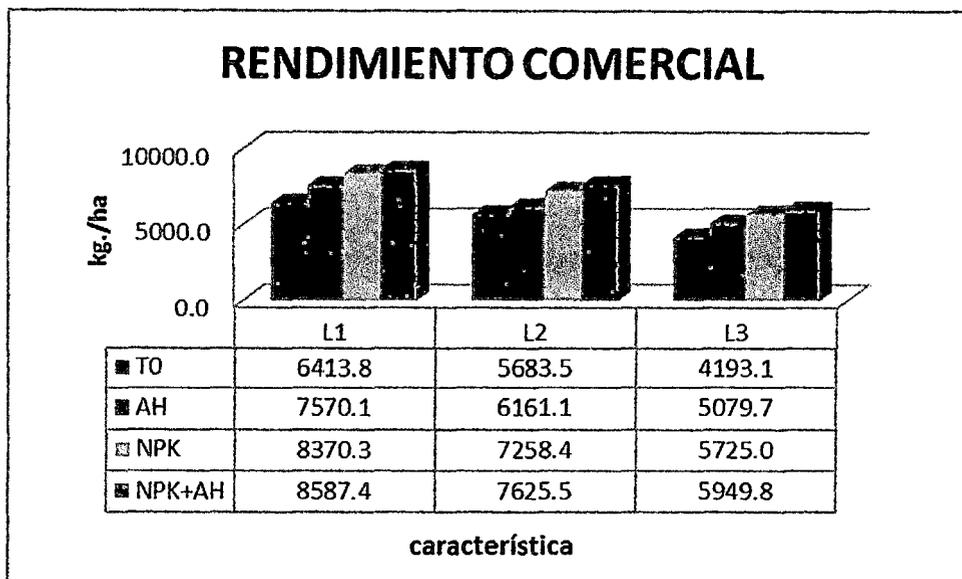
**Efecto de la lámina de riego sobre el rendimiento total**

| Láminas de riego | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L1               | 8410.6 | A      | 128.7 |
| L2               | 7454.4 | AB     | 114   |
| L3               | 6536.4 | B      | 100   |

**Efecto del nivel nutricional sobre el rendimiento total**

| Niveles de nutrición | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| T0                   | 6297.1 | A      | 100   |
| AH                   | 7307.1 | B      | 116   |
| NPK                  | 8081.5 | C      | 128.3 |
| NPK+AH               | 8182.9 | C      | 129.9 |

**Gráfico 13: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el rendimiento comercial de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

**Efecto de la lámina de riego sobre el rendimiento comercial**

| Láminas de riego | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L1               | 7735.4 | A      | 147.7 |
| L2               | 6682.1 | A      | 127.6 |
| L3               | 5236.9 | B      | 100   |

**Efecto del nivel nutricional sobre el rendimiento comercial**

| Niveles de nutrición | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| T0                   | 5430.1 | A      | 100   |
| AH                   | 6270.3 | B      | 115.5 |
| NPK                  | 7117.9 | C      | 131.1 |
| NPK+AH               | 7387.6 | C      | 136   |

#### **4.4.1 Rendimiento total de maíz morado PMV 581**

Al respecto, el análisis de variancia para el factor láminas de riego muestra que el rendimiento total muestra una alta significación estadística, esto nos lleva a inferir que el adecuado y suficiente suministro de agua a una plantación es un factor fundamental para el incremento de los rendimientos totales, ya que un gran porcentaje del producto comercial es agua. En cuanto al factor nivel nutricional solo muestra significación estadística para el rendimiento total, lo cual se puede explicar debido a que una adecuada nutrición mineral viene acompañado de más materia seca producida por la planta, por ende, mayor rendimiento total. Para los efectos de interacción entre los factores láminas de riego x nivel nutricional no se encontró significación estadística.

La prueba de comparación de medias de Duncan indica que para el factor láminas de riego hay diferencias estadísticas entre las medias, el mayor valor (8410.6kg/ha) caracteriza a la mayor lámina L1, presentando un incremento de 28.7% respecto de la menor lámina L3 y respecto la lámina intermedia L2 un incremento de 12.8%. Para el factor nivel nutricional, la prueba de comparación de medias de Duncan indica que también hay diferencias estadísticas entre las medias, el mayor valor (8182.9kg/ha) caracteriza al nivel nutricional NPK+AH, presentando incrementos de 29.9% respecto al nivel nutricional To, de 12% respecto al nivel nutricional AH y de 1.2% respecto al nivel nutricional NPK, con lo cual podríamos decir que los ácidos húmicos no aportaron una diferencia significativa en el rendimiento total del maíz morado PMV-581.

**Solano (1999)** en una siembra de verano sobre el efecto de la fertirrigación NPK en tres variedades de maíz morado, encontró alta significación estadística para el rendimiento comercial. **Sánchez (2007)**, en tres híbridos de maíz amarillo duro, encontró diferencias altamente significativas en el rendimiento de maíz grano.

#### **4.4.2 Rendimiento comercial de maíz morado PMV 581**

Al respecto, el análisis de variancia para el factor láminas de riego como para el factor nivel nutricional, el rendimiento comercial muestra una alta significación estadística, esto

puede ser explicado a que una adecuada nutrición hídrica y mineral permite que la planta exprese un rendimiento de mazorcas adecuado y además con las mejores características morfológicas, ya que esto es lo que se busca para un rendimiento comercial aceptable. Para los efectos de interacción entre los factores láminas de riego x nivel nutricional no se encontraron diferencias significativas.

La prueba de comparación de medias de Duncan indica que para el factor láminas de riego hay diferencias estadísticas entre las medias, el mayor valor (7735.4kg/ha) caracteriza a la mayor lámina L1, presentando un incremento de 47.7% respecto de la menor lámina L3 y respecto la lámina intermedia L2 un incremento de 15.8%. Para el factor nivel nutricional, la prueba de comparación de medias de Duncan indica que también hay diferencias estadísticas entre las medias, el mayor valor (7387.6kg/ha) caracteriza al nivel nutricional NPK+AH, presentando incrementos de 36% respecto al nivel nutricional To, de 17.8% respecto al nivel nutricional AH y de 3.8% respecto al nivel nutricional NPK.

#### **4.5 Rendimientos parciales de maíz morado PMV-581**

El cuadro 14; presenta los resultados en las variables Rendimiento de primera, Rendimiento de segunda y Rendimiento de descarte del cultivo de maíz morado PMV-581, por efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional.

El resumen del análisis de variancia para el factor láminas de riego, muestra una alta significación estadística solo para el rendimiento de primera. Para el factor nivel nutricional y para la interacción entre los factores láminas de riego x nivel nutricional no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los rendimientos parciales.

##### **4.5.1 Rendimiento de primera**

Al respecto, la prueba de comparación de medias de Duncan para el factor láminas de riego indican que las medias son estadísticamente diferentes, el mayor valor (5379.5kg/ha) que caracteriza a la mayor lámina de riego L1, con incrementos de 80%

por encima de la menor lámina L3 y de 13.8% por encima de la lámina de riego intermedia L2.

En cuanto al análisis de variancia solo se encuentran diferencias estadísticas altamente significativas para el factor láminas de riego, esto se puede explicar ya que como se dijo antes una planta nutrida hídricamente de la mejor manera, es decir, manteniendo niveles de humedad adecuados y constantes durante el ciclo del cultivo van a permitir que la planta exprese su potencial de rendimiento de la mejor manera, tanto en peso como en forma del producto comercial.

Asimismo la prueba de Duncan para el factor nivel nutricional indica que las medias son estadísticamente iguales, el mayor valor (4719.2kg/ha) que caracteriza al nivel nutricional NPK+AH, con un incremento de 22.5% respecto al nivel nutricional To.

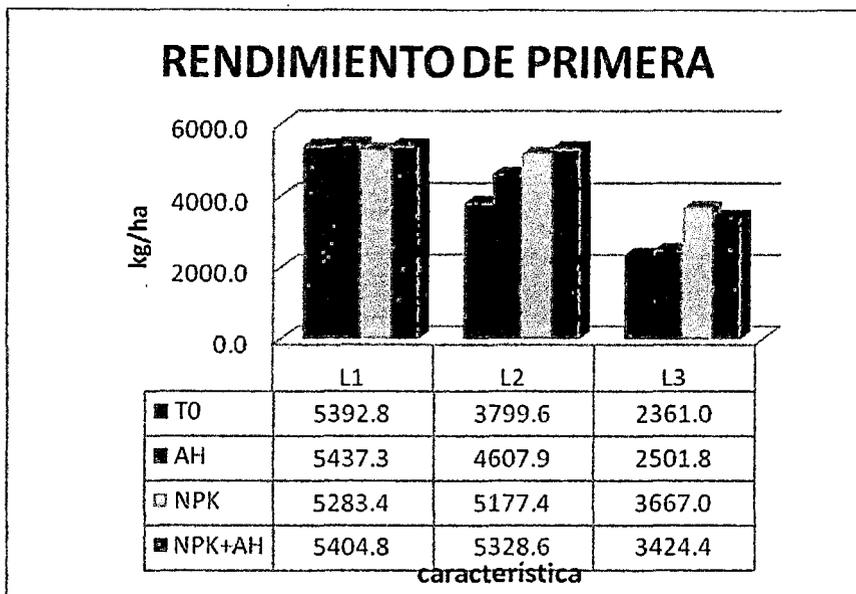
**Cuadro 15. Rendimientos parciales de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.)**

| Factor en estudio    | Rendimiento de primera (kg/ha) | %   | Rendimiento de segunda (kg/ha) | %   | Rendimiento de descarte (kg/ha) | %   |
|----------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|---------------------------------|-----|
| Láminas de riego     |                                |     |                                |     |                                 |     |
| L1                   | 5379.5                         | 180 | 2355.8                         | 121 | 675.2                           | 100 |
| L2                   | 4728.4                         | 158 | 1953.7                         | 100 | 772.3                           | 114 |
| L3                   | 2988.5                         | 100 | 2248.3                         | 115 | 1310                            | 194 |
| Niveles de nutrición |                                |     |                                |     |                                 |     |
| To                   | 3851.1                         | 100 | 1578.9                         | 100 | 867                             | 107 |
| AH                   | 4182.3                         | 109 | 2087.9                         | 132 | 1036.8                          | 128 |
| NPK                  | 4709.3                         | 122 | 2408.6                         | 153 | 963.6                           | 119 |
| NPK + AH             | 4719.2                         | 123 | 2668.3                         | 169 | 809.4                           | 100 |
| Promedio general     | 4365.5                         |     | 2185.9                         |     | 919.2                           |     |

Resumen del análisis de variancia

| Fuentes de variación    | G.L | CM (Rendimiento de primera) | CM (Rendimiento de segunda) | CM (Rendimiento de descarte) | Significación |              |                |
|-------------------------|-----|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------|--------------|----------------|
|                         |     |                             |                             |                              | Rdto Primera  | Rdto Segunda | Rdto. Descarte |
| Láminas de riego (L)    | 2   | 24447909,8                  | 693448,55                   | 1870658,259                  | **            | ns           | ns             |
| Nivel de nutrición (NN) | 3   | 2165749,88                  | 2641229,16                  | 122336,932                   | ns            | ns           | ns             |
| Interacción (L - NN)    | 6   | 739339                      | 1175289,07                  | 154616,696                   | ns            | ns           | ns             |

**Gráfico 14: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el rendimiento de primera de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

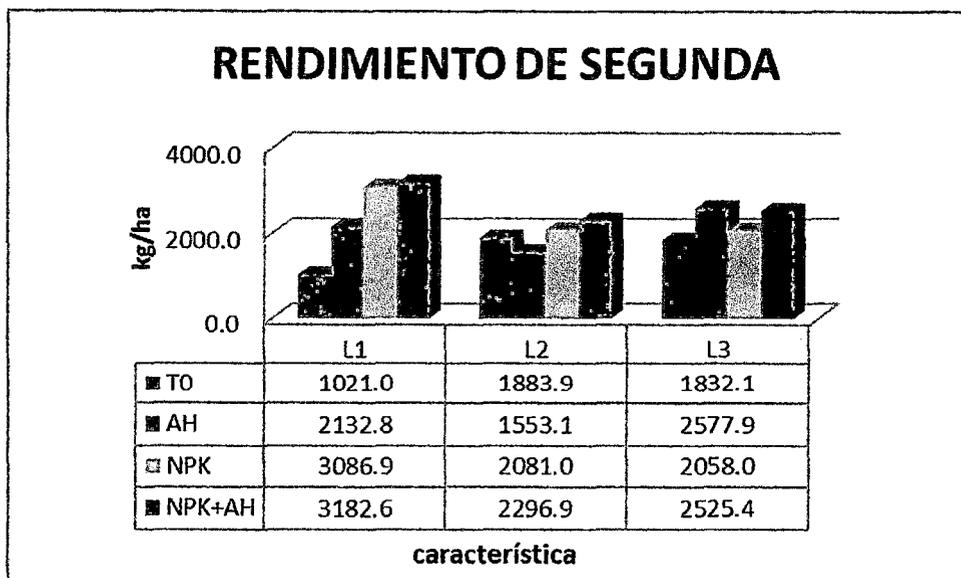
**Efecto de la lámina de riego sobre el rendimiento de primera**

| Láminas de riego | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L3               | 2988.5 | A      | 100   |
| L2               | 4728.4 | AB     | 158.2 |
| L1               | 5379.5 | B      | 180   |

**Efecto del nivel nutricional sobre el rendimiento de primera**

| Niveles de nutrición | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| T0                   | 3851.1 | A      | 100   |
| AH                   | 4182.3 | A      | 108.6 |
| NPK                  | 4709.3 | A      | 122.3 |
| NPK+AH               | 4719.2 | A      | 122.5 |

**Gráfico 15: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el rendimiento de segunda de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

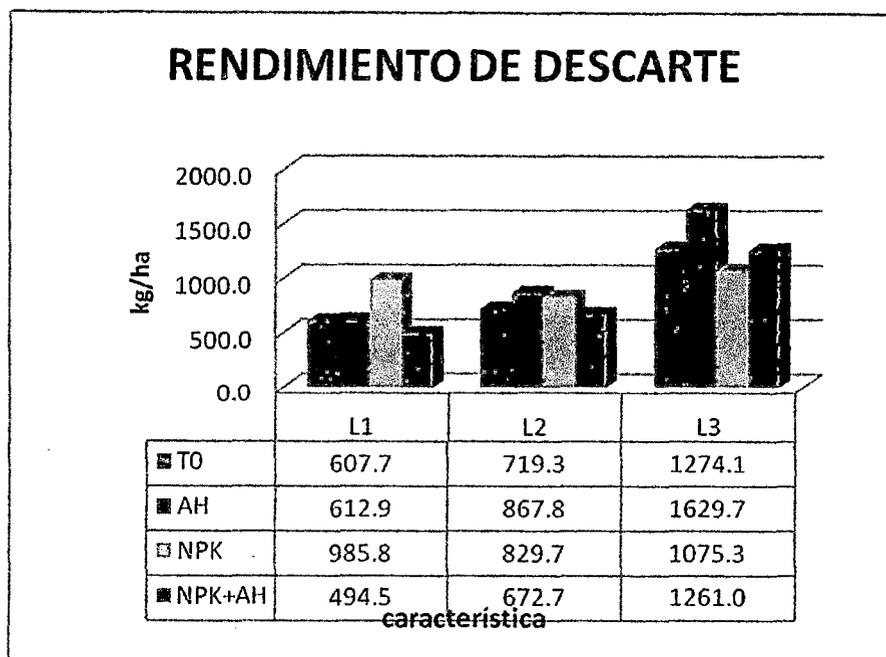
**Efecto de la lámina de riego sobre el rendimiento de segunda**

| Láminas de riego | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L2               | 1953.7 | A      | 100   |
| L3               | 2248.3 | A      | 115.1 |
| L1               | 2355.8 | A      | 120.6 |

**Efecto del nivel nutricional sobre el rendimiento de segunda**

| Niveles de nutrición | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| T0                   | 1578.9 | A      | 100   |
| AH                   | 2087.9 | A      | 132.2 |
| NPK                  | 2408.6 | A      | 152.5 |
| NPK+AH               | 2668.3 | A      | 168.9 |

**Gráfico 16: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el rendimiento de descarte de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

**Efecto de la lámina de riego sobre el rendimiento de descarte**

| Láminas de riego | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L1               | 675.2  | A      | 100   |
| L2               | 772.3  | A      | 114.4 |
| L3               | 1310.0 | A      | 194   |

**Efecto del nivel nutricional sobre el rendimiento de descarte**

| Niveles de nutrición | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| NPK+AH               | 809.4  | A      | 100   |
| T0                   | 867.0  | A      | 107.1 |
| NPK                  | 963.6  | A      | 119.1 |
| AH                   | 1036.8 | A      | 128.1 |

#### **4.5.2 Rendimiento de segunda**

La prueba de comparación de medias de Duncan para el factor láminas de riego indica que las medias son estadísticamente similares, el mayor valor (2355.8kg/ha) que caracteriza a la mayor lámina L1, con incrementos de 20.6% respecto a la menor lámina L3 y de 4.8% respecto a lámina de riego intermedia L2. Asimismo, la prueba de comparación de medias de Duncan, para el factor nivel de nutrición indica medias estadísticamente iguales, el mayor valor (2668.3kg/ha) se presenta en el nivel nutricional NPK+AH, con una diferencia de 68.9% respecto al nivel nutricional To. **(Gráfico 15)**

#### **4.5.3 Rendimiento de descarte**

La prueba de comparación de medias de Duncan para el factor láminas de riego indica que las medias son estadísticamente iguales, el mayor valor (1310kg/ha) que caracteriza a la menor lámina L3, con un incremento de 94% respecto a la mayor lámina L1. Asimismo, la prueba de comparación de medias de Duncan, para el factor nivel de nutrición indica también, medias estadísticamente iguales, siendo el mayor valor (1036.8kg/ha) que presenta un incremento de 28.1% respecto al nivel de nutrición NPK+AH.

#### **4.6 Componentes de rendimiento de maíz morado PMV-581**

El cuadro 15; presenta los resultados de los componentes del rendimiento de maíz morado PMV-581, por efecto de la lámina de riego y nivel nutricional.

Al respecto, solo para la variable peso promedio de mazorcas se encontraron diferencias altamente significativas y significativas para los factores láminas de riego y nivel nutricional respectivamente, esto se puede explicar debido a que como se dijo en el punto de rendimientos, una adecuada nutrición hídrica y mineral de las plantas van permitir que la planta exprese todo su potencial en un adecuado peso de mazorca, que a la vez podría repercutir en un mejor rendimiento comercial.

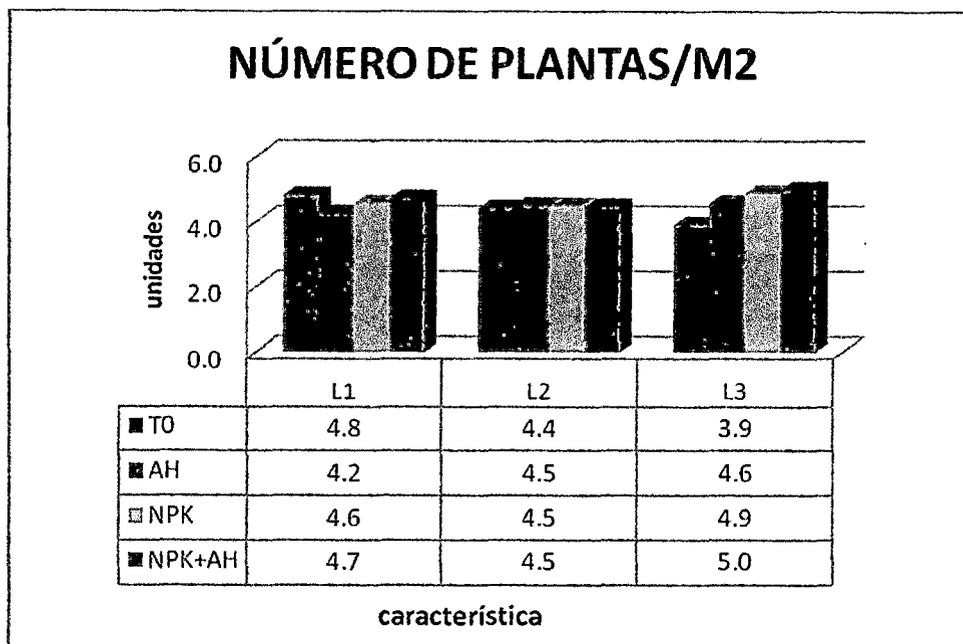
**Cuadro 16. Componentes del rendimiento de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.)**

| Factor en estudio    | Número de plantas/m <sup>2</sup> | Número de mazorcas/planta | Peso promedio de mazorca (g) |
|----------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Láminas de riego     |                                  |                           |                              |
| L1                   | 4.6                              | 1.22                      | 148.5                        |
| L2                   | 4.5                              | 1.25                      | 136.1                        |
| L3                   | 4.6                              | 1.25                      | 115.8                        |
| Niveles de nutrición |                                  |                           |                              |
| To                   | 4.4                              | 1.20                      | 119.7                        |
| AH                   | 4.4                              | 1.23                      | 134.9                        |
| NPK                  | 4.6                              | 1.23                      | 140.7                        |
| NPK + AH             | 4.7                              | 1.30                      | 138.6                        |
| Promedio general     | 4.5                              | 1.24                      | 133.5                        |

Resumen del análisis de variancia

| Fuentes de variación    | G.L | CM (Número de plantas/m <sup>2</sup> ) | CM (Número de mazorcas/planta) | CM (Peso promedio de mazorca) | Significación |    |    |
|-------------------------|-----|--|--------------------------------|-------------------------------|---------------|----|----|
|                         |     |  |                                |                               |               |    |    |
| Láminas de riego (L)    | 2   | 0,079                                  | 0,001                          | 0,001                         | Ns            | ns | ** |
| Nivel de nutrición (NN) | 3   | 0,328                                  | 0,013                          | 0,013                         | Ns            | ns | *  |
| Interacción (L - NN)    | 6   | 0,435                                  | 0,016                          | 0,016                         | Ns            | ns | ns |

**Gráfico 17: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el número de plantas/m<sup>2</sup> de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.)**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

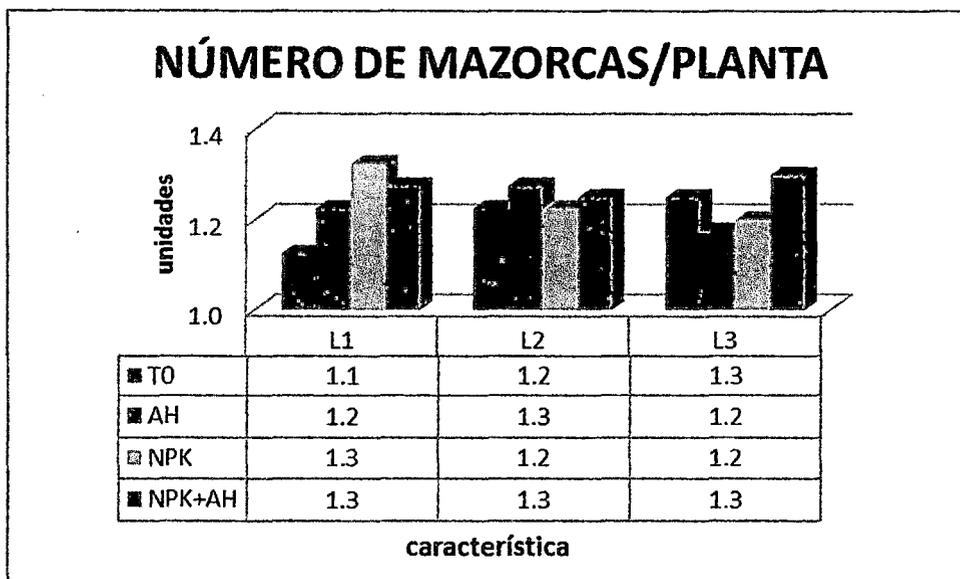
**Efecto de la lámina de riego sobre el número de plantas/m<sup>2</sup>**

| Láminas de riego | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L2               | 4.5    | A      | 100   |
| L1               | 4.6    | A      | 102.2 |
| L3               | 4.6    | A      | 102.2 |

**Efecto del nivel nutricional sobre el número de plantas/m<sup>2</sup>**

| Niveles de nutrición | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| T0                   | 4.4    | A      | 100   |
| AH                   | 4.4    | A      | 100   |
| NPK                  | 4.6    | A      | 104.5 |
| NPK+AH               | 4.7    | A      | 106.8 |

**Gráfico 18: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el número de mazorcas/planta**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

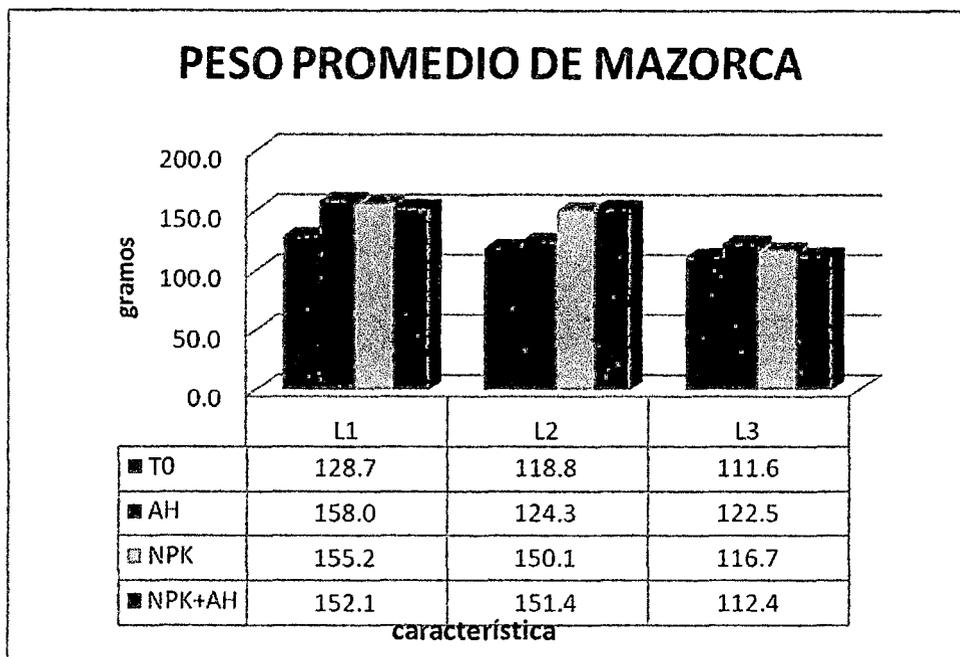
**Efecto de la lámina de riego sobre el número de mazorcas/planta**

| Láminas de riego | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L3               | 1.25   | A      | 102.4 |
| L1               | 1.22   | A      | 100   |
| L2               | 1.25   | A      | 102.4 |

**Efecto del nivel nutricional sobre el número de mazorcas/planta**

| Niveles de nutrición | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| T0                   | 1.20   | A      | 100   |
| AH                   | 1.23   | A      | 102.5 |
| NPK                  | 1.23   | A      | 102.5 |
| NPK+AH               | 1.30   | A      | 108.3 |

**Gráfico 19: Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el peso promedio de mazorca de maíz morado PMV-581.**



**PRUEBA DE DUNCAN (alfa  $\alpha=0.05$ )**

**Efecto de la lámina de riego sobre el peso promedio de mazorca**

| Láminas de riego | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|------------------|--------|--------|-------|
| L1               | 148.5  | A      | 128.2 |
| L2               | 136.1  | B      | 117.5 |
| L3               | 115.8  | AB     | 100   |

**Efecto del nivel nutricional sobre el peso promedio de mazorca**

| Niveles de nutrición | MEDIAS | DUNCAN | %     |
|----------------------|--------|--------|-------|
| NPK                  | 140.7  | A      | 117.5 |
| NPK+AH               | 138.6  | A      | 115.8 |
| AH                   | 134.9  | AB     | 112.7 |
| T0                   | 119.7  | B      | 100   |

### **Número de plantas/m<sup>2</sup>**

Al respecto, el comparativo de medias de DUNCAN, indica medias similares para el factor láminas de riego como para el factor nivel nutricional.

### **Número de mazorcas/planta**

Al respecto, el comparativo de medias de DUNCAN, indica medias similares para el factor láminas de riego como para el factor nivel nutricional.

### **Peso promedio de mazorca**

En el cuadro 15 se puede ver la significación la cual se da para ambas variables, es decir, para lámina de riego y nivel nutricional, lo cual no ocurre cuando se analiza la combinación de ambas variables.

En cuanto al factor lámina de riego, la que presento un mejor peso promedio de mazorca fue L1 con 148.5g promedio y la que menos peso promedio de mazorca tuvo fue L3 con 115.8g promedio.

Por otro lado, en cuanto al factor nivel nutricional, la característica que tuvo un mejor promedio fue NPK, con 117.5g y por otro lado el peso promedio más bajo fue para el testigo.

## **V. ANALISIS AGRO – ECONOMICO**

El cuadro 16, presenta los resultados del análisis económico del cultivo de maíz morado PMV 581, teniendo como base los rendimientos del cultivo. Determinando índices de rentabilidad por niveles de Lamina de riego – Nivel nutricional.

El mayor índice de rentabilidad (IR) caracteriza al tratamiento L1To (tratamiento que fue regado con una lámina de 4144m<sup>3</sup> sin fertilizar) con 166.0 %, con una utilidad neta de \$4002.8, mientras que el menor índice de rentabilidad (IR) se presenta a nivel del tratamiento L3NPK + AH (tratamiento que fue regado con una lámina de 3092m<sup>3</sup> y fertilizado con NPK y ácidos húmicos) con 33.9% de IR y \$1509.2 de utilidad neta.

**Cuadro 17. Análisis Agro-Económico del cultivo de Maíz Morado PMV-581**

| <b>Clave</b>         | <b>Rendimiento kg/Ha</b> | <b>Valor neto de producción U\$\$</b> | <b>Costo Total U\$\$</b> | <b>Utilidad neta U\$\$</b> | <b>Índice de rentabilidad %</b> |
|----------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| L1 (T0)              | 6413.80                  | 6413.80                               | 3018.06                  | 3395.74                    | 132.62                          |
| L1 (AH)              | 7570.10                  | 7570.10                               | 4278.16                  | 3291.94                    | 91.9                            |
| L1 (NPK)             | 8370.30                  | 8370.30                               | 3831.93                  | 4538.37                    | <b>134.27</b>                   |
| L1 (NPK + AH)        | 8587.40                  | 8587.40                               | 5093.73                  | 3493.67                    | 80.5                            |
| L2 (T0)              | 5683.50                  | 5683.50                               | 2991.04                  | 2692.46                    | 110.31                          |
| L2 (AH)              | 6161.10                  | 6161.10                               | 4252.84                  | 1908.26                    | 59.14                           |
| L2 (NPK)             | 7258.40                  | 7258.40                               | 3804.9                   | 3453.5                     | 106.71                          |
| L2 (NPK + AH)        | 7625.50                  | 7625.50                               | 5066.7                   | 2558.8                     | 62.48                           |
| L3 (T0)              | 4193.10                  | 4193.10                               | 2971.96                  | 1221.14                    | 61.52                           |
| L3 (AH)              | 5079.70                  | 5079.70                               | 4233.76                  | 845.94                     | 34.32                           |
| L3 (NPK)             | 5725.00                  | 5725.00                               | 3765.82                  | 1959.18                    | 78.76                           |
| <b>L3 (NPK + AH)</b> | 5949.80                  | 5949.80                               | 5047.68                  | 902.12                     | <b>29.9</b>                     |

Fuente: Elaboración propia.

## **VI. CONCLUSIONES**

Bajo las condiciones del presente ensayo en el cultivo de maíz morado cv. PMV- 581, el rendimiento de mazorcas, presenta diferencias altamente significativas por efecto de la lámina de riego y el nivel nutricional. No se detectó efectos de interacción.

Las variables de crecimiento: altura de planta, área foliar y número de hojas por encima de la mazorca principal presentan diferencias estadísticas solo por efecto del nivel nutricional.

La materia seca total y la materia seca de mazorcas presentan diferencias estadísticas altamente significativas por lámina de riego y significativas por nivel nutricional.

El mayor rendimiento comercial se presenta a nivel de la lámina de riego L1: 4121 m<sup>3</sup>/ha con 7735.4kg/ha de mazorcas con un incremento del 15.8% respecto a la lámina de riego L2: 3,530m<sup>3</sup>/ha y de 47.7% respecto de la lámina de riego L3: 2941m<sup>3</sup>/ha.

El mayor rendimiento comercial por efecto del nivel nutricional se presenta a nivel de NPK + Ácidos húmicos con 7,387.6kg/ha, similar estadísticamente a NPK con 7118 kg/ha, pero diferente al testigo no fertilizado y al nivel nutricional solo con ácidos húmicos (AH).

La clasificación por categorías del rendimiento de mazorcas establece que el rendimiento de primera es el 66% del rendimiento comercial. Los mayores rendimientos se presentan a nivel de la lámina de riego L1, con incrementos del 80% respecto de L3.

En general no se encontró respuesta positiva al rendimiento en los tratamientos con la aplicación de ácidos húmicos, probablemente por el grado de alcalinidad de los ácidos húmicos comerciales.

La lámina de riego de L1: 4121 m<sup>3</sup>/ha, presentó valores similares en casi todos los parámetros agronómicos a L2: 3,530m<sup>3</sup>/ha, pero diferentes de L3: 2941m<sup>3</sup>/ha en la eficiencia de uso de agua (EUA-kg/m<sup>3</sup>), el índice de cosecha (IC-%) y el coeficiente de transpiración (CT-lt/kg).

Durante el ciclo del cultivo la lámina de riego L1 mantuvo niveles de humedad volumétrica promedio de 23.9% (succión mátrica de 0.2 a 0.4 bar y humedad aprovechable promedio del 100%), la lámina L2 de 21.33% (succión mátrica de 0.3 a 1.2 bar y humedad aprovechable promedio de 74.4%) y la lámina L3 de 19.33% (succión mátrica de 0.3 a 2.0 bar y humedad aprovechable promedio de 53.2%)

Finalmente, el mayor índice de rentabilidad caracteriza al tratamiento regado con la lámina de riego L1 y al nivel nutricional NPK con un IR de 134.2% y una utilidad neta de \$ 4,538 y el menor valor caracteriza al tratamiento con la lámina de riego L3 y nivel nutricional NPK + AH con un IR de 29.9% y una utilidad de \$902.

## **VII. BIBLIOGRAFIA**

**ALDRICH, S. Y LENG E. 1974.** Producción Moderna del Maíz. Editorial Hemisferio Sur Buenos Aires, Argentina 308p.

**ALVIEN, P. T. 1957.** Economía del agua en las plantas. Rev. Agro. Vol. XXIV (91): 44 – 59. UNA – La Molina.

**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 –Peru.

**ARMAS, U. R., ORTEGA, D. E., y RODES, G. R. 1988.** Fisiología vegetal. Edit. Pueblo y educación, La Habana, Cuba. 325 p.

**ARNON I. (1974).** Crop Production in Dry Regions. Leonard Hill Books, London II.

**BARCELÓ, J., NICOLAS, R.G., SABATER, B., y SANCHEZ, R. 1990.** Fisiología vegetal. Ed. 5. Edit. Pirámide. Madrid. España. 823 p.

**BARNETT, J. (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.

**BIDWELL, 1993.** Fisiología Vegetal. AGT. Editor. S.A. México D.C

**BLACK, 1975.** Relaciones Suelo – Planta Tomo II. Edit. Hemisferio Sur. México. Pp.445 – 446.

**.BOYER, J. S. 1976.** Water deficits and photosynthesis In: Water deficits and plant growth. Ed. Kozlowski, vol 4: 153-198. Academic Press. New York.

**BOYER, J. S. 1982.** Plant productivity and environment. Science 218: 443 – 448.

**CONAGRA, S.A.C. 2001.** Boletín Técnico ácidos húmicos. 20 pp

**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.

**DAY, R. D. 1981.** Some effects of moisture stress on the growth of wheat. Agron. J. 62, 27 – 29.

**DICK, W.A. Y MCCOY, E.L. 1993.** Enhancing soil fertility by addition of compost. Ed H.A. Hointink and H. Keener. The Ohio State University.

**DOMÍNGUEZ, V. 1967.** Tratado de fertilización. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. España.

**DOMINGUEZ, A. 1997.** Tratado de fertilización. Editorial Mundi prensa. Madrid. 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, 1978.** Química de suelos, con énfasis en los suelos de América Latina. San José, Costa Rica. 66p.

**FUENTES, 1999.** El suelo y los fertilizantes Editorial Mundi – Prensa. Madrid – España.

**GILES P. E., 2011.** Efecto de la aplicación de ácidos húmicos y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de maíz morado PMV 581, bajo por goteo. Tesis ingeniero agrónomo UNALM.

**GRUNERBERG, F. H. 1959.** Nutrición y fertilización del maíz. Boletín verde N°9, publicado en Alemania por Verlagsgesellschaft fur Ackerban. MBH – Hannover. pp 46.

**HAYES Y WILSON 1997.** Humic Substances in soils, Peats and Waters. Health and environmental aspects. The royal society and chemistry. Cambridge.

**HSIAO, T., and ACEVEDO, E. 1974.** Plant responses to water deficits, water use efficiency and drought resistance. Agric Meteorol. 14: 59 – 84.

**HURTADO, M. L. 2009.** Efecto del estrés hídrico y de la aplicación de calcio en el crecimiento y rendimiento de la alcachofa (*Cynara scolymus L.*) CV. Imperial star. Tesis UNALM. 111 p.

**INFOFOS, 1997.** Manual internación de fertilidad de suelos. Instituto de la potasa y el fósforo. México.

**IRIGOYEN, M. 2000.** Efectos del Stress Hídrico y de la fertilización Nitrogenada - Fosforada - Potasica en la Morfofisiología y en el Rendimiento del Cultivo del Algodonero - vr. Tanguis. Tesis UNALM. 120 p.

**JENSEN, W. A., y SALISBURY, F. B. 1988.** Botanica. Edit. Mc. Graw Hill, Mexico, 762 p.

**KRAMER, P. J. 1989.** Relaciones hídricas de suelos y plantas. Una síntesis moderna. Edit. Edutex, México.

**KRAMER, P., y BOYER, J. S. 1995.** Water Relations of Plants and Soils. Academic Press, Nueva York.

**LEVITT, J. 1980.** Responses of plants to environmental stress Academic Press. Inc. New York. Vol I. 2<sup>nd</sup> edition.

**MALAVOLTA, E (1972).** Nutrición y fertilización. Simpósio Brasileño del frijol; Universidad federal vicosa 209- 242

**MANRIQUE, 1988.** El maíz en el Perú. 2da edición. Fondo del libro del Banco agrario del Perú. Lima – Perú.

**MARSHNER, 1993.** Mineral nutrition of higher plants. 8 edition. New York. USA

**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.

**MENDOZA LAYME G. 2004.** Efecto de bioestimulante y ácidos húmicos en el rendimiento y calidad del cultivo del brócoli (*Brassica oleracea L.* variedad itálica cv. Legacy). Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. UNALM. Lima – Perú.

**MERCEDES, W. 2005.** Efecto del Estrés Hídrico en la Fisiología y rendimiento de Cuatro Variedades del Cultivo de Quinua (*Chenopodium quinua Willd.*). Tesis UNALM. 72 p.

**MILTHORPE, F. L., y MOORBY, J. 1982.** Introducción a la fisiología de los cultivos. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, argentina. 259 p.

**MOSQUERA V. 2006.** Efecto del estrés hídrico y de la concentración de ácido abscísico en la morfología y el rendimiento del cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus*) CV. Imperial star. Tesis UNALM. 77p.

**NAVARRO Y NAVARRO, 2000.** Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid – España.

**PALACIOS, E. 2010.** Efecto de la fertilización NPK y de la concentración de ácido giberélico en el rendimiento del cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus L.*) cv. Imperial Star, bajo RLAF: goteo.

**PÉREZ, M. 2007.** Efecto de cuatro concentraciones de ácido giberélico en el crecimiento y rendimiento de tres cultivares de alcachofa sin espinas (*Cynara scolymus L.*) bajo riego por goteo. Tesis UNALM. 86p.

**PLASTER, 2000.** La ciencia del suelo y su manejo. 405pp. Editorial Paraninfo. Madrid – España.

**POSTIGO, R. 2009.** Efecto de la fertilización Nitrogenada – fosforada – potásica, con y sin aplicación de ácido giberélico en el rendimiento de alcachofa (*Cynara scolymus L.*) cv. Imperial star bajo riego por goteo. Tesis UNALM. 74p.

**ROBLES, F.2001.** La alcachofa. Nueva alternativa para la agricultura peruana. PROMPEX. Lima – Perú.

**SALISBURY, F.B., ROSS C.W. 2000.** Fisiología vegetal. Ed. Iberoamericana. México. D.F. México.

**SÁNCHEZ, V. 2007.** Efecto de la fertirrigación nitrogenada – potásica en el crecimiento y rendimiento de tres híbridos de maíz (*Zea mays L.*) bajo RLAF: goteo. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima, Perú.

**SANTAMARÍA, P. 2011.** Efecto de la aplicación de calcio y de hierro, manganeso y zinc en el rendimiento de alcachofa (*Cynara scolymus L.*) cv. Imperial star bajo riego por goteo. Tesis UNALM.

**SEVILLA Y VALDEZ, 1985.** Estudios de factibilidad del cultivo de maíz morado. Fondo de promoción de exportaciones (FOPEX) Lima, Perú. 46p.

**SOLANO, R. 1999.** Efecto de fertirrigación NPK en el rendimiento y el contenido de antocianina de tres variedades (*Zea mays L.*) bajo RLAF: goteo. Tesis Ingeniero Agrónomo UNALM. Lima, Perú. 105p.

**STEVENSON F. J,1982.** Humus chemistry: genesis, composition, reactions Wiley-Interscience, New York (1982).

**STOLLER, J, 1985.** Rol of humic acids in agriculture.Tech. Bullet StollerEnterprisess Inc.

**TISDALE, N. 1991.** Fertilidad de los suelos y fertilizantes. UTEHA Ediciones Hispanoamericanas S.A 1º Edición en español. México.

**TURNER, N., y BEGG, J. 1981.** Plant-water relations and adaption to stress. Plant and Soil 58:97 – 131.

**VÁSQUEZ, S. 2007.** Efecto de la fertilización nitrogenada y de la aplicación de zinc, bajo dos modalidades: foliar y al suelo en el rendimiento de maíz híbrido PM – 702, (*Zea mays L.*) bajo RLAF: goteo, Tesis ingeniero agrónomo. UNALM. Lima, Perú.

**VIZCARRA, J. 2010.** Efecto de la fertilización nitrogenada en el crecimiento y rendimiento de dos cultivares de alcachofa (*Cynara scolymus L.*) bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo, UNALM. Lima – Perú.

**([www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro05/cap2.htm](http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro05/cap2.htm))**

# **ANEXOS**

**ANEXO1: Altura de planta (cm)****L1**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 225.0    | 230.0     | 235.0      | 223.0     | 228.3    | 100.0 |
| AH                   | 202.0    | 240.0     | 218.0      | 240.0     | 225.0    | 98.6  |
| NPK                  | 220.0    | 223.0     | 234.0      | 241.0     | 229.5    | 100.5 |
| NPK+AH               | 214.0    | 239.0     | 229.0      | 214.0     | 224.0    | 98.1  |

226.7

**L2**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 194      | 208       | 190        | 197       | 197.25   | 100.0 |
| AH                   | 219      | 230       | 235        | 213       | 224.25   | 113.7 |
| NPK                  | 237      | 205       | 230        | 231       | 225.75   | 114.4 |
| NPK+AH               | 230      | 220       | 196        | 224       | 217.5    | 110.3 |

216.1875

**L3**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 213.0    | 204.0     | 229.0      | 228.0     | 218.5    | 100.0 |
| AH                   | 224.0    | 204.0     | 228.0      | 223.0     | 219.8    | 100.6 |
| NPK                  | 210.0    | 245.0     | 241.0      | 233.0     | 232.3    | 106.3 |
| NPK+AH               | 223.0    | 220.0     | 238.0      | 219.0     | 225.0    | 103.0 |

223.9

**Análisis de varianza (ANVA)**

| fuelle de Variación                  | GL | CM      | Fcal  | Pr>F | Significación |
|--------------------------------------|----|---------|-------|------|---------------|
| bloques                              | 3  | 133.167 | .691  |      |               |
| Láminas de riego                     | 2  | 472.687 | 2.454 | .160 | ns.           |
| Error (A)                            | 6  | 192.604 |       |      |               |
| Niveles de nutrición                 | 3  | 423.667 | 3.010 | .048 | *             |
| interacción<br>L.Riego x N.Nutrición | 6  | 224.521 | 1.595 | .187 | ns.           |
| Error (B)                            | 27 | 140.755 |       |      |               |
| Total                                | 47 |         |       |      |               |

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

### L1

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 2721.0   | 5904.0    | 4153.8     | 2607.3    | 3846.5   | 100.0 |
| AH                   | 3968.1   | 2709.6    | 2531.3     | 2829.3    | 3009.5   | 78.2  |
| NPK                  | 3530.0   | 6226.3    | 5850.0     | 2812.5    | 4604.7   | 119.7 |
| NPK+AH               | 3433.5   | 3379.0    | 3838.2     | 4275.0    | 3731.4   | 97.0  |

3798.0

### L2

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 3381.5   | 5885.0    | 3000.0     | 2892.8    | 3789.8   | 100.0 |
| AH                   | 3573.0   | 4708.1    | 3875.0     | 2779.4    | 3733.9   | 98.5  |
| NPK                  | 5610.0   | 5017.5    | 3250.0     | 5531.9    | 4852.4   | 128.0 |
| NPK+AH               | 5743.5   | 5561.2    | 3000.0     | 5946.4    | 5062.8   | 133.6 |

4359.7

### L3

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 3820.5   | 2328.7    | 4454.0     | 4500.0    | 3775.8   | 100.0 |
| AH                   | 4153.5   | 2860.4    | 3336.0     | 2514.7    | 3216.2   | 85.2  |
| NPK                  | 5187.8   | 6341.2    | 6300.0     | 2953.1    | 5195.5   | 137.6 |
| NPK+AH               | 4336.3   | 6275.4    | 4078.1     | 4347.5    | 4759.3   | 126.0 |

4236.7

### Análisis de varianza (ANVA)

| fuentes de Variación                 | GL | CM         | Fcal | Pr>F | Significación |
|--------------------------------------|----|------------|------|------|---------------|
| bloques                              | 3  | 2581536.86 | 1.94 | 0.22 |               |
| Láminas de riego                     | 2  | 1394638.93 | 1.05 | 0.44 | ns.           |
| Error (A)                            | 6  | 1329474.39 |      |      |               |
| Niveles de nutrición                 | 3  | 5927107.19 | 4.67 | 0.01 | *             |
| interacción<br>L.Riego x N.Nutrición | 6  | 489134.45  | 0.39 | 0.88 | ns.           |
| Error (B)                            | 27 | 1269597.76 |      |      |               |
| Total                                | 47 |            |      |      |               |

**ANEXO 3: Numero de hojas****L1**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 10.0     | 10.0      | 11.0       | 13.0      | 11.0     | 100.0 |
| AH                   | 10.0     | 10.0      | 10.0       | 11.0      | 10.3     | 93.2  |
| NPK                  | 10.0     | 10.0      | 12.0       | 10.0      | 10.5     | 95.5  |
| NPK+AH               | 12.0     | 10.0      | 13.0       | 10.0      | 11.3     | 102.3 |

10.8

**L2**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 10.0     | 11.0      | 10.0       | 11.0      | 10.5     | 100.0 |
| AH                   | 10.0     | 11.0      | 11.0       | 9.0       | 10.3     | 97.6  |
| NPK                  | 12.0     | 11.0      | 10.0       | 14.0      | 11.8     | 111.9 |
| NPK+AH               | 11.0     | 10.0      | 10.0       | 14.0      | 11.3     | 107.1 |

10.9

**L3**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 9.0      | 10.0      | 10.0       | 12.0      | 10.3     | 100.0 |
| AH                   | 11.0     | 11.0      | 10.0       | 10.0      | 10.5     | 102.4 |
| NPK                  | 12.0     | 11.0      | 10.0       | 10.0      | 10.8     | 104.9 |
| NPK+AH               | 10.0     | 12.0      | 12.0       | 10.0      | 11.0     | 107.3 |

10.6

**Análisis de varianza (ANVA)**

| fuelle de Variación               | GL | CM    | Fcal  | Pr>F | Significación |
|-----------------------------------|----|-------|-------|------|---------------|
| bloques                           | 3  | .910  | .562  | .660 |               |
| Láminas de riego                  | 2  | .396  | .227  | .870 | ns.           |
| Error (A)                         | 6  | 1.618 |       |      |               |
| Niveles de nutrición              | 3  | 1.743 | 1.182 | .335 | ns.           |
| interacción L.Riego x N.Nutrición | 6  | .701  | .476  | .820 | ns.           |
| Error (B)                         | 27 | 1.475 |       |      |               |
| Total                             | 47 |       |       |      |               |

## ANEXO 4: Diámetro del tallo (cm)

### L1

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 2.1      | 2.3       | 2.5        | 1.9       | 2.2      | 100.0 |
| AH                   | 2.4      | 2.3       | 2.5        | 2.8       | 2.5      | 113.6 |
| NPK                  | 2.6      | 2.2       | 2.1        | 1.8       | 2.2      | 98.9  |
| NPK+AH               | 2.0      | 2.0       | 2.3        | 2.0       | 2.1      | 94.3  |

2.2

### L2

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 1.8      | 2.0       | 1.8        | 2.0       | 1.9      | 100.0 |
| AH                   | 1.7      | 1.9       | 2.3        | 1.9       | 2.0      | 102.6 |
| NPK                  | 2.6      | 1.8       | 1.8        | 2.1       | 2.1      | 109.2 |
| NPK+AH               | 2.0      | 2.1       | 2.3        | 2.5       | 2.2      | 117.1 |

2.0

### L3

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 1.5      | 1.9       | 2.0        | 2.0       | 1.9      | 100.0 |
| AH                   | 1.8      | 1.8       | 2.2        | 1.9       | 1.9      | 104.1 |
| NPK                  | 2.0      | 2.3       | 2.2        | 2.0       | 2.1      | 114.9 |
| NPK+AH               | 2.3      | 2.4       | 2.5        | 2.2       | 2.4      | 127.0 |

2.1

## Análisis de varianza (ANVA)

| fuentes de Variación              | GL | CM   | Fcal  | Pr>F | Significación |
|-----------------------------------|----|------|-------|------|---------------|
| bloques                           | 3  | .050 | 1.223 |      |               |
| Láminas de riego                  | 2  | .190 | 4.622 | .050 | ns            |
| Error (A)                         | 6  | .041 |       |      |               |
| Niveles de nutrición              | 3  | .111 | 1.956 | .144 | ns.           |
| interacción L.Riego x N.Nutrición | 6  | .154 | 2.702 | .035 | *             |
| Error (B)                         | 27 | .057 |       |      |               |
| Total                             | 47 |      |       |      |               |

## ANEXO 5: Número de hojas por encima de la mazorca principal

### L1

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 4.0      | 5.0       | 5.0        | 6.0       | 5.0      | 100.0 |
| AH                   | 5.0      | 5.0       | 5.0        | 5.0       | 5.0      | 100.0 |
| NPK                  | 5.0      | 5.0       | 6.0        | 5.0       | 5.3      | 105.0 |
| NPK+AH               | 5.0      | 6.0       | 6.0        | 5.0       | 5.5      | 110.0 |

5.2

### L2

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 4.0      | 5.0       | 5.0        | 6.0       | 5.0      | 100.0 |
| AH                   | 4.0      | 4.0       | 5.0        | 4.0       | 4.3      | 85.0  |
| NPK                  | 4.0      | 5.0       | 4.0        | 5.0       | 4.5      | 90.0  |
| NPK+AH               | 5.0      | 5.0       | 5.0        | 6.0       | 5.3      | 105.0 |

4.8

### L3

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 4.0      | 5.0       | 5.0        | 5.0       | 4.8      | 100.0 |
| AH                   | 5.0      | 4.0       | 4.0        | 5.0       | 4.5      | 94.7  |
| NPK                  | 6.0      | 6.0       | 4.0        | 5.0       | 5.3      | 110.5 |
| NPK+AH               | 5.0      | 6.0       | 6.0        | 5.3       | 5.6      | 117.4 |

5.0

### Análisis de varianza (ANVA)

| fuerza de Variación                  | GL | CM    | Fcal  | Pr>F | Significación |
|--------------------------------------|----|-------|-------|------|---------------|
| bloques                              | 3  | .616  | 1.989 |      |               |
| Láminas de riego                     | 2  | .779  | 2.517 | .150 | ns.           |
| Error (A)                            | 6  | .310  |       |      |               |
| Niveles de nutrición                 | 3  | 1.499 | 4.125 | .016 | *             |
| interacción<br>L.Riego x N.Nutrición | 6  | .251  | .691  | .659 | ns.           |
| Error (B)                            | 27 | .363  |       |      |               |
| Total                                | 47 |       |       |      |               |

**ANEXO 6: Materia seca total (gr)****L1**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 261.2    | 296.1     | 239.5      | 217.2     | 253.5    | 100.0 |
| AH                   | 239.8    | 264.9     | 267.1      | 309.6     | 270.3    | 106.6 |
| NPK                  | 311.0    | 347.6     | 324.1      | 242.9     | 306.4    | 120.9 |
| NPK+AH               | 262.5    | 285.0     | 339.1      | 303.8     | 297.6    | 117.4 |

282.0

**L2**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 179.3    | 267.8     | 295.5      | 235.4     | 244.5    | 100.0 |
| AH                   | 229.4    | 230.6     | 295.1      | 321.3     | 269.1    | 110.1 |
| NPK                  | 337.1    | 274.4     | 289.9      | 313.8     | 303.8    | 124.2 |
| NPK+AH               | 308.4    | 330.9     | 256.9      | 325.6     | 305.5    | 124.9 |

280.7

**L3**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 193.4    | 195.5     | 286.8      | 278.3     | 238.5    | 100.0 |
| AH                   | 200.4    | 197.6     | 251.8      | 245.3     | 223.8    | 93.8  |
| NPK                  | 270.4    | 261.7     | 281.0      | 205.1     | 254.6    | 106.7 |
| NPK+AH               | 198.7    | 277.4     | 263.5      | 244.9     | 246.1    | 103.2 |

240.7

**Análisis de varianza (ANVA)**

| fuelle de Variación                  | GL | CM       | Fcal   | Pr>F | Significación |
|--------------------------------------|----|----------|--------|------|---------------|
| bloques                              | 3  | 2267.663 | 2.612  |      |               |
| Láminas de riego                     | 2  | 8797.503 | 10.135 | .009 | **            |
| Error (A)                            | 6  | 868.037  |        |      |               |
| Niveles de nutrición                 | 3  | 5310.584 | 3.586  | .027 | *             |
| interacción<br>L.Riego x N.Nutrición | 6  | 604.976  | .408   | .867 | ns.           |
| Error (B)                            | 27 | 1481.010 |        |      |               |
| Total                                | 47 |          |        |      |               |

## ANEXO 7: Materia seca de hojas (g)

### L1

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 20.8     | 26.4      | 27.6       | 17.3      | 23.0     | 100.0 |
| AH                   | 26.4     | 18.0      | 16.8       | 22.3      | 20.9     | 90.6  |
| NPK                  | 25.3     | 41.0      | 26.0       | 18.7      | 27.8     | 120.5 |
| NPK+AH               | 30.5     | 27.8      | 34.1       | 24.2      | 29.1     | 126.5 |

25.2

### L2

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 11.6     | 26.1      | 13.3       | 25.7      | 19.2     | 100.0 |
| AH                   | 22.4     | 20.9      | 34.4       | 18.5      | 24.1     | 125.4 |
| NPK                  | 33.4     | 44.6      | 21.6       | 55.0      | 38.7     | 201.6 |
| NPK+AH               | 37.6     | 37.0      | 26.6       | 39.6      | 35.2     | 183.6 |

29.3

### L3

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 25.4     | 15.5      | 33.6       | 30.0      | 26.1     | 100.0 |
| AH                   | 15.8     | 9.5       | 22.2       | 22.3      | 17.5     | 66.8  |
| NPK                  | 30.5     | 28.1      | 28.0       | 19.6      | 26.6     | 101.6 |
| NPK+AH               | 19.2     | 27.8      | 36.3       | 24.0      | 26.8     | 102.6 |

24.2

## Análisis de varianza (ANVA)

| fuentes de Variación              | GL | CM      | Fcal  | Pr>F | Significación |
|-----------------------------------|----|---------|-------|------|---------------|
| bloques                           | 3  | 9.819   | .097  |      |               |
| Láminas de riego                  | 2  | 114.119 | 1.132 | .410 | ns            |
| Error (A)                         | 6  | 100.816 |       |      |               |
| Niveles de nutrición              | 3  | 325.704 | 6.326 | .002 | **            |
| interacción L.Riego x N.Nutrición | 6  | 76.830  | 1.492 | .218 | ns            |
| Error (B)                         | 27 | 51.488  |       |      |               |
| Total                             | 47 |         |       |      |               |

## ANEXO 8: Materia seca del tallo (g)

### L1

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 73.7     | 105.2     | 86.7       | 65.1      | 82.7     | 100.0 |
| AH                   | 52.3     | 64.8      | 62.2       | 84.3      | 65.9     | 79.7  |
| NPK                  | 81.0     | 85.9      | 105.7      | 68.8      | 85.4     | 103.2 |
| NPK+AH               | 77.2     | 79.6      | 106.3      | 75.0      | 84.5     | 102.2 |

79.6

### L2

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 48.2     | 80.7      | 115.7      | 70.7      | 78.8     | 100.0 |
| AH                   | 56.4     | 57.4      | 78.3       | 147.1     | 84.8     | 107.6 |
| NPK                  | 105.9    | 75.4      | 82.3       | 77.3      | 85.2     | 108.1 |
| NPK+AH               | 104.1    | 93.2      | 59.0       | 97.5      | 88.5     | 112.2 |

84.3

### L3

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 38.3     | 51.4      | 93.9       | 72.0      | 63.9     | 100.0 |
| AH                   | 58.4     | 30.9      | 79.4       | 69.6      | 59.6     | 93.2  |
| NPK                  | 96.6     | 61.3      | 92.2       | 67.2      | 79.3     | 124.1 |
| NPK+AH               | 68.8     | 96.9      | 83.8       | 43.1      | 73.1     | 114.5 |

69.0

## Análisis de varianza (ANVA)

| fuelle de Variación               | GL | CM      | Fcal  | Pr>F | Significación |
|-----------------------------------|----|---------|-------|------|---------------|
| bloques                           | 3  | 566.669 | 1.507 |      |               |
| Láminas de riego                  | 2  | 987.566 | 2.626 | .150 | ns            |
| Error (A)                         | 6  | 376.008 |       |      |               |
| Niveles de nutrición              | 3  | 458.684 | .876  | .466 | ns            |
| interacción L.Riego x N.Nutrición | 6  | 131.613 | .251  | .954 | ns            |
| Error (B)                         | 27 | 523.533 |       |      |               |
| Total                             | 47 |         |       |      |               |

## ANEXO 9: Materia seca de mazorca (g)

### L1

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 128.1    | 124.4     | 94.1       | 95.9      | 110.6    | 100.0 |
| AH                   | 119.3    | 144.7     | 145.8      | 133.7     | 135.9    | 122.8 |
| NPK                  | 120.1    | 161.3     | 138.1      | 114.4     | 133.5    | 120.6 |
| NPK+AH               | 119.5    | 109.5     | 158.4      | 135.9     | 130.8    | 118.2 |
|                      |          |           |            |           | 127.7    |       |

### L2

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 82.6     | 111.1     | 114.7      | 100.1     | 102.1    | 100.0 |
| AH                   | 108.5    | 110.2     | 135.2      | 73.7      | 106.9    | 104.7 |
| NPK                  | 140.2    | 118.9     | 136.8      | 120.5     | 129.1    | 126.4 |
| NPK+AH               | 130.5    | 146.8     | 130.1      | 113.2     | 130.2    | 127.4 |
|                      |          |           |            |           | 117.1    |       |

### L3

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 76.9     | 92.9      | 94.1       | 120.0     | 96.0     | 100.0 |
| AH                   | 89.8     | 120.1     | 99.1       | 112.4     | 105.3    | 109.8 |
| NPK                  | 86.8     | 122.6     | 114.6      | 77.2      | 100.3    | 104.5 |
| NPK+AH               | 75.1     | 106.8     | 99.9       | 104.8     | 96.7     | 100.7 |
|                      |          |           |            |           | 99.6     |       |

## Análisis de varianza (ANVA)

| fuerza de Variación               | GL | CM       | Fcal   | Pr>F | Significación |
|-----------------------------------|----|----------|--------|------|---------------|
| bloques                           | 3  | 864.811  | 3.328  |      |               |
| Láminas de riego                  | 2  | 3228.375 | 12.423 | .005 | **            |
| Error (A)                         | 6  | 259.874  |        |      |               |
| Niveles de nutrición              | 3  | 801.241  | 3.080  | .044 | *             |
| interacción L.Riego x N.Nutrición | 6  | 332.369  | 1.277  | .301 | ns            |
| Error (B)                         | 27 | 260.172  |        |      |               |
| Total                             | 47 |          |        |      |               |

## ANEXO 10: Materia seca de panoja (g)

### L1

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 7.0      | 6.9       | 7.4        | 5.7       | 6.8      | 100.0 |
| AH                   | 5.1      | 5.6       | 4.3        | 5.4       | 5.1      | 75.6  |
| NPK                  | 8.2      | 8.6       | 5.6        | 5.6       | 7.0      | 103.7 |
| NPK+AH               | 7.9      | 5.8       | 7.1        | 4.1       | 6.2      | 92.2  |

6.3

### L2

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 4.2      | 6.2       | 5.5        | 5.2       | 5.3      | 100.0 |
| AH                   | 5.1      | 5.6       | 10.4       | 7.3       | 7.1      | 134.6 |
| NPK                  | 7.3      | 6.3       | 10.3       | 7.7       | 7.9      | 149.8 |
| NPK+AH               | 7.3      | 7.1       | 6.1        | 10.7      | 7.8      | 147.9 |

7.0

### L3

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 4.6      | 5.5       | 6.9        | 7.8       | 6.2      | 100.0 |
| AH                   | 6.9      | 3.8       | 6.5        | 6.7       | 6.0      | 96.4  |
| NPK                  | 7.0      | 8.3       | 9.5        | 6.0       | 7.7      | 124.2 |
| NPK+AH               | 4.6      | 8.4       | 6.9        | 6.7       | 6.7      | 107.3 |

6.6

## Análisis de varianza (ANVA)

| fuelle de Variación                   | GL | CM    | Fcal  | Pr>F | Significación |
|---------------------------------------|----|-------|-------|------|---------------|
| bloques                               | 3  | 1.936 | .558  |      |               |
| Láminas de riego                      | 2  | 2.251 | .648  | .610 | ns            |
| Error (A)                             | 6  | 3.471 |       |      |               |
| Niveles de nutrición                  | 3  | 6.076 | 2.783 | .060 | *             |
| interacción<br>L.Riego<br>N.Nutrición | 6  | 2.514 | 1.151 | .361 | ns            |
| Error (B)                             | 27 | 2.183 |       |      |               |
| Total                                 | 47 |       |       |      |               |

**ANEXO 11: Materia seca de panca (g)****L1**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 31.6     | 33.2      | 23.7       | 33.2      | 30.4     | 100.0 |
| AH                   | 36.7     | 31.8      | 38.0       | 63.9      | 42.6     | 140.0 |
| NPK                  | 76.4     | 50.8      | 48.7       | 35.4      | 52.8     | 173.6 |
| NPK+AH               | 27.4     | 62.3      | 33.2       | 64.7      | 46.9     | 154.1 |
|                      |          |           |            |           | 43.2     |       |

**L2**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 32.7     | 43.7      | 46.3       | 33.7      | 39.1     | 100.0 |
| AH                   | 37.0     | 36.5      | 36.8       | 74.7      | 46.3     | 118.3 |
| NPK                  | 50.3     | 29.2      | 38.9       | 53.3      | 42.9     | 109.8 |
| NPK+AH               | 28.9     | 46.8      | 35.1       | 64.6      | 43.9     | 112.1 |
|                      |          |           |            |           | 43.0     |       |

**L3**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 48.2     | 30.2      | 58.3       | 48.5      | 46.3     | 100.0 |
| AH                   | 29.5     | 33.3      | 44.6       | 34.3      | 35.4     | 76.5  |
| NPK                  | 49.5     | 41.4      | 36.7       | 35.1      | 40.7     | 87.9  |
| NPK+AH               | 31.0     | 37.5      | 36.6       | 66.3      | 42.9     | 92.5  |
|                      |          |           |            |           | 41.3     |       |

**Análisis de varianza (ANVA)**

| fuentes de Variación              | GL | CM      | Fcal   | Pr>F | Significación |
|-----------------------------------|----|---------|--------|------|---------------|
| bloques                           | 3  | 352.732 | 20.368 |      |               |
| Láminas de riego                  | 2  | 17.318  | .185   | .900 | ns            |
| Error (A)                         | 6  | 93.679  |        |      |               |
| Niveles de nutrición              | 3  | 117.141 | .656   | .586 | ns            |
| interacción L.Riego x N.Nutrición | 6  | 180.560 | 1.012  | .439 | ns            |
| Error (B)                         | 27 | 178.478 |        |      |               |
| Total                             | 47 |         |        |      |               |

## ANEXO 12: Rendimiento total (kg/ha)

### L1

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 6753.5   | 7027.6    | 7084.8     | 7219.9    | 7021.5   | 100.0 |
| AH                   | 7184.5   | 9260.8    | 8233.2     | 8053.5    | 8183.0   | 116.5 |
| NPK                  | 9041.5   | 10319.8   | 9881.3     | 8181.8    | 9356.1   | 133.3 |
| NPK+AH               | 7201.3   | 8242.9    | 10138.3    | 10745.3   | 9082.0   | 129.3 |

8410.6

### L2

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 4669.2   | 7947.4    | 7342.8     | 5651.6    | 6402.8   | 100.0 |
| AH                   | 6539.9   | 7879.1    | 8144.7     | 5551.5    | 7028.8   | 109.8 |
| NPK                  | 7388.4   | 9405.0    | 8756.5     | 6802.5    | 8088.1   | 126.3 |
| NPK+AH               | 8353.5   | 8843.6    | 8327.1     | 7668.3    | 8298.1   | 129.6 |

7454.4

### L3

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 5500.1   | 5244.1    | 3895.2     | 7229.3    | 5467.2   | 100.0 |
| AH                   | 6426.2   | 6778.4    | 5594.9     | 8037.9    | 6709.4   | 122.7 |
| NPK                  | 6536.2   | 6923.8    | 7340.6     | 6400.4    | 6800.3   | 124.4 |
| NPK+AH               | 6784.5   | 6436.3    | 6774.0     | 8680.2    | 7168.8   | 131.1 |

6536.4

### Análisis de varianza (ANVA)

| fFuente de Variación              | GL | CM          | Fcal   | Pr>F | Significación |
|-----------------------------------|----|-------------|--------|------|---------------|
| bloques                           | 3  | 2176850.687 | .779   |      |               |
| Láminas de riego                  | 2  | 14053095.92 | 5.026  | .040 | **            |
| Error (A)                         | 6  | 2796109.285 |        |      |               |
| Niveles de nutrición              | 3  | 9137414.661 | 13.392 | .000 | *             |
| interacción L.Riego x N.Nutrición | 6  | 344231.563  | .505   | .799 | ns            |
| Error (B)                         | 27 | 682312.614  |        |      |               |
| Total                             | 47 |             |        |      |               |

### ANEXO 13: Rendimiento Comercial (kg/ha)

#### L1

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 6152.4   | 6386.1    | 6483.8     | 6632.8    | 6413.8   | 100.0 |
| AH                   | 6379.4   | 8455.5    | 7876.8     | 7568.6    | 7570.1   | 118.0 |
| NPK                  | 7935.9   | 9727.4    | 8618.3     | 7199.8    | 8370.4   | 130.5 |
| NPK+AH               | 6819.7   | 7994.5    | 9405.8     | 10129.6   | 8587.4   | 133.9 |
|                      |          |           |            |           | 7735.4   |       |

#### L2

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 3940.8   | 7616.9    | 6541.1     | 4635.1    | 5683.5   | 100.0 |
| AH                   | 5734.5   | 7291.6    | 7177.2     | 4440.9    | 6161.1   | 108.4 |
| NPK                  | 6796.0   | 8636.4    | 7489.2     | 6112.0    | 7258.4   | 127.7 |
| NPK+AH               | 7878.0   | 8147.9    | 7926.2     | 6549.8    | 7625.5   | 134.2 |
|                      |          |           |            |           | 6682.1   |       |

#### L3

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 5046.0   | 4311.3    | 3035.9     | 4379.0    | 4193.1   | 100.0 |
| AH                   | 6118.7   | 5461.6    | 4875.2     | 3863.2    | 5079.7   | 121.1 |
| NPK                  | 6097.4   | 5807.8    | 5966.5     | 5028.2    | 5725.0   | 136.5 |
| NPK+AH               | 5794.1   | 5993.0    | 6118.9     | 5893.2    | 5949.8   | 141.9 |
|                      |          |           |            |           | 5236.9   |       |

### Análisis de varianza (ANVA)

| fuerza de Variación               | de | GL | CM          | Fcal   | Pr>F | Significación |
|-----------------------------------|----|----|-------------|--------|------|---------------|
| bloques                           |    | 3  | 3168764.007 | 1.512  |      |               |
| Láminas de riego                  |    | 2  | 25175315.6  | 12.010 | .006 | **            |
| Error (A)                         |    | 6  | 2096276.932 |        |      |               |
| Niveles de nutrición              |    | 3  | 9425768.311 | 16.904 | .000 | **            |
| interacción L.Riego x N.Nutrición |    | 6  | 123582.317  | .222   | .966 | ns            |
| Error (B)                         |    | 27 | 557603.470  |        |      |               |
| Total                             |    | 47 |             |        |      |               |

**ANEXO 14: Rendimiento de primera (kg/ha)**

**L1**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 4976.5   | 5700.8    | 5117.5     | 5776.3    | 5392.8   | 100.0 |
| AH                   | 4754.0   | 4647.8    | 5092.7     | 7254.5    | 5437.3   | 100.8 |
| NPK                  | 3031.6   | 8210.3    | 6389.4     | 3502.3    | 5283.4   | 98.0  |
| NPK+AH               | 4108.7   | 4969.3    | 6829.6     | 5711.4    | 5404.8   | 100.2 |
|                      |          |           |            |           | 5379.5   |       |

**L2**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 3463.2   | 4917.2    | 4899.4     | 1918.6    | 3799.6   | 100.0 |
| AH                   | 4484.9   | 5483.7    | 5382.9     | 3080.2    | 4607.9   | 121.3 |
| NPK                  | 5994.4   | 5151.0    | 6302.5     | 3261.7    | 5177.4   | 136.3 |
| NPK+AH               | 5054.4   | 6494.8    | 6189.7     | 3575.4    | 5328.6   | 140.2 |
|                      |          |           |            |           | 4728.4   |       |

**L3**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 2136.4   | 2864.4    | 2616.3     | 1826.8    | 2361.0   | 100.0 |
| AH                   | 2565.4   | 3626.5    | 1770.3     | 2045.1    | 2501.8   | 106.0 |
| NPK                  | 3171.8   | 4958.3    | 3500.1     | 3037.6    | 3667.0   | 155.3 |
| NPK+AH               | 3261.7   | 4044.7    | 2929.2     | 3462.0    | 3424.4   | 145.0 |
|                      |          |           |            |           | 2988.5   |       |

**Análisis de varianza (ANVA)**

| fuerza de Variación               | GL | CM          | Fcal | Pr>F | Significación |
|-----------------------------------|----|-------------|------|------|---------------|
| bloques                           | 3  | 5244108.24  | 2.14 |      |               |
| Láminas de riego                  | 2  | 24447909.75 | 9.99 | 0.01 | **            |
| Error (A)                         | 6  | 2446372.53  |      |      |               |
| Niveles de nutrición              | 3  | 2165749.88  | 2.55 | 0.08 | ns            |
| interacción L.Riego x N.Nutrición | 6  | 739339.82   | 0.87 | 0.53 | ns            |
| Error (B)                         | 27 | 850395.65   |      |      |               |
| Total                             | 47 |             |      |      |               |

- 43790

### ANEXO 15: Rendimiento de segunda (kg/ha)

#### L1

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 1175.9   | 685.2     | 1366.2     | 856.5     | 1021.0   | 100.0 |
| AH                   | 1625.4   | 3807.7    | 2784.1     | 314.1     | 2132.8   | 208.9 |
| NPK                  | 4904.3   | 1517.1    | 2228.7     | 3697.5    | 3086.9   | 302.4 |
| NPK+AH               | 2710.9   | 3025.2    | 2576.2     | 4418.2    | 3182.6   | 311.7 |
|                      |          |           |            |           | 2355.8   |       |

#### L2

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 477.6    | 2699.7    | 1641.7     | 2716.4    | 1883.9   | 100.0 |
| AH                   | 1249.6   | 1807.9    | 1794.3     | 1360.7    | 1553.1   | 82.4  |
| NPK                  | 801.6    | 3485.4    | 1186.7     | 2850.3    | 2081.0   | 110.5 |
| NPK+AH               | 2823.6   | 1653.1    | 1736.5     | 2974.4    | 2296.9   | 121.9 |
|                      |          |           |            |           | 1953.7   |       |

#### L3

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 2909.6   | 1446.9    | 419.6      | 2552.2    | 1832.1   | 100.0 |
| AH                   | 3553.3   | 1835.1    | 3104.9     | 1818.1    | 2577.9   | 140.7 |
| NPK                  | 2925.6   | 849.5     | 2466.4     | 1990.6    | 2058.0   | 112.3 |
| NPK+AH               | 2532.4   | 1948.3    | 3189.7     | 2431.2    | 2525.4   | 137.8 |
|                      |          |           |            |           | 2248.3   |       |

### Análisis de varianza (ANVA)

| fuentes de Variación              | GL | CM         | Fcal  | Pr>F | Significación |
|-----------------------------------|----|------------|-------|------|---------------|
| bloques                           | 3  | 287836.08  | .223  |      |               |
| Láminas de riego                  | 2  | 693448.55  | .538  | .670 | ns            |
| Error (A)                         | 6  | 1289467.58 |       |      |               |
| Niveles de nutrición              | 3  | 2641229.16 | 2.645 | .069 | ns            |
| interacción L.Riego x N.Nutrición | 6  | 1175289.07 | 1.177 | .348 | ns            |
| Error (B)                         | 27 | 998425.76  |       |      |               |
| Total                             | 47 |            |       |      |               |

**ANEXO 16: Rendimiento de descarte (kg/ha)**

**L1**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 601.1    | 641.5     | 601.0      | 587.1     | 607.7    | 100.0 |
| AH                   | 805.1    | 805.3     | 356.4      | 484.9     | 612.9    | 100.9 |
| NPK                  | 1105.6   | 592.4     | 1263.0     | 982.0     | 985.8    | 162.2 |
| NPK+AH               | 381.2    | 248.4     | 732.5      | 615.7     | 494.5    | 81.4  |

675.2

**L2**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 728.4    | 330.5     | 801.7      | 1016.5    | 719.3    | 100.0 |
| AH                   | 805.4    | 587.5     | 967.5      | 1110.6    | 867.8    | 120.6 |
| NPK                  | 592.4    | 768.6     | 1267.3     | 690.5     | 829.7    | 115.4 |
| NPK+AH               | 475.5    | 695.7     | 400.9      | 1118.5    | 672.7    | 93.5  |

772.3

**L3**

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 454.1    | 932.8     | 859.3      | 2850.3    | 1274.1   | 100.0 |
| AH                   | 307.5    | 1316.8    | 719.7      | 4174.7    | 1629.7   | 127.9 |
| NPK                  | 438.8    | 1116.0    | 1374.1     | 1372.2    | 1075.3   | 84.4  |
| NPK+AH               | 1158.4   | 443.3     | 655.1      | 2787.0    | 1261.0   | 99.0  |

1310.0

**Análisis de varianza (ANVA)**

| fuerza de Variación               | de | GL | CM          | Fcal  | Pr>F | Significación |
|-----------------------------------|----|----|-------------|-------|------|---------------|
| bloques                           |    | 3  | 1760010.161 | 1.453 |      |               |
| Láminas de riego                  |    | 2  | 1870658.259 | 1.544 | .300 | ns            |
| Error (A)                         |    | 6  | 1211398.620 |       |      |               |
| Niveles de nutrición              |    | 3  | 122336.932  | .597  | .623 | ns            |
| interacción L.Riego x N.Nutrición |    | 6  | 154616.696  | .754  | .612 | ns            |
| Error (B)                         |    | 27 | 205055.688  |       |      |               |
| Total                             |    | 47 |             |       |      |               |

## ANEXO 17: Número de plantas/m<sup>2</sup>

### L1

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 4.2      | 4.5       | 5.8        | 5.5       | 5.0      | 100.0 |
| AH                   | 4.8      | 4.5       | 4.2        | 4.2       | 4.4      | 88.0  |
| NPK                  | 4.8      | 4.5       | 4.5        | 5.2       | 4.8      | 94.8  |
| NPK+AH               | 5.2      | 5.8       | 3.8        | 4.8       | 4.9      | 97.9  |
|                      |          |           |            |           | 4.8      |       |

### L2

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 4.5      | 5.2       | 5.2        | 3.5       | 4.6      | 100.0 |
| AH                   | 3.8      | 5.2       | 4.5        | 5.2       | 4.7      | 101.7 |
| NPK                  | 3.8      | 5.2       | 4.2        | 5.5       | 4.7      | 101.7 |
| NPK+AH               | 5.2      | 4.8       | 4.8        | 3.8       | 4.7      | 101.1 |
|                      |          |           |            |           | 4.7      |       |

### L3

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 4.2      | 4.8       | 3.2        | 4.2       | 4.1      | 100.0 |
| AH                   | 5.2      | 4.8       | 4.5        | 4.5       | 4.8      | 116.7 |
| NPK                  | 5.5      | 4.2       | 4.8        | 5.8       | 5.1      | 125.0 |
| NPK+AH               | 5.5      | 5.5       | 4.5        | 5.2       | 5.2      | 127.6 |
|                      |          |           |            |           | 4.8      |       |

## Análisis de varianza (ANVA)

| fuerza de Variación               | GL | CM   | Fcal  | Pr>F | Significación |
|-----------------------------------|----|------|-------|------|---------------|
| bloques                           | 3  | .362 | 1.024 |      |               |
| Láminas de riego                  | 2  | .079 | .224  | .880 | ns            |
| Error (A)                         | 6  | .354 |       |      |               |
| Niveles de nutrición              | 3  | .328 | .774  | .518 | ns            |
| interacción L.Riego x N.Nutrición | 6  | .435 | 1.028 | .429 | ns            |
| Error (B)                         | 27 | .424 |       |      |               |
| Total                             | 47 |      |       |      |               |

## ANEXO 18: Número de mazorcas/planta

### L1

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 1.1      | 1.1       | 1.1        | 1.2       | 1.1      | 100.0 |
| AH                   | 1.1      | 1.3       | 1.2        | 1.3       | 1.2      | 108.9 |
| NPK                  | 1.4      | 1.3       | 1.4        | 1.2       | 1.3      | 117.8 |
| NPK+AH               | 1.0      | 1.1       | 1.5        | 1.5       | 1.3      | 113.3 |
|                      |          |           |            |           | 1.2      |       |

### L2

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 1.1      | 1.2       | 1.1        | 1.5       | 1.2      | 100.0 |
| AH                   | 1.4      | 1.2       | 1.2        | 1.3       | 1.3      | 104.1 |
| NPK                  | 1.2      | 1.4       | 1.4        | 0.9       | 1.2      | 100.0 |
| NPK+AH               | 1.1      | 1.1       | 1.2        | 1.6       | 1.3      | 102.0 |
|                      |          |           |            |           | 1.2      |       |

### L3

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 1.5      | 1.0       | 1.2        | 1.3       | 1.3      | 100.0 |
| AH                   | 1.2      | 1.0       | 1.1        | 1.4       | 1.2      | 94.0  |
| NPK                  | 1.2      | 1.2       | 1.2        | 1.2       | 1.2      | 96.0  |
| NPK+AH               | 1.5      | 1.0       | 1.3        | 1.4       | 1.3      | 104.0 |
|                      |          |           |            |           | 1.2      |       |

### Análisis de varianza (ANVA)

| fuentes de Variación                    | GL | CM   | Fcal  | Pr>F | Significación |
|---|----|------|-------|------|---------------|
| bloques                                 | 3  | .050 | 1.672 |      |               |
| Láminas de riego                        | 2  | .001 | .021  | .990 | ns            |
| Error (A)                               | 6  | .030 |       |      |               |
| Niveles de nutrición                    | 3  | .013 | .439  | .727 | ns            |
| interacción<br>L.Riego x<br>N.Nutrición | 6  | .016 | .549  | .766 | ns            |
| Error (B)                               | 27 | .028 |       |      |               |
| Total                                   | 47 |      |       |      |               |

## ANEXO 19: Peso promedio de mazorca (g)

### L1

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 149.0    | 144.7     | 109.4      | 111.5     | 128.7    | 100.0 |
| AH                   | 138.7    | 168.3     | 169.5      | 155.5     | 158.0    | 122.8 |
| NPK                  | 139.6    | 187.5     | 160.6      | 133.0     | 155.2    | 120.6 |
| NPK+AH               | 139.0    | 127.3     | 184.2      | 158.0     | 152.1    | 118.2 |
|                      |          |           |            |           | 148.5    |       |

### L2

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 96.1     | 129.2     | 133.4      | 116.4     | 118.8    | 100.0 |
| AH                   | 126.2    | 128.1     | 157.2      | 85.7      | 124.3    | 104.7 |
| NPK                  | 163.0    | 138.3     | 159.1      | 140.1     | 150.1    | 126.4 |
| NPK+AH               | 151.8    | 170.7     | 151.3      | 131.6     | 151.4    | 127.4 |
|                      |          |           |            |           | 136.1    |       |

### L3

| Niveles de nutrición | BLOQUE I | BLOQUE II | BLOQUE III | BLOQUE IV | PROMEDIO | %     |
|----------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-------|
| T0                   | 89.4     | 108.0     | 109.4      | 139.5     | 111.6    | 100.0 |
| AH                   | 104.4    | 139.6     | 115.2      | 130.7     | 122.5    | 109.8 |
| NPK                  | 100.9    | 142.6     | 133.3      | 89.8      | 116.7    | 104.5 |
| NPK+AH               | 87.3     | 124.2     | 116.2      | 121.9     | 112.4    | 100.7 |
|                      |          |           |            |           | 115.8    |       |

### Análisis de varianza (ANVA)

| fuelle de Variación               | GL | CM       | Fcal   | Pr>F | Significación |
|-----------------------------------|----|----------|--------|------|---------------|
| bloques                           | 3  | 1169.564 | 3.319  |      |               |
| Láminas de riego                  | 2  | 4366.031 | 12.390 | .005 | **            |
| Error (A)                         | 6  | 352.380  |        |      |               |
| Niveles de nutrición              | 3  | 1083.102 | 3.079  | .044 | *             |
| interacción L.Riego x N.Nutrición | 6  | 448.654  | 1.275  | .301 | ns            |
| Error (B)                         | 27 | 351.789  |        |      |               |
| Total                             | 47 |          |        |      |               |

## Anexo 20: Costos de producción del cultivo de maíz morado PMV 581

### I. Módulo de riego

#### Detalle

Area 100 x 100 = 10000 m<sup>2</sup>  
 Distanciamiento entre cintas = 1.2 m  
 Largo de camas = 100m  
 Número de camas = 83  
 Largo de cintas de goteo por cama = 100m  
 Longitud total de cinta de riego = 8300m

Duración del equipo de riego: 5 años

|                                       | UNIDAD | CANTIDAD<br>(ha) | COSTO<br>UNITARIO<br>(\$) | COSTO<br>TOTAL<br>(\$) |
|---------------------------------------|--------|------------------|---------------------------|------------------------|
| Manguera PE 16mm                      | m      | 8300             | 0.1                       | 830                    |
| Gotos Kattif (2.1 l/hora)             | unidad | 27667            | 0.075                     | 2075.025               |
| Contómetro 1 1/2"                     | unidad | 1                | 50.5                      | 50.5                   |
| Valvulas 1 1/2"                       | unidad | 3                | 32                        | 96                     |
| Conector inicial y empaque de 16mm    | unidad | 63               | 0.22                      | 13.86                  |
| Tubería de conducción de PVC 3"       | m      | 50               | 7                         | 350                    |
| Tubería de alimentación de PVC 2.1/2" | m      | 200              | 3.5                       | 700                    |
| Conector de manguera de 16mm          | unidad | 83               | 0.12                      | 9.96                   |
| Terminal de línea 16mm                | unidad | 83               | 0.12                      | 9.96                   |
| Manómetro                             | unidad | 1                | 17                        | 17                     |
| Venturi 1 1/2"                        | unidad | 1                | 115                       | 115                    |
| Filtro de malla 2 1/2"                | unidad | 1                | 45                        | 45                     |
| Costo de instalación                  |        |                  |                           | 200                    |
| <b>Subtotal</b>                       |        |                  |                           | <b>4512.305</b>        |

## II Costos de producción del cultivo de maíz morado PMV-581

Jornal: S/39.00

Tracción mecánica: \$30.00

|   | Unidad | P.U (\$) | Cantidad | Costo  |
|---|--------|----------|----------|--------|
| <b>1. Costos Directos</b>                                   |        |          |          |        |
| <b>A. Gastos del cultivo</b>                                |        |          |          |        |
| Preparación del terreno                                     |        |          |          |        |
| Aradura   | hr-maq | 30       | 4        | 120    |
| Despaje   | jornal | 14       | 3        | 42     |
| Camas de Producción   | hr-maq | 30       | 2        | 60     |
| Siembra   | jornal | 14       | 4        | 56     |
| Re Siembra  | jornal | 14       | 1        | 14     |
| Labores Culturales  |        |          |          |        |
| Aporque   | jornal | 14       | 9        | 126    |
| Riego y fertilización                                       | jornal | 14       | 10       | 140    |
| Deshierbo   | jornal | 14       | 7        | 98     |
| Control Fitosanitario                                       | jornal | 14       | 17       | 238    |
| Cosecha   |        |          |          |        |
| Corte, despanque, selección                                 | jornal | 14       | 30       | 420    |
|   |        |          |          | 1314   |
| <b>B. Gastos Especiales</b>                                 |        |          |          |        |
| <b>Insumos</b>  |        |          |          |        |
| Semilla   |        | 1.1      | 30       | 33     |
| Agua  |        |          |          |        |
| L1  | m3     | 0.02     | 4807.8   | 96.16  |
| L2  | m3     | 0.02     | 3523.1   | 70.46  |
| L3  | m3     | 0.02     | 2615.4   | 52.31  |
| Pesticidas  |        |          |          | 400    |
| Costo del sistema de riego                                  |        |          |          | 451.2  |
| Nitrate de amonio, fosfato monoamonico y sulfato de potasio |        |          |          |        |
| NPK   | Kg     |          |          | 774    |
| Acidos humicos  |        |          |          |        |
| AH  | Kg     |          |          | 1200   |
| <b>2. Costos indirectos</b>                                 |        |          |          |        |
| Leyes Sociales (46.2% de mano de obra)                      |        |          |          | 607.07 |
| Gastos Administrativos (5% del costo directo)               |        |          |          |        |
| L1 To   |        |          |          | 114.72 |
| L1 AH   |        |          |          | 173.07 |

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| L1 NPK                             | 153.42 |
| L1 NPK + AH                        | 213.42 |
| L2 To                              | 113.43 |
| L2 AH                              | 173.43 |
| L2 NPK                             | 152.13 |
| L2 NPK + AH                        | 212.13 |
| L3 To                              | 112.53 |
| L3 AH                              | 172.53 |
| L3 NPK                             | 131.23 |
| L3 NPK + AH                        | 211.23 |
| Imprevistos (3% del costo directo) |        |
| L1 To                              | 1.91   |
| L1 AH                              | 3.66   |
| L1 NPK                             | 3.08   |
| L1 NPK + AH                        | 4.88   |
| L2 To                              | 1.88   |
| L2 AH                              | 3.68   |
| L2 NPK                             | 3.04   |
| L2 NPK + AH                        | 4.84   |
| L3 To                              | 1.85   |
| L3 AH                              | 3.65   |
| L3 NPK                             | 3.01   |
| L3 NPK + AH                        | 4.81   |

**3. Costos Totales (Costos directos + Costos Indirectos)**

|             |         |
|-------------|---------|
| L1 To       | 3018.06 |
| L1 AH       | 4278.16 |
| L1 NPK      | 3831.93 |
| L1 NPK + AH | 5093.73 |
| L2 To       | 2991.04 |
| L2 AH       | 4252.84 |
| L2 NPK      | 3804.9  |
| L2 NPK + AH | 5066.7  |
| L3 To       | 2971.96 |
| L3 AH       | 4233.76 |
| L3 NPK      | 3765.82 |
| L3 NPK + AH | 5047.68 |