UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA

"FERTILIZACIÓN CALCICA Y APLICACIÓN DE HUMATOS COMERCIALES EN EL RENDIMIENTO DE MAIZ AMARILLO DURO (Zea *mayz* L.) HIBRIDO PM-213; BAJO GOTEO"

Presentada por:

JACKELYNE MERCEDES MÉNDEZ FLORES

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

Lima - Perú

2018

Dedicado a mi familia

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis está dedicada a mis padres Elda y julio, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, a mis queridos hermanos Julio y Renzo por sus consejos y amor incondicional.

Un agradecimiento especial al Ing. Lorenzo Hurtado por su asesoría constante en la realización de la presente tesis, por su apoyo y amistad que me permitieron aprender mucho más que lo estudiado en el proyecto.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCION 1

II. MARCO TEORICO 3

2.1 AGRONOMÍA DEL CULTIVO DE MAÍZ AMARILLO DURO 3
2.2 LA NUTRICIÓN DEL CALCIO 5
2.3 LOS ÁCIDOS HÚMICOS EN LA AGRICULTURA 7
3.1 MATERIALES 17
3.1.1 Ubicación del campo experimental 17
3.1.2 Características del suelo 17
3.1.3 Características del agua de riego 18
3.1.4 Características climatológicas de la zona experimental 18
3.1.5 Módulo de riego por goteo. 23
3.1.6 Maíz amarillo duro: Híbrido PM-213 23
3.1.7 Fertilizantes 24
3.1.8 Ácidos húmicos comerciales 24
3.1.9 Otros materiales 25
3.1.10 Factores en estudio 25
3.2 MÉTODOS 25
3.2.1 Instalación del área experimental 26
3.2.2 Características del ensayo experimental 27
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL 27

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 34

4.1 RESULTADOS GENERALES Y PARÁMETROS AGRONÓMICOS DEL CULTIVO DE MAÍZ AMARILLO DURO PM-213 34
4.1.1 Eficiencia de uso de agua (EUA-kg/m³) 34
4.1.2 Evapotranspiración (ETc) y Coeficiente de Cultivo (Kc) 35
4.1.3 Índice de Área Foliar (IAF) 35
4.1.4 Índice de Cosecha (IC%) 36
4.1.5 Coeficiente de Transpiración (CT) 36
4.2 VARIABLES MORFOLÓGICAS DEL CULTIVO MAÍZ AMARILLO DURO PM-213 36
4.2.1 Variables de crecimiento. 36
4.2.2 Materia seca total y sus componentes: hojas, tallos, mazorcas, panoja y panca 45
4.2.3 Componentes del rendimiento de Maíz Amarillo DuroPM-213 56
4.2.4 Rendimiento comercial de maíz amarillo Hibrido PM-213 57

V. ANALISIS AGRO-ECONOMICO 65

VI CONCLUSIONES 67

VII. BIBLIOGRAFIA: 68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva Característica de Humedad. 19
Figura 2: Disposición de las parcelas experimentales..... 33
Figura 4: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en la altura de planta (m) del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)..... 42
Figura 5 : Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en el área foliar del maíz 43
Figura 6: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en el número de hojas del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)..... 44
Figura 7: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en la materia seca total del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)..... 50
Figura 8: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en la materia seca de hojas del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)..... 51
Figura 9: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en la materia seca de tallo del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)..... 52
Figura 10: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en la materia seca de la mazorca del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.) 53
Figura 11**:** Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en la materia seca de panoja del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)..... 54
Figura 12: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en la materia seca de panca del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)..... 55
Figura 13**:** Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica el número de plantas / m² del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)..... 59
Figura 14: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica el número de mazorca / planta del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)..... 60
Figura 15: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica sobre el peso promedio mazorca (14% de humedad) del maíz amarillo duro PM-213(Zea mays L.)..... 61
Figura 16: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica sobre el Rendimiento comercial del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.) 64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis físico – químico del Suelo..... 20
Tabla 2: Análisis del agua para el riego 21
Tabla 3: Variables climatológicas– Periodo experimental Enero 2013 - Junio 2013 22
Tabla 4: Características de los fertilizantes..... 24
Tabla 5: Programa de fertilización..... 31
Tabla 6: Cronograma del ensayo experimental..... 32
Tabla 7: Resultados y parámetros agronómicos de maíz amarillo duro hibrido PM-213..... 37
Tabla 8: Fenología del Cultivo de Maíz Amarillo y Uso- Consumo del Agua de Riego 38
Tabla 9: Variables de crecimiento de maíz amarillo Hibrido PM-213 41
Tabla 10: Distribución de la materia seca en el maíz amarillo Hibrido PM-213..... 49
Tabla 11: Componentes del rendimiento del maíz amarillo Hibrido PM-213..... 58
Tabla 12: Rendimiento comercial del maíz amarillo Híbrido PM-213..... 63
Tabla 13: Análisis Agroeconómico del rendimiento de maíz amarrillo duro PM-213..... 66

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Altura de planta (m) 73
ANEXO 2 : Área foliar (cm² / planta) 74
ANEXO 3: Número de hojas/ planta 75
ANEXO 4: Materia seca total (gramos /planta) 76,
ANEXO 5: Materia seca de hojas (gramos /planta) 77
ANEXO 6: Materia seca de tallo (gramos /planta) 78
ANEXO 7: Materia seca de mazorca (gramos /planta) 79
ANEXO 8: Materia seca de panoja (gramos /planta) 80
ANEXO 9: Materia seca de panca (gramos /planta) 81
ANEXO 10: Número de plantas / m² 82
ANEXO 11: Número de mazorcas / planta 83
ANEXO 12: Peso promedio mazorca (Gramos) 84
ANEXO 13: Rendimiento comercial (kg/ha) 85
ANEXO 14: Costos de producción del cultivo de maíz amarillo duro PM-213 86

RESUMEN

El presente trabajo trata sobre el efecto de aplicación de ácidos húmicos y del nivel nutricional en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz amarrillo PM-213, bajo condiciones de riego localizado por goteo y en suelos y aguas moderadamente salinas. El ensayo se realizó en la Unidad de Investigación en Riegos, perteneciente al Departamento Académico de Suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, durante los meses de Enero 2013 a Julio 2013. A nivel de campo se probó, en maíz amarrillo duro, dos niveles de ácido húmicos (AH) en base a un testigo no aplicado (0, 120 y 240 l/ha AH). Asimismo, se probaron cuatro niveles crecientes de fertilización cálcica (0, 30, 60 y 90 kg/ha de CaO). Las respuestas en maíz amarillo duro PM 213 indican que la altura de planta, materia seca total y área foliar, no presentan diferencias a la aplicación de ácidos húmicos y a la fertilización cálcica. En la materia seca de mazorcas y de hojas las diferencias estadisticas son significativas. El rendimiento de grano y el número de mazorcas fueron afectados positivamente por la fertilización cálcica. Los rendimientos más elevados de maíz amarillo duro, se presentaron a nivel 60 kg/ha de CaO (11,149 kg/ha) estadísticamente diferente del testigo no fertilizado con incrementos porcentuales de 27.7% respecto al testigo no fertilizado con calcio y el mayor número de mazorcas a nivel de 30 kg/ha de CaO, sin ser diferente de 60 y 90 kg/ha de CaO, en todos los niveles de ácidos húmicos aplicados. El rendimiento de grano y el número de mazorcas, no fue afectado por la aplicación de ácidos húmicos. El consumo de agua durante los 158 días de ciclo vegetativo del cultivo de maíz amarillo duro fue de 5,685 m3/ha, con un rendimiento comercial promedio de 10,066 kg/ha de maíz grano, determinando una Eficiencia de Uso de Agua (EUA) de 1.77 kg de maíz grano producidos por m3 de agua aplicados. Asimismo, los parámetros agronómicos que caracterizan al cultivo de maíz amarillo indican un Índice de área Foliar (IAF) de 6.92 m2/m2 de, un Coeficiente de Transpiración (CT) de 195.9 l/kg, un Indicé de Cosecha (IC) de 40.8 % y una Evapotranspiración del Cultivo (ETc) de 512.1 mm/campaña. El análisis agroeconómico indica que los mayores índices de rentabilidad (IR%) se presentan con la fertilización cálcica y sin la aplicación de ácidos húmicos, con IR% entre 54 y 62 %. Conforme se eleva la dosis de aplicación de ácidos húmicos la rentabilidad disminuye. El menor índice caracteriza al testigo no fertilizado con calcio con 9.3% de rentabilidad. El mayor índice de rentabilidad para ácidos húmicos se presenta a nivel del testigo no aplicado con AH siendo el IR de 51.7%. Asimismo, el menor índice caracteriza al nivel de 240 litros/ha de AH con un IR de -0.2%.

Palabras claves: ácido húmico, materia seca, fertilización calcia, índice de rentabilidad.

SUMMARY

The present work deals with the effect of application of humic acids and nutritional level on growth and yield of maize yellow PM-213, under conditions of localized irrigation and drip in soil and water moderately salinas. The trial was conducted in the Research Unit in irrigation, belonging to the Academic Department of Soils of the National Agrarian University La Molina, during the months of January 2013 to July 2013. At the field level was tested, in corn yellow hard, two levels of acid humic acids (AH) on the basis of a witness not applied (0, 120 and 240 l/ha AH). Also, were tested four increasing levels of fertilization calcium (0, 30, 60 and 90 kg/ha of CaO. The answers in hard yellow corn PM 213 indicate that the plant height, total dry matter and leaf area, do not present differences in the application of humic acids and to fertilization Calcium, In the dry matter of ears and leaves the statistical differences are significant. The grain yield and the number of ears were positively affected by the fertilization calcium. The highest yields of hard yellow corn were presented to level 60 kg/ha of CaO (11,149 kg/ha) statistically different from the witness not fertilized with percentage increases of 27.7% with respect to the warning light does not fertilized with calcium and the largest number of ears at the level of 30 kg/ha of Ca. The water consumption during 158 days of vegetative cycle of the cultivation of hard yellow corn was 5,685 m3/ha, with 10,066 kg average commercial yield / there is of corn grain, determining an Efficiency of water Use (EUA) of 1.77 kg of corn grain produced for m3 of water applied. Also, the agronomic parameters that they characterize to the cultivation of yellow corn indicate an area Index to Foliate (IAF) of 6.92 m2/m2 of, a Coefficient of Transpiration (CT) of 195.9 l/kg, an Indicé of Harvest (IC) of 40.8 % and an Evapotranspiration of the Cultivation (Etc) 512.1 mm/campaign. The analysis agroeconómico indicates that the highest rates of profitability (GO%) presented with fertilization calcium and without the application of humic acids, with IR% between 54 and 62 %. As it raises the rate of application of humic acids profitability declines. The lowest index characterizes the warning light does not fertilized with calcium with 9.3% of profitability. The highest rate of profitability for humic acids is at the level of the witness not applied with ah being the GO of 51.7%. Also, the lower index characterizes the level of 240 liters/ha ah with an IR -0.2%.

Key Words: húmic acid, dry material, calcic fertilization, profitability index.

I. INTRODUCCION

El maíz (*Zea mayz* L.), es una especie oriunda del continente americano y constituye uno de los aportes más valiosos dados por este continente a la humanidad. Hoy en día, existe una gran cantidad de variedades de maíz cultivadas con distintos fines, entre los que destaca el maíz amarillo duro, el cual es la base de la industria avícola y porcina nacional, y su demanda excede la oferta nacional, lo que obliga a importar el 60 – 65 % del requerimiento total, con un egreso de divisas que supera los 120 millones de dólares americanos (INEI).

El crecimiento de la industria avícola es el motor que impulsa un mayor consumo de maíz, en los últimos años, la producción de maíz amarillo duro en el Perú ha crecido considerablemente. Así, por ejemplo, según datos del **MINAGRI, (2015)** en el año 2011 la producción era de 1,260.1 TM, y en el 2015 fue de 1,438.6 TM, en cuanto al rendimiento agrícola nacional se tuvo 4,500 kg/ha en 2011, mientras que en el 2015 se obtuvo 4,800 kg/ha, el cual representa 216, 246 ha de superficie cosechada.

Cabe resaltar que en cuanto a rendimiento los mejores resultados registrados están en los departamentos de Ica, Lima metropolitana y La Libertad. Sin embargo, promedio nacional, este se ve afectado negativamente por el rendimiento obtenido en algunos departamentos, como puno, Huancavelica y Cusco, ya que, en los departamentos de la costa, con un mejor manejo y nuevos híbridos. Los programas de fertilización en la costa peruana, se basan en la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio, sin contemplar la aplicación periódica y sostenida de otros elementos esenciales como el calcio, macronutriente esencial por su participación en la formación de paredes celulares, lámina media de membranas celulósicas y cofactor de muchas enzimas y por su efecto como agente detoxificante, paliando los efectos de estreses bióticos y abióticos, entre ellos, el estrés hídrico por déficit o sequía, muy común en las zonas áridas. Sostiene que el calcio está involucrado en la elongación, jugando un rol importante en la división celular, por lo que se le atribuye efectos benéficos en lo que respecta a la dureza y firmeza del fruto. **(Bennett, 1994)**.

De otro lado, los ácidos húmicos moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de la materia orgánica, influye en la fertilidad del suelo por su efecto en el aumento de su capacidad de retener agua, contribuyen significativamente a la estabilidad y fertilidad del suelo resultando en un crecimiento excepcional de la planta y en el incremento en la absorción de nutrientes. Es por eso, que el propósito del presente estudio es conocer el comportamiento en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz amarrillo duro híbrido PM-213 a la aplicación de humatos de potasio enriquecidos biológicamente con microorganismos eficientes y a la aplicación de calcio, macro nutriente esencial de primer orden.

Objetivos

Determinar la respuesta del nivel de calcio en el crecimiento y rendimiento de maíz amarrillo duro PM-213, bajo riego por goteo.

Determinar los efectos de interacción entre la fertilización cálcica y aplicación de humatos comerciales.

Determinar los parámetros agronómicos del cultivo del maíz amarrillo duro PM-213, bajo riego por goteo.

II. MARCO TEORICO

2.1 Agronomía del cultivo de maíz amarillo duro

El maíz (*Zea mayz L.*) es el único cereal importante nativo del hemisferio occidental. Originario de México, se extendió al norte, hasta Canadá y al sur hasta Argentina. Después del descubrimiento de América se distribuyó rápidamente a Europa, África y Asia **(Gonzales, U. 1995).** La planta de maíz posee un conjunto de genes que determinan su potencial de producción. Este potencial solo se expresa en condiciones ideales que no se encuentran en la naturaleza, por lo que a lo más que se puede aspirar es a un crecimiento y desarrollo (y rendimiento) que dependa del nivel de restricción que tengan los factores asociados al suelo y al clima en el agro ecosistema. A este rendimiento lo llamaremos máximo probable porque no es un valor constante, sino que varía en función al clima, principalmente de la disponibilidad de agua en las regiones de temporal, y del manejo adecuado, particularmente de la fertilización en las zonas de riego **(Colegio de Postgraduados, 2008)**. La planta se desenvuelve bien en la mayoría de los suelos, pero en los suelos arcillosos, muy densos y pesados, y en los muy arenosos ocurre lo contrario. El suelo debe estar perfectamente bien aireado y bien drenado, porque el cultivo es susceptible al encharcamiento. Las necesidades de fertilizante para el maíz de grano son relativamente elevadas, llegando, para las variedades de alta producción, hasta 200 kg N/ha, 50 a 80 kg P_20_5/ha y 60 a 100 kg K_20 /ha. En general, el cultivo se puede producir en forma continua, siempre que se mantenga la fertilidad del suelo (**Convenio INAF-INIPA, 1985)**. El maíz tiene una gran necesidad de sustancias nutritivas y se caracteriza por su elevada capacidad de asimilarlas, de ahí que para obtener una buena cosecha de maíz es indispensable suministrarle al suelo las sustancias nutritivas necesarias para la planta. Entre estas figuran especialmente el nitrógeno, el ácido fosfórico y el potasio **(Glanze, 1977)**.

Manrique y Nakahodo (1980). Mencionan que comparando híbridos comerciales de maíz en tres zonas Cañete, Chincha y Paramonga, encontraron: En la zona de Cañete, los híbridos PM-212 (5,973 kg/ha) y PENTA 1070 (5,200 kg/ha) que alcanzaron los mayores rendimientos; en la zona de Chincha, el híbrido PM 204 alcanzó el mayor rendimiento (7,632 kg/ha); y, en la zona de Paramonga, el híbrido PENTA 1070 alcanzo el mayor rendimiento (7,030 kg/ha).

En general el híbrido NH 1808 alcanzó el menor rendimiento en las tres zonas (4,056 kg/ha). **Concha (2007).** Estudiando la respuesta a la fertilización nitrogenada, fosforada y potásica en el rendimiento de tres híbridos de maíz amarillo duro bajo riego por goteo determino que el rendimiento más elevado de (9,641.6 kg/ha) de maíz amarillo duro, se presentó a nivel de 180-60-120 de N-P2O5-K2O, siendo el incremento de 52.4 % respecto al testigo no fertilizado con un rendimiento de (6,325.7 kg/ha). Asimismo, la diferencia porcentual del 28.3 % respecto del nivel 60-20-40 de N-P2O5-K2O. También, el incremento fue de 28.5% respecto del nivel máximo de fertilización con 240-80-160 de N-P2O5-K2O. Finalmente el volumen de agua para los híbridos de maíz en estudio fue de 4,228.4 m³/ha durante 123 días por el sistema de riego por goteo. La eficiencia Total de Uso de Agua (EUA), alcanzó en promedio 2.9 kg/m3 y el Coeficiente de Transpiración (CT) a Lt/kg de materia seca.

Vásquez (2007). Estudiando la respuesta a la fertilización nitrogenada y a la aplicación de zinc en el rendimiento de maíz híbrido PM-702 bajo riego por goteo, encontró diferencias altamente significativas a la fertilización nitrogenada y no encontró respuesta a la aplicación de zinc. A nivel del testigo sin nitrógeno el rendimiento fue de (6.32 t/ha). El aporte de 60 unidades de nitrógeno elevo el rendimiento a (8.24 t/ha) de maíz grano, logrando una respuesta equivalente de 32 kg/ha de maíz grano por cada unidad adicional de nitrógeno. A nivel de 120 kg/ha de nitrógeno el rendimiento es de (8.95 t/ha), logrando una respuesta equivalente de 21.9 kg/ha de maíz grano por unidad adicional de nitrógeno aplicado. A nivel de 180 kg/ha de nitrógeno el rendimiento es de (8.36 t/ha) de maíz grano y la respuesta equivalente disminuye a 11.3 kg de maíz grano por unidad adicional de nitrógeno aplicado. Finalmente, a nivel de 240 kg/ha de nitrógeno el rendimiento es de (7.7 t/ha) y la respuesta equivalente se reduce a 5.7 kg/ha de maíz grano por unidad adicional de nitrógeno aplicado, lo cual enmarca la respuesta dentro de la conocida relación insumo producto de Mitcher Lish. Asimismo, **Hurtado (1979),** comenta que en un ensayo sobre fertilización nitrogenado y maíz hibrido PM-204 probo cuatro niveles de nitrógeno; 0-60-120-240 kg/ha de N encontró que el incremento en el rendimiento del maíz grano fue de 31%, 48% y 54% respecto al testigo no fertilizado con nitrógeno, presentándose los mayores rendimientos (7,464 kg/ha) a nivel de 10 kg/ha de nitrógeno bajo irrigación alta y constante, en cambio cuando el nivel de humedad fue medio fueron necesarios 240 kg/ha de nitrógeno para lograr el máximo rendimiento de (7,108 kg/ha). Bajo condiciones de un nivel de humedad bajo el rendimiento fue menor a nivel de 240 kg/ha de nitrógeno (5,417 kg/ha), bajo riego por superficie.

2.2 La nutrición del calcio

La deficiencia de calcio se caracteriza por una reducción en el crecimiento de los tejidos meristemáticos los cuales se deforman y se ponen cloróticos. El tejido afectado se ablanda debido a la ruptura de las paredes celulares, colapsando las células de la parte distal del fruto y/o presentando manchas necróticas, **(Mengel y Kirkby, 1978).** En situaciones de transpiración reducida, el flujo de la xilema depende, sobre todo, de la presión radicular, por lo que la absorción cálcica dependerá de la disponibilidad de agua en el entorno radicular. Por esta razón, en soluciones salinas con elevada presión osmótica, se reduce el transporte de calcio originando los trastornos nutricionales ya citados **(Adams, 1966).**

La riqueza del calcio total en la materia seca de las plantas oscila entre 0.1 a 10.0por ciento y que su concentración depende básicamente de su localización en la planta y el tipo de especie vegetal. Así las plantas absorben más calcio si en el suelo predomina el nitrato como fuente de nitrógeno para la absorción de las plantas **(Chapman y Prat, 1979).**

El contenido de calcio en las plantas es alto, variando significativamente de un cultivo a otro 0.5 a 3 por ciento de la riqueza en la materia seca total. Asimismo, menciona que el calcio en la planta se encuentra como ión libre o combinado con grupos de escasa movilidad. El calcio puede ser absorbido sólo por las partes jóvenes de la raíz, constituyendo los espacios intercelulares la vía de entrada del mencionado elemento **(Dominguez, 1967).**

Devlin (1976). Afirma que el calcio es importante en las plantas por su participación en las paredes celulares en forma de pectatos de calcio, por lo que la lámina media de las membranas celulósicas está formada básicamente por pectatos de calcio y magnesio.

El calcio es constituyente de las membranas celulares y actúa como cofactor de varias enzimas **(Barceló, 2005).** Una alta proporción de calcio se localiza en las paredes celulares, existiendo dos áreas con altas concentraciones de este elemento: lámina media y superficie exterior de la membrana plasmática. En ambas áreas, el calcio tiene función estructural, específicamente regulando la permeabilidad y los procesos relacionados al fortalecimiento de las paredes celulares. La proporción de pectatos de calcio en la pared celular es importante ya que determina la susceptibilidad a infecciones fungosas y a la madurez del fruto, **(Marschner, 1997).**

El calcio es importante en la síntesis de pectina de la lámina media, ya que proporciona rigidez a la pared celular. Además, señala que las regiones meristemáticas son las primeras afectadas por efecto de la deficiencia de calcio, debido a que una reducción de este elemento, limita la formación de nuevas paredes celulares, imposibilitando la pared celular (**Bidwell, 1993).** Asimismo, actúa en la planta como componente estructural de las paredes y membranas celulares y como cofactor de varias enzimas, menciona que el calcio es importante en la síntesis de pectina de la lámina media de la pared celular, dándole rigidez a la pared misma. Además, señala que las regiones meristemáticas son las primeras afectadas por la deficiencia de calcio, ya que una reducción del elemento impide la formación de nuevas paredes celulares con los que se imposibilita la división celular y por tanto un crecimiento normal (**Barceló, 2005).**

El calcio se encuentra en tejidos vegetales como calcio libre y como calcio absorbido a los iones carboxílicos, fosfóricos y grupos fenólicos e hidroxilos. También está presente en los oxalatos, carbonatos y fosfatos de calcio **(Marschner, 1982**). El contenido de calcio en las plantas varía entre 0.1 a 5 por ciento del peso seco, dependiendo de las condiciones de crecimiento y especie vegetal (**Marschner, 1997).** Está involucrado en la elongación y división celular, además de tener influencia sobre el pH y la permeabilidad de las mismas. También actúa, como ión regulador en la translocación de los carbohidratos y juega un rol importante en la mitosis celular, por lo que se le atribuye efectos benéficos en lo que respecta a la dureza y firmeza del fruto, así como la formación de semillas, además de actuar como activador enzimático **(Bennett, 1994).** El calcio es un catión divalente relativamente grande cuyo ingreso al apoplasto se realiza en forma pasiva (sin gasto de energía). La movilidad d este elemento en el medio celular y entre células es restringida, encontrándose mayormente acomplejado en estructuras de la pared y membrana celular, formando enlaces que responden a las variaciones medioambientales. No es tóxico, aún en altas concentraciones. Por el contrario, el calcio actúa como agente detoxificante, paliando los efectos estresantes de altas concentraciones de elementos minerales en las plantas **(Marshner, 1997).**

Hopkins (1995). Una vez incorporado a la savia bruta, se dirige preferentemente a las partes de la planta de mayor transpiración, de este modo cuando la transpiración es intensa y la entrada de calcio insuficiente, los órganos de bajo índice de transpiración (frutos y hojas jóvenes) presentan una carencia localizada de este elemento, ya que el calcio apenas se retransporta vía floema, ello provoca la aparición de trastornos nutricionales tales como "blossomendrot" (BER) en tomate, pimiento y sandía, "bitterpit" en manzana, "tipburn" en

lechuga, “encamado” en tulipanes, “corazón negro” en apio, “rumple” en limón, “vitrescencia” en melón, etc., debidos, más que a una baja absorción, a la limitada capacidad de las plantas para regular la distribución interna de calcio en relación con la demanda de órganos de baja transpiración; hojas de rápido crecimiento, tubérculos, frutos. Menciona que un incremento en la concentración de calcio en la concentración externa lleva a un incremento en el nivel de calcio en las hojas, pero no necesariamente en los órganos de baja transpiración como frutos carnosos o tubérculos que son alimentados principalmente vía floema. El calcio, como catión Ca^{+2}, entra en el apoplasto (canales entre paredes celulares y células adyacentes) y es ligado en forma intercambiable en las paredes celulares y en la superficie interior de la membrana plasmática. La absorción del calcio, queda restringida al movimiento apoplástico, solo permitido en las raíces jóvenes no suberizadas. De ahí la importancia de mantener una continua actividad radicular para fortalecer una adecuada asimilación cálcica, constituyendo probablemente la forma más efectiva de optimizarla. Así, interesa todo aquello que refuerce la actividad radicular, como el empleo de enraizantes, materia orgánica fácilmente degradable (que incrementa la actividad de los microorganismos del suelo, fortaleciendo la rizósfera, mejorando la macro estructura del suelo, facilitando el lavado de iones antagónicos con calcio como es el sodio e induciendo un desarrollo constante de la raíz), óptimo manejo hídrico y nutricional, optimización de la temperatura de suelo/sustrato, etc. Cualquier factor que impida el crecimiento de nuevas raíces (aireación pobre, temperaturas bajas, enfermedades o plagas del suelo, etc), puede inducir la deficiencia de calcio. Esto puede explicar que desórdenes relacionados con el calcio se produzcan a menudo en suelos adecuadamente provistos de calcio y que las condiciones agroclimáticas puedan ser el factor decisivo **(Clarkson, 1985)**.

El calcio se encuentra en mayor proporción en hojas y tallos que en semillas y frutos. Sus contenidos dependen directamente del calcio asimilable presente en el entorno radical y de la presencia de otros cationes en la disolución (que interaccionan en su absorción). Los altos contenidos presentes en plantas superiores están más relacionados con los elevados niveles presentes en la disolución del suelo que con la eficacia del mecanismo de absorción cálcica por las células de la raíz **(Gil, 1995).**

2.3 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).** Al respecto, **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 macro elementos 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. 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). Menciona 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. Al respecto, **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 azucares, aminoácidos y otras moléculas pequeñas y sustancias húmicas. El termino 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 ($NH4^+$) y los aniones ($NO3^-$) sean fijados a través de intercambio catiónico y así se evita la lixiviación. El fósforo es fijado por las sustancias húmicas formando fosfo humatos. 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.

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)

Pettit (2008). El crecimiento de las plantas está afectado directa e indirectamente por las sustancias húmicas. Los efectos indirectos, son los factores que proporcionan la energía para los organismos benéficos en el suelo, influyen en la capacidad retentiva del agua del suelo, influyen en la estructura del suelo, liberan nutrientes de las plantas desde los minerales del suelo, aumentan la disponibilidad de los minerales, y, en general, mejoran la fertilidad del suelo. Los efectos directos incluyen aquellos cambios en el metabolismo de la planta que se producen tras la absorción de las macromoléculas orgánicas, tales como los ácidos húmicos y los ácidos fúlvicos. Una vez que estos compuestos entran en las células vegetales, varios cambios bioquímicos ocurren en las membranas y los diversos componentes citoplasmáticos de las células vegetales.

La absorción de los nutrientes más importantes de las plantas es facilitada por las sustancias húmicas. Un efecto estimulante de las sustancias húmicas en el crecimiento de las plantas es mejorando la absorción de nutrientes más importantes de las plantas: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Los cultivadores podrían reducir sus necesidades de fertilizantes y retener los ingredientes fertilizantes dentro de las zonas de enraizamiento de las plantas mediante la aplicación de fertilizantes a base de humatos. Otro mecanismo clave, que maximiza la eficiencia de los fertilizantes y se refiere a una función de las sustancias húmicas, es la reducción en la toxicidad y la lixiviación de los compuestos nitrogenados en el agua del subsuelo. La aplicación de ácidos húmicos (AHS) o ácidos fúlvicos (AF) a las semillas aumentará la germinación de la semilla; resultando en mayores tasas de germinación de semillas. Para que la germinación mejorada se produzca, las sustancias húmicas deben estar presentes dentro de las células de las semillas. Como las sustancias húmicas entran en las células de las semillas, aumenta la tasa de respiración y los procesos de división celular se aceleran. Estos mismos procesos respiratorios mejoran el desarrollo del meristemo de la raíz y activan otros puntos de crecimiento en las plantas jóvenes. Sin embargo, las concentraciones excesivas de ácidos húmicos (AHS) y/o ácidos fúlvicos (AF) pueden inhibir la germinación de las semillas y en altas concentraciones puede matar las plantas jóvenes.

Las sustancias húmicas tienen una influencia muy significativa en el crecimiento de las raíces de las plantas. Para un crecimiento óptimo de la planta, los ácidos húmicos (AHS) y los ácidos fúlvicos (AF) deben ser aplicados en concentraciones relativamente bajas.

La aplicación de ácidos húmicos (AHS) o ácidos fúlvicos (AF) en combinación con minerales traza y otros nutrientes de las plantas, como pulverizaciones foliares, puede mejorar el crecimiento del follaje de las plantas, raíces y frutos. Al aumentar los procesos de crecimiento de las plantas, se produce un aumento en hidratos de carbono en el contenido de las hojas y tallos. Estos hidratos de carbono son transportados desde los tallos hasta las raíces donde son en parte liberados para proporcionar nutrientes a los microorganismos del suelo tanto en el rizoplano como en la rizósfera. Los microorganismos, a su turno, liberan ácidos y otros compuestos orgánicos que aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Dentro de 8 horas después de las aplicaciones de las sustancias húmicas, se detectan cambios en diferentes procesos metabólicos. La mejora en la producción de carbohidratos puede resultar en una mejor calidad del producto o en el aumento de los rendimientos.

Los foliares en base a sustancias húmicas aplicadas en las hojas jóvenes en crecimiento activo, resultan en un mayor aumento en el crecimiento de las plantas en comparación con las aplicaciones foliares a las hojas de plantas mayores.

La absorción de los ácidos húmicos de peso molecular alto (AHS) por las raíces es principalmente pasiva, mientras que la captación de pequeños ácidos fúlvicos (AF) polímeros es principalmente metabólica. Los estudios radiactivos de carbono indican que la mayor concentración de sustancias húmicas se acumula en las paredes celulares.

Los ácidos húmicos (AHS) y los ácidos fúlvicos (FAS) tienen efectos directos sobre las membranas celulares de las plantas. Los ácidos húmicos (AHS) aumentan la permeabilidad, lo cual facilita que los elementos minerales avancen y retrocedan a través de las membranas celulares, resultando en un mayor transporte de varios nutrientes minerales a los sitios de necesidad metabólica. Cuando los ácidos húmicos (AHS) y los ácidos fúlvicos (FAS) se aplican a las hojas de las plantas el contenido de clorofila de las hojas aumenta. A medida que aumenta la concentración de clorofila se produce un aumento correlacionado en la absorción de oxígeno. Los ácidos orgánicos [ácidos húmicos (AHS) y ácidos fúlvicos (FAS)] también aumentan la concentración de los ácidos ribonucleico mensajero (ARNm) en las células vegetales. Algunos de los componentes moleculares de las sustancias húmicas actúan para regular las hormonas de crecimiento de las plantas. Tanto los ácidos húmicos (AHS) como los ácidos fúlvicos (AF) inhiben la enzima oxidasa ácido Indol Acético (IAA-oxidasa), impidiendo la destrucción del IAA. El regulador del crecimiento vegetal, ácido Indol Acético

(IAA) realiza muchas funciones importantes dentro de distintas partes de las plantas en crecimiento. Cuando el IAA se encuentra protegido de las enzimas degradantes de la IAA, el IAA continúa estimulando los procesos de crecimiento.

Las sustancias húmicas aumentan la producción de trifosfato de alta energía de adenosina (ATP) dentro de las células vegetales. **Seen y Kingman (1973),** expresa que los efectos de las sustancias húmicas en la germinación de la semilla y en el desarrollo de la plántula han sido estudiados por numerosos investigadores en donde se asume comúnmente que como las sustancias húmicas afectan en los estados de crecimiento en la planta, el rendimiento final también se ve afectado, así como el efecto positivo de las sustancias húmicas sobre el crecimiento de varios grupos de microorganismos atribuyéndose este efecto a la presencia de hierro en los ácidos húmicos o a su naturaleza coloidal, considerándolas también como catalizadores orgánicos. **Khristeva (1968),** las sustancias húmicas que ingresan a las plantas 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 mejor desarrollo y finalmente la producción de materia seca se incrementa. Al respecto, **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. **Sladky et al. (1959),** expresa que las sustancias húmicas parecen que tuvieran un mayor efecto en las raíces que en la parte aérea de la planta. De otro lado, **Fortum et al. (1982),** concluye que las concentraciones óptimas para el efecto estimulante de las sustancias húmicas respecto al desarrollo radicular es el mismo cuando los compuestos son del tipo de ácido húmico (sustancias extraídas con reactivos alcalinos y precipitables en medios ácidos), independientemente de que su tamaño molecular y su composición sea diferente, y tanto o más positivo cuando menor es la concentración utilizada. **Lee y Bartlett (1976),** estudiaron la estimulación del crecimiento de plántulas de maíz y encontraron respuesta optima cuando se aplicaron 8 mg/l de sustancias húmicas. El incremento en el crecimiento de las plántulas fue de 30 a 50 por ciento en suelos bajos en materia orgánica.

Senn y Kingman (1973). El efecto estimulatorio de las sustancias húmicas en el crecimiento de las plantas ha sido comúnmente relacionado 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. **Duplessis y Kenzie (1983),** utilizando como cultivo experimental maíz, observaron que la extracción de fósforo y nitrógeno se incrementó, cuando se aplicó leonardita en un suelo arenoso, pero no tuvo efecto cuando se adiciono en un suelo arcilloso. **Seen y Kingman (1973)** en el cultivo de girasol encontraron que la presencia de ácido húmico incremento el contenido porcentual y cantidad total de nitrógeno.

Fernandez (1968), reportó que el ácido húmico extraído de estiércol incrementó la tasa de absorción de nitrógeno en todas las dosis de aplicación estudiadas, mientras que el ácido húmico extraído de turba mostró una actividad similar, pero con dosis bajas. Diferentes autores concluyeron que efecto estimulatorio en el crecimiento por las sustancias húmicas en el medio radicular es debido a un incremento en la absorción de fósforo.

En lo que se refiere al potasio, **Tan (1978),** señaló, que tanto los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos son capaces de liberar el potasio en arcillas silicatadas como la illita y montmorillonita. **Seen y Kingman (1973)**, señalan que los micronutrientes que tiene un rol importante en las plantas están ligados con sustancias húmicas en forma de quelatos. Al respecto **Vaughan (1974),** expresa que la notación de que las sustancias húmicas pueden actuar como hormonas de crecimiento ha guiado a muchos científicos a investigar su influencia en la actividad enzimática particularmente en el metabolismo del ácido indo acético. Asimismo, **Ortega et al. (1979),** mencionan que los efectos en las plantas son similares a la auxina, en el caso de las sustancias húmicas preparadas a partir de la leonardita. Sin embargo, el comportamiento auxínico es diferente según su procedencia. La afirmación de que las sustancias húmicas pueden tener un efecto en el crecimiento de las plantas, implica que este material es absorbido por las plantas. **Prat y Pospisil (1959)** observaron que el ácido húmico se acumulaba en las raíces de plantas de maíz y remolacha azucarera, solamente una fracción pequeña de material marcado fue transportado de las raíces a la parte aérea. Algunos

investigadores muestran que el ácido fúlvico es transportado a la parte aérea en mayor grado que los ácidos húmicos.

Pettit (2008). Los organismos benéficos del suelo carecen de aparato de fotosíntesis para capturar la energía del sol y, por lo tanto, deben sobrevivir del carbono residual contenido en las sustancias que se hallan sobre o dentro del suelo. Un suelo fértil y sano debe tener suficiente cantidad de compuestos carbonatados para mantener los miles de millones de formas de vida microscópicas necesarias para una planta sana y fecunda. Un suelo vivo es un suelo sano y fértil. La función más importante de las sustancias húmicas en el suelo es su capacidad para retener agua. Debido a su gran área superficial y a sus cargas eléctricas internas, las sustancias húmicas funcionan como esponjas de agua.

Las sustancias húmicas son componentes clave de una estructura friable del suelo (suelo suelto). Como las sustancias húmicas están íntimamente asociadas con la fracción mineral del suelo, se forman complejos coloidales de agregados humus-arcilla y limo-humus. Estos agregados se forman por procesos eléctricos que aumentan las fuerzas cohesivas que causan partículas de suelo muy finas y componentes de arcilla que se atraen entre sí. Una vez formados estos agregados ayudan a crear una conveniente estructura de agregados en la capa superior del suelo, por lo que es más suelto. Con el fin de conservar las sustancias húmicas, los cultivadores de suelo necesitan aplicar prácticas de producción que impidan su descomposición. Los productores deben desarrollar prácticas que conservan el tiempo de residencia de las sustancias húmicas: minimizar el uso de pesticidas, el arado profundo, y mezclar los residuos de cultivos en la parte superior del suelo mediante el uso de prácticas de labranza mínima. También la degradación o la inactivación de sustancias tóxicas está condicionada por la presencia de sustancias húmicas. Las sustancias húmicas han cargado eléctricamente sitios en sus superficies que funcionan para atraer e inactivar los plaguicidas y otras sustancias tóxicas. Las sustancias húmicas actúan como tampón (neutralizan) el pH del suelo y liberan dióxido de carbono. Una vez que el suelo se neutraliza, muchos elementos trazas anteriormente enlazados al suelo y no disponibles para las raíces de plantas debido a las condiciones alcalinas o ácidas, empiezan a ser disponibles para las raíces de las plantas. Las sustancias húmicas también liberan dióxido de carbono (CO_2) de los carbonatos de calcio presentes en el suelo. El CO_2 liberado puede ser absorbido por la planta o puede formar ácidos carbónicos. Los ácidos carbónicos actúan sobre los minerales del suelo para liberar los nutrientes de las plantas. Las enzimas del suelo (proteínas complejas) son estabilizadas por las sustancias húmicas en el suelo a través de enlaces covalentes. La

estabilización hace que estas enzimas se encuentren menos expuestas a la degradación microbiana. A medida que los potenciales patógenos de las plantas liberan enzimas diseñadas para romper las defensas de la planta, las enzimas patógenas empiezan a ser enlazadas a las sustancias húmicas. Las sustancias húmicas funcionan para ayudar a estabilizar la temperatura del suelo y reducir la tasa de evaporación del agua. Dado que el agua está enlazada a las sustancias húmicas y dado además que las sustancias húmicas reducen las fluctuaciones de temperatura, la humedad del suelo es menos probable que se libere en la atmósfera. Ambos grupos de complejos ácidos orgánicos, los ácidos húmicos (AHS) y los ácidos fúlvicos (AF) han demostrado estar involucrados en tres reacciones químicas específicas. Estas reacciones se denominan comúnmente: (1) atracción electrostática (columbus), (2) formación de complejos o quelación, y (3) puentes de agua. La atracción electrostática de los minerales traza reduce su lixiviación en el subsuelo. La atracción electrostática de los cationes metálicos a los sitios aniónicos de la sustancia húmica evita la lixiviación de estos iones hacia el subsuelo. El catión es fácilmente disponible en el ambiente del suelo para ser transportado dentro de las raíces de las plantas o intercambiado por otro catión metálico. Los sitios de carga eléctrica en las sustancias húmicas funcionan para disolver y enlazar los minerales traza. Cuando una reacción compleja con cationes metálicos se produce en la superficie de la sustancia húmica se denomina quelación. Estos minerales se convierten entonces en disponibles para su absorción por las raíces de las plantas. La quelación de los nutrientes de las plantas tales como el hierro (Fe), el cobre (Cu), el cinc (Zn), el magnesio (Mg), el manganeso (Mn), y el calcio (Ca) reduce su toxicidad como cationes, impide su lixiviación, y aumenta su tasa de absorción por las raíces de las plantas. El proceso de quelación también aumenta el flujo de masa de los elementos minerales micronutrientes de la raíz. La quelación de elementos metálicos pesados y tóxicos presentes en el suelo está también influenciada por la presencia de las sustancias húmicas. Cuando los metales pesados tóxicos tales como el mercurio (Hg), el plomo (Pb) y el cadmio (Cd) se encuentran quelatados, estos complejos órgano-metálicos se vuelven menos disponibles para ser absorbidos por la planta. El puente de agua por sustancias húmicas implica la atracción de una molécula de agua seguida por la atracción de un catión de un elemento mineral (Simplemente ilustrado por (-COO - H2O - Fe +) en un sitio aniónico en los polímeros de los ácidos húmicos (AH) o ácidos fúlvicos (AF). Estos mecanismos también ayudan a reducir la lixiviación de los nutrientes para las plantas hacia el subsuelo. En la ausencia de sustancias húmicas los elementos minerales traza se convierten en precipitados insolubles, tales como los carbonatos de metales, óxidos, sulfuros, e hidróxidos. Así, la

presencia de ácidos húmicos (AH) y ácidos fúlvicos (AF) en el suelo inhiben el desarrollo de nuevos minerales en el suelo. Los suelos deficientes en sustancias húmicas pueden contener hierro en dosis adecuadas, sin embargo, el hierro presente es frecuentemente enlazado de tal manera que hace que no esté disponible para las raíces de las plantas. Paralelamente la concentración de ácidos fúlvicos (AF) aumenta dentro del suelo. La cristalización de los metales de transición es retrasada primero y luego inhibida a concentraciones altas de ácidos fúlvicos (AF). La presencia de sustancias húmicas en suelos salinos (aquellos suelos que contienen altas concentraciones de sal, cloruro de sodio, por ejemplo) ayuda en la transmutación de los iones de sodio. La adición de sustancias húmicas a suelos que contienen sales excesivas puede ayudar a reducir la concentración de las sales. Al reducir el contenido de sal de la tierra su fertilidad y su salud puede ser "devuelta" para proporcionar un entorno más propicio para el crecimiento de las raíces de las plantas. **Benavides (1987),** define a las sustancias húmicas como sustancias orgánicas que ocurren naturalmente, son heterogéneos y pueden ser categorizados con un color amarillo a negro de alto peso molecular. Las sustancias húmicas se encuentran en todos los suelos, sedimentos y aguas. Las sustancias húmicas han sido divididas en dos grupos de acuerdo a su solubilidad en soluciones acidas y básicas concentradas: Ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas. Los ácidos húmicos son moléculas más grandes y complejas que los ácidos fúlvicos, además presentan contenidos más altos de nitrógeno, pero menor número de grupos funcional.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación se realizó bajo condiciones de campo en la Unidad e Investigación en Riegos, que pertenece al Departamento Académico de Suelos de la Facultad de Agronomía, ubicados en la Universidad Nacional Agraria la Molina, que presenta la siguiente ubicación geográfica Latitud: S 12°05´06" Longitud: W 76°75´00" Altitud: 238 m.s.n.m

3.1.2 Características del suelo

El suelo donde se realizó la parte experimental, está clasificado según la Taxonomía de Suelos (11° Edicion-2010) como Typic Unstifluvent (Entisoles de origen fluvial y régimen de humedad Ustic-Fluvisoles irrigados) y se encuentra ubicado en una terraza media del valle del Rímac, estos suelos son profundos, de estructura granular media, presenta drenaje y permeabilidad modera, una textura franco arenoso y tienen baja CIC y bajo contenido de materia orgánica. Los suelos de la Molina presentan tres horizontes de límite gradual definidos como Ap-C-IIC, de profundidad variable, se generalizan para los suelos de la serie La Molina. Para determinar las características físico-químicas del área en estudio se realizó un muestreo al azar y las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Los resultados que se muestran en la tabla1, indican un contenido de sales moderado (CEe = 6.2 ds/m), lo cual podría limitar el rendimiento del cultivo. El análisis mecánico de las fracciones minerales indica una clase textural franco arenosa, lo cual tipifica a este suelo con una moderada capacidad de retención de humedad y con buena aireación. El pH indica que es un suelo ligeramente básico (7.8). El contenido de carbonato de calcio es medio (3.8%), existiendo la posibilidad que limite la disponibilidad de fósforo al cultivo. El contenido de materia orgánica es bajo (1.2%), por lo que la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo

también es limitada y por tanto se espera una alta probabilidad de respuesta a la fertilización nitrogenada. De otro lado, el contenido de fósforo disponible es alto (12.4 ppm) y el contenido de potasio disponible es alta 155 ppm La CIC muestra una fertilidad potencial baja del suelo. Respecto a los cationes cambiables, el calcio y el magnesio predominan saturando el complejo de cambio. Esta característica establece relaciones catiónicas Ca/Mg de 3.3 (baja), Ca/K de 15.8 (alta) y Mg/K de 4.8 (alta) por tanto, potasio se encuentra en desequilibrio iónico respecto de calcio y magnesio y también calcio respecto de magnesio, por lo que se podría esperar respuesta significativa a la fertilización potásica y cálcica.

De acuerdo al criterio moderno en riego localizado (Figura 1), los volúmenes de humedad restituidos en el riego y gastados del suelo en el proceso de evapotranspiración (ETc) se encuentran entre succiones mátricas de 0.2 bar a 0.4 bar., se aprecia términos de humedad volumétrica entre 28.5% humedad volumétrica a 22.9% humedad vol., es decir 5.6 volúmenes, los cuales deberán entregarse en cada riego, dependiendo la magnitud de la lamina

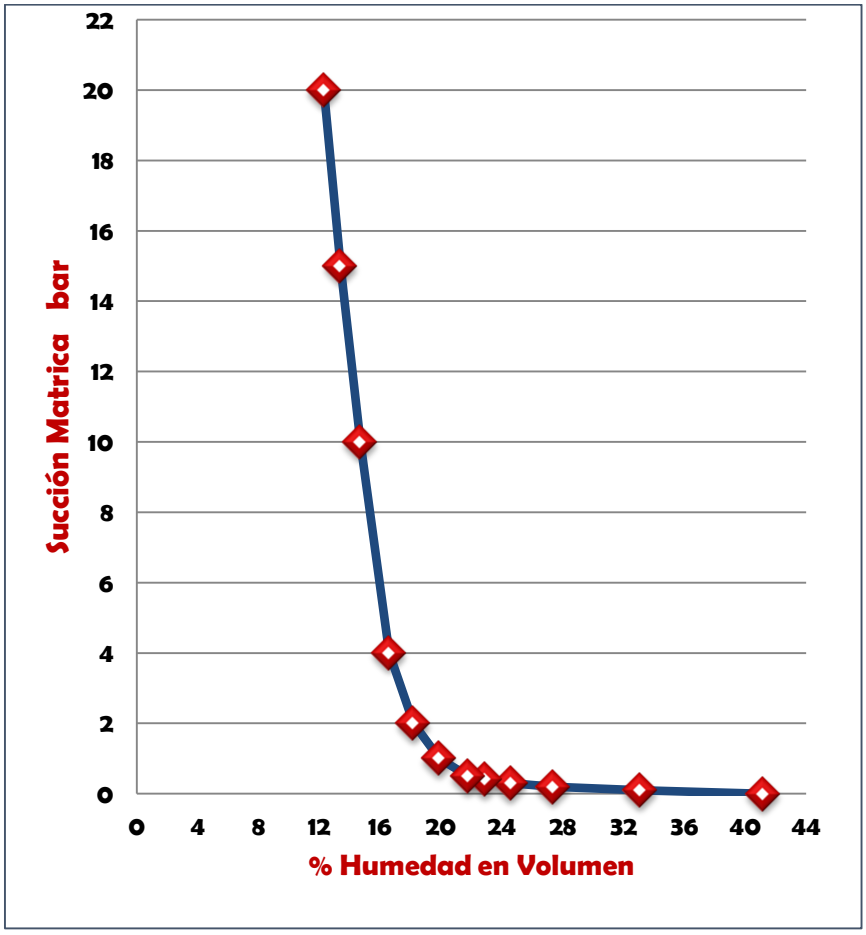
3.1.3 Características del agua de riego

El agua que utilizaremos para el riego provendrá de la Red de agua potable de la Molina, la cual es clasificada como C4-S1; agua altamente potable y de bajo contenido de sodio según USDA (1979). El análisis de agua (Tabla 2), nos indica 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. Además, se observa 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. La Tabla 3, presenta datos climatológicos correspondientes a la zona experimental durante el período vegetativo del cultivo (enero-junio del 2013); obtenidos de los datos registrados por el Observatorio Meteorológico

Alexander Von Humboldt de la Universidad Nacional Agraria La Molina3.1.5 Modulo de riego por goteo.



Ψm (bar)	*% Hum. Vol.*
0	*41.2*
0.1	*33.6*
0.2	*28.5*
CC 0.3	*24.6*
0.4	*22.9*
0.5	*21.8*
1	*19.90*
2	*18.40*
4	***16.70***
10	***14.70***
PM 15	*13.40*
20	*12.3*

Figura 1: Curva Característica de Humedad.

Textura del Suelo: Franco Arenoso

Composición mecánica: 65% arena - 25% Limo - 10% Arcilla

Unidad de Investigación en Riegos.

Tabla 1: Análisis físico – químico del Suelo

DETERMINACION	VALOR	UNIDAD	METODO DE ANALISIS
Conductividad eléctrica C. E	6.2	dS/m	Lectura del extracto de la pasta saturada
Análisis mecánico			Hidrómetro de Bouyoucos
Arena	65	%	
Limo	25	%	
Arcilla	10	%	
Clase Textural	Franco Arenoso		Triangulo textural
pH	7.8		pH-metro relación suelo-agua 1:1 y en pasta saturada.
Calcáreo total	3.8	%	Gaso-volumétrico
Materia orgánica	1.2	%	Walkley y Black
Fósforo disponible	12.4	Ppm	Olsen modificado
Potasio disponible	155	Ppm	Acetato de amonio 1N pH 7.0
C.I.C	9.85	cmol(+)/kg	Acetato de amonio 1N pH 7.0
Cationes cambiables			
Ca	6.95	cmol(+)/kg	Espectrometría de absorción atómica
Mg	2.11	cmol(+)/kg	Espectrometría de absorción atómica
K	0.44	cmol(+)/kg	Espectrometría de absorción atómica
Na	0.35	cmol(+)/kg	Espectrometría de absorción atómica

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

Tabla 2: Análisis del agua para el riego

DETERMINACION	***VALOR***	***UNIDAD***
Ce	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.

Tabla 3: Variables climatológicas– Periodo experimental Enero 2013 - Junio 2013

2013	Temperatura media mensual (ºC)	Radiación solar circunglobal (Ly/día)	Humedad relativa media mensual (%)	Precipitación mensual (mm)	Evaporación del tanque media (mm/día)	Heliofanía (Horas de sol/día)
Enero	24.2	425	75	0	5.5	7.7
Febrero	25.5	421.3	71	0.02	6.1	6.4
Marzo	24.7	383.3	74	0.02	5.8	5.3
Abril	22.6	414.2	75	0	4.9	8.9
Mayo	19.7	284.1	82	0.03	2.9	4.4
Junio	17	201.8	88	0.14	2.2	2.8
PROM	**22.28**	**354.95**	**77.5**	**0.04**	**4.57**	**5.92**

En este periodo, las variables climatológicas; radiación circunglobal (de 201.8 a 425Ly/día), heliofanía (de 2.8 a 7.7 horas), temperatura media mensual (de 17 a 25.5 C) y la evaporación media mensual (de 2.2 a 6.1 mm/día) se incrementan significativamente. En cambio, la humedad relativa (de 75% a 88%) y la precipitación (de 0.0 a 0.14 mm/mes) no presentan cambios significativos.

3.1.5 Módulo de riego por goteo.

Matriz

1 filtro de anillos de ¾ de pulgadas.

1 contómetro de agua tipo reloj

12 micro -válvula de 16 mm de diámetro

1 válvula de 1 pulgada. (Llave de apertura/ cierre)

Laterales

12 laterales de goteo de 16mm (PE)

504 goteros Katiff auto compensados 2.3 (l/ha)

12 conectores de salida

12 terminales de línea en ocho

Fertilización

1 Arco de riego con Venturi incorporado

2 Tanques de inyección de fertilizantes

3.1.6 Maíz amarillo duro: Híbrido PM-213

Hibrido de porte medio de alto rendimiento, prolífico, de mazorcas medianas de color amarillo naranja, desarrollado por el Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la UNALM.

Adaptación	:	Costa Norte: todo el año
		Costa Central: Primavera - verano
Periodo vegetativo	:	150 - 170 días
Altura de planta	:	2,20 - 2,40 m
Mazorcas por planta	:	1,5
Mazorcas	:	Medianas, 14 hileras de grano
Color de grano	:	Amarillo anaranjado

Porcentaje de desgrane	:	82%
Densidad de siembra	:	60 000 a 75 000 plantas/ha
Rendimiento potencial	:	14 000 kg/ha

3.1.7 Fertilizantes

Tabla 4: Características de los fertilizantes

Elemento/insumo orgánico	Fuente	Ley comercial
Nitrógeno	Nitrato de amonio	33.5-0-0
Fosforo	Ácido fosfórico	53%P2O5
Potasio	Sulfato de potasio	0-0-50
Calcio	Nitrato de calcio	15.5%N-26%CaO

3.1.8 Ácidos húmicos comerciales

Fuente Liquida derivada de ácidos húmicos comerciales (Bioflora Humega)

Procedencia EE.UU.

Humega es un activador de suelos esta enriquecido con un complejo fúlvico-mineral, reforzado con un paquete microbiano benéfico a base de bacterias heterotróficas, anaeróbicas, fijadoras de nitrógeno, mohos y levaduras, actinomicetos, pseudomonas y enzimas.

VENTAJAS DE USO:

Reduce las sales, inhibe los patógenos del suelo como *Phytophtora, Botrytis, Sclerotium y Verticillum* entre otros. Abre los suelos compactados. Desarrolla el carbono del suelo. Alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) 300 a 500 meq/100g.Estimula y vitaliza la germinación de las semillas, así como la formación del sistema radicular y tallo contiene hasta 5,000 calorías por gramo, abasteciendo de energía a la planta para sus procesos metabólicos. Regula el pH del suelo.

3.1.9 Otros materiales

Bolsa plástica, bolsas de papel kraff, balanza electrónica de presión y de campo, libreta de campo, cartulina, tijera, pala, pico, rastrillo, cordeles, rafia, cinta métrica, vernier, mochila de fumigación, pesticidas, recipiente de secado de muestras y estufa.

3.1.10 Factores en estudio

I. Niveles de fertilización cálcica

CLAVE	Niveles de CaO (kg/ha)
Ca-0	0
Ca-1	30
Ca-2	60
Ca-3	90

II. Niveles de Húmatos de Potasio

CLAVE	Nivel de Ácidos Húmicos(L/ha)
AH-0	0
AH-1	120
AH-2	240

3.2 Métodos

El campo experimental constó de 12 parcelas de producción separadas 1.20 m. Cada parcela presentó 4 sub-parcelas de 3.15 m^2 de área efectiva, cada pacerla se irrigó con un lateral de riego, con emisores a un espaciamiento de 30 cm entre sí. Previamente a la instalación se realizaron labores pre operativas como, el retiro de todos los rastrojos del cultivo anterior para posteriormente construir y marcar las 12 camas de producción, por último, se instaló el sistema de riego dejando todos goteros, micro-válvula y laterales aptos para el riego de saturación antes de siembra. La siembra se realizó con semilla de maíz amarrillo duro proporcionado por el Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la UNALM. Se sembraron tres semillas por golpe a una hilera por cama, la separación entre las plantas fue de 15 cm. Se realizó el desahijé a los 22 días después de la siembra (DDS),

cortando plantas de menor vigor y dejando por golpe una planta, estableciendo una densidad de 55,555 plantas/ha.

El primer factor de estudio consta de 4 niveles incluyendo el testigo, donde se probaron niveles crecientes de fertilización cálcica 0, 30, 60, 90 en kg/ha de CaO. El segundo factor en estudio consta de 3 niveles donde se probaron concentraciones crecientes de ácidos húmicos en base a un testigo no aplicado. Las fuentes de fertilizantes fueron aplicadas mecánicamente a nivel de sub-parcela, utilizando recipientes graduados, previa dilución en agua, de acuerdo al nivel de prueba. La fertilización se realizó de forma fraccionada en 4 oportunidades para el nitrato de calcio y para el ácido húmico siendo la primera aplicación a los 46DDS y 36DDS respectivamente.

La fertilización estándar NPK se realizó con un venturi incorporado mediante dos baldes calibrados, utilizando como fuentes; Nitrato de amonio, ácido fosfórico y sulfato de potasio. Las dosis serán constantes, con una fórmula de 180 N – 90 P_2O_5- 180 K_2O, kg/ha.

3.2.1 Instalación del área experimental

Se realizaron aplicaciones fitosanitarias, a los 22 DDS se aplicó Metamidofos para el control de gusanos de tierra y a los 24 DDS se aplicó granolate, para el control del cogollero (*Spodoptera frugiperda),* a una dosis de 600ml/200 y 8kg/ha respectivamente. En la fertilización, el fosforo (P) se aplicó en 4 fracciones, la primera aplicación a los 18 DDS y las tres dosis sub siguientes se realizaron cada 7 días. El nitrógeno (N) se fraccionó en 10 partes, la primera aplicación a los 25 DDS y las siguientes fracciones en las posteriores semanas, una fracción cada 7 días, siendo la última a los 88 DDS. El potasio (K) se fraccionó en 8 partes, la primera aplicación fue a los 46 DDS, las siguientes fracciones se aplicaron en forma sucesiva cada semana, siendo la última aplicación a los 95 DDS. Los ácidos húmicos se aplicaron en 4 fracciones, a los 36, 43, 50 y a los 57 DDS y la aplicación del nitrato de calcio se ejecutó en 4 fracciones, a los 46, 53, 60 y a los 67 DDS. La cosecha se realizó a los 144 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.

3.2.2 Características del ensayo experimental

Largo efectivo: 12.6 m

Ancho efectivo: 14.4 m

Área efectiva: 181.44 m^2

Del bloque:

- Largo efectivo: 12.6 m
- Ancho efectivo: 3.6 m
- Área efectiva: 45.36 m^2
- Numero de bloques: 4

- **De la parcela:**
  - Largo efectivo: 12.6 m
  - Ancho efectivo: 1.2 m
  - Área efectiva: 15.12 m^2
  - Numero de parcelas: 12

- **De la sub-parcela**
  - Largo: 3.15 m
  - Ancho: 1.2
  - Área efectiva: 3.78 m^2
  - Numero de sub-parcelas: 48

3.3 Diseño experimental

El diseño experimental a emplearse fue parcelas divididas. Los ácidos húmicos fueron asignados aleatoriamente a nivel de parcelas dentro de cada block y los niveles de fertilización cálcica se asignaron aleatoriamente en cada sub-parcela dentro de cada parcela. El análisis de varianza y las diferencias de medias se realizaron a través de la aplicación del software estadístico SAS V.8. (*Statistical Análisis System).*

Fuentes de Variación	*GRADOS DE LIBERTAD*
Parcela	
Bloques	3
Niveles de Ácido Húmicos (AH)	2
Error (a)	6
Total de parcela	11
Subparcela	
Niveles de CaO (B)	3
Interacción AxB	6
Error (b)	27
Total	47

Modelo Estadístico

$$\mathbf{Yijk= \mu + \alpha_i + \rho_j + y_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{ik} + \varepsilon_{ijk}}$$

Y_{ijk} = Es el rendimiento obtenido con i-ésimo nivel de ácido húmico, j-ésimo bloque y k-ésimo nivel de nutrición.

μ = Es el efecto de la media en general.

α_i= Es el efecto del i-ésimo nivel de ácido húmico.

ρ_j = Es el efecto j-ésimo del bloque.

y_{ij}= Es el efecto del error experimental en parcelas (error(a)).

β_k = Es el efecto del k-ésimo nivel de nutrición.

$(\alpha\beta)_{ik}$= Es el efecto de la interacción del i-ésimo nivel ácido húmicos y del k-ésimo nivel de nutrición.

Ɛijk: Es el efecto del error experimental en sub parcelas (error (b)).

3.4 Variables evaluadas

i. Variables de crecimiento del maíz amarillo duro

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 (cm²/planta): Se determinó tomando muestras de las hojas con un sacabocado de área conocida (6 muestras) y pesadas; finalmente se comparó entre este peso de área conocida con el peso total de hojas

Número total de hojas: Se contabilizó el total de hojas por planta.

ii. Distribución de la materia seca del cultivo del maíz amarillo duro

- Materia seca de la parte aérea (g/planta)
- Materia seca de hojas.
- Materia seca de tallo
- Materia seca de mazorca
- Materia seca de panca
- Materia seca de panoja.

iii. Características de la mazorca principal

Longitud de mazorca

Diámetro de mazorca

iv. Componentes del rendimiento

Número de plantas/m² Número de mazorcas por planta

Peso promedio de mazorca (g)

v. Rendimiento de maíz grano (kg/ha)

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.

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 65ºc por 72 ha.

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:

$$\textbf{Peso corregido por fallas} = \text{Peso de campo} \times \left(\frac{M-0.3N}{M-N}\right)$$

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:

Factor de corrección por humedad (FCH) = 100 - % de Humedad. / 86

Peso corregido a 14% de humedad (PCH)

PCH = FC x 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).

FP = 10 000 x 0.971 x % D/A

A = Área de la parcela en m^2

0.971 = coeficiente de contorno.

D = Desgrane (%)

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

vi. Parámetros agronómicos del cultivo de maíz amarillo duro

Evapotranspiración del cultivo (ETc – mm/campaña)

Eficiencia de uso de agua (EUA – kg/m3)

Índice de área foliar (IA - m2/m2)

Índice de cosecha (IC-%)

Coeficiente de transpiración (CT – l/kg)

vii. Estimado económico de rendimiento (Relación Beneficio/Costo)

Relación Beneficio costo (B/C)

También conocido como "Índice de rendimiento". Es un método de evaluación de proyectos, que se basa en el "valor presente", y que consiste en dividir el valor presente de los ingresos entre el valor presente de los egresos. Si este índice es mayor que 1 se acepta el proyecto; si es inferior que 1 no se acepta, ya que significa que la rentabilidad del proyecto es inferior al costo del capital, relación de escasos interés.

B/C=IN / CT B/C=Beneficio costo: IN= Ingreso neto; CT= costos totales

Tabla 5: Programa de fertilización

Semana	DDS	Fecha	Aplicación
		29/01/2013	Siembra
1	18	16/02/2013	1/4 P
2	25	23/02/2013	2/4P + 1/10N
3	32	02/03/2013	3/4 P + 2/10 N
4	36	06/03/2013	1/4 Ac. Húmicos
	39	09/03/2013	4/4 P + 3/10 N
5	43	13/03/2013	2/4 Ac. Húmicos
6	46	16/03/2013	4/10 N + 1/8 K + 1/4 Ca
7	50	20/03/2013	3/4 Ac. Húmicos
	53	23/03/2013	5/10 N + 2/8 K + 2/4 Ca
8	57	27/03/2013	4/4 Ac. Húmicos
	60	30/03/2013	6/10 N + 3/8 K + 3/4 Ca
9	67	06/04/2013	7/10 N + 4/8 K + 4/4 Ca
10	74	13/04/2013	8/10 N + 5/8 K
11	81	20/04/2013	9/10 N + 6/8 K
12	88	27/04/2013	10/10 N + 7/8 K
13	95	04/05/2013	8/8 K

Tabla 6: Cronograma del ensayo experimental

LABORES DE CAMPO	FECHA
Preparación del terreno	14/01/2013
Apertura del sistema de riego	27/01/2013
Siembra	29/01/2013
Emergencia	03/02/2013
Resiembra	14/02/2013
1er conteo de hojas	16/02/2013
1era aplicación de P (1/4)	16/02/2012
Desahijé	20/02/2013
Aplicación de metamidofos	23/02/2013
2da aplicación de P (2/4) 1era aplicación de N (1/10)	23/02/2013
3era aplicación de P (3/4) 2da aplicación de N (2/10)	02/03/2013
2do conteo de hojas	03/03/2013
1era aplicación de Ac. Húmicos (1/4)	06/03/2013
4to aplicación de P (4/4) 3era aplicación de N (3/10)	09/03/2013
2da aplicación de Ac. Húmicos (2/4)	13/03/2013
4ta aplicación de N (4/4) 1era aplicación de k (1/8) 1era aplicación de Ca (1/4)	16/03/2012
3er conteo de hojas	18/03/2013
3era aplicación de Ac. Húmicos (3/4)	20/03/2013
5ta aplicación de N (5/10) 2da aplicación de K (2/8) 2da aplicación de Ca (2/4)	23/03/2013
4ta aplicación de Ac. Húmicos (4/4)	27/03/2013
6ta aplicación de N (6/10) 3era aplicación de K (3/8) 3era aplicación de Ca (3/4)	30/03/2013
4to conteo de hojas	03/04/2013
2do conteo de hojas	06/04/2013
7ma aplicación de N (7/10) 4ta aplicación de K (4/8) 4ta aplicación de Ca (4/4)	06/04/2013
8va aplicación de N (8/10) 5ta aplicación de K (5/8)	13/04/2013
5to conteo de hojas	18/04/2013
9na aplicación de N (9/10) 6ta aplicación de K (6/8)	20/04/2013
3er conteo de hoja	25/04/2013
10ma aplicación de N (10/10) 7ma aplicación de K (7/8)	27/04/2013
6to conteo de hojas	03/05/2013
8va aplicación de K (8/8)	04/05/2013
Cierre del sistema de riego	01/06/2013
Cosecha	22/06/2013

BLOQUE-I		
HK-0	HK-2	HK-1
CaO-2	CaO-3	CaO-2
CaO-3	CaO-0	CaO-1
CaO-0	CaO-1	CaO-3
CaO-1	CaO-2	CaO-0

BLOQUE-II		
HK-1	HK-2	HK-0
CaO-0	CaO-1	CaO-3
CaO-3	CaO-2	CaO-0
CaO-1	CaO-3	CaO-2
CaO-2	CaO-0	CaO-1

BLOQUE-III		
HK-1	HK-0	HK-2
CaO-0	CaO-2	CaO-3
CaO-3	CaO-0	CaO-2
CaO-2	CaO-1	CaO-1
CaO-1	CaO-3	CaO-0

BLOQUE-IV		
HK-2	HK-1	HK-0
CaO-1	CaO-2	CaO-0
CaO-3	CaO-0	CaO-2
CaO-0	CaO-3	CaO-1
CaO-2	CaO-1	CaO-3

CLAVE	Niveles de Ácidos Húmicos (l/ha)
HK-0	0
HK-1	120
HK-2	240

CLAVE	Niveles de CaO (kg/ha)
Ca-0	0
Ca-1	30
Ca-2	60
Ca-3	90

Figura 2: Disposición de las parcelas experimentales

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tablas que se presentan y discuten a continuación han sido elaboradas en base a las tablas que figuran como anexos, en los cuales se muestran los valores promedios de las variables de crecimiento, del rendimiento y de sus componentes, de la materia seca total y su distribución del cultivo. Se considera el análisis de variancia 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 Amarillo Duro PM-213.

La tabla7, presenta los resultados generales y los parámetros agronómicos que caracterizan al cultivo de Maíz Amarillo Duro; Eficiencia de uso de agua (EUA-kg/m^3), Índice de cosecha (IC%), índice de área foliar (IAF –m^2/m^2), coeficiente de traspiración (CT- l/kg) y evapotranspiración del cultivo (ETc –mm/campaña). Bajo las condiciones de clima, suelo y manejo agronómico del presente ensayo, el periodo vegetativo del cultivo fue de 158 días después de la siembra (DDS), siendo el gasto de agua de riego para el hibrido PM-213 5,690.56 m^3/ha y el rendimiento comercial promedio de mazorcas de 10,066 kg/ha. Asimismo, para una población de 4.96 plantas/m^2, el número promedio de mazorcas por planta es de 1.49 y el peso promedio es de 167.91 gramos. Bajo estas condiciones las plantas alcanzan una altura promedio de 2.74m, expande una superficie foliar 13,956cm^2/planta y acumulan un total de materia seca de 526.89 gramos/planta, siendo la relación de hojas: tallos: mazorca: panoja: panca de 20.4%, 21.5%, 40.8%, 1.2% y 15.8% respectivamente. Los parámetros agronómicos del cultivo maíz amarillo duro PM-213 en general, alcanzo valores similares comparados con ensayos con el mismo cultivo en similares condiciones medio ambientales.

4.1.1 Eficiencia de uso de agua (EUA-kg/m^3)

La eficiencia de uso de agua, principal parámetro agronómico de los cultivos, relaciona los kilogramos de mazorcas de maíz amarrillo duro PM-213 producidos por metro cubico de

agua aplicada en el riego, en este caso el valor del EUA fue 1.76 kg/m³. Al respecto, **Solano (1999)**, sobre el efecto de la fertilización con NPK en el rendimiento de tres variedades maíz morado, encontró valores de EUA de (1.21 kg/$m^{3)}$ para la variedad morado Canteño, de 1.20 kg/m^3 para la variedad PMV -581 de Huánuco y de 1.17 kg/m^3 para la variedad PMV -581 de Cañete. De similar manera en la presente investigación se observa valores de EUA muy distintos dependientes del hibrido. **Vásquez (2007)**, reporto una EUA en un maíz híbrido del Programa de maíz de la Molina PM-702 un valor promedio de 1.4 kg/m^3, probando el efecto de la fertilización nitrogenada. El híbrido PM 213 del mismo programa obtuvo una EUA de 2.57 Kg/m^3

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 amarillo duro, la evapotranspiración promedio (ETc) fue de 512.15 mm/campaña, con una media de 4.01 mm/día y un coeficiente de cultivo (Kc) estimado de 0.8. **Espinoza (2003)**, en condiciones similares de calidad de agua, suelo y medio ambiente, sobre el efecto de la fertilización nitrogenada en maíz morado PMV 581, encontró valores para la evapotranspiración del cultivo (ETc) de 257.1 mm/campaña, con un valor medio de 0.72 mm/día y un Kc medio de 1.09. **Solano (1999)**, sobre el efecto de la fertilización NPK en tres variedades de maíz morado, encontró valores para la ETc de 346.4 mm/campaña, con una media de 3.20 mm/día y un Kc medio de 0.91.

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, por tanto, un gran estimador de la capacidad de producción del cultivo. Al respecto, el IAF en el hibrido PM -213 alcanza un valor de 6.92m^2/m^2. **Espinoza (2003),** sobre el efecto de la fertilización nitrogenada en maíz morado PMV 581, encontró valores para el índice de área foliar (IAF) de 7.3 m². /m². **Solano (1999),** sobre el efecto de la fertilización NPK en tres variedades de maíz morado, encontró valores en el IAF de 3.09 m2/m2 para la variedad morado Canteño, de 3.14 m². /m² para la variedad PMV -581 de Huánuco y de 3.05 m2/m2 para la variedad PMV -581 de Cañete.

Vásquez (2007), en maíz híbrido PM-702, probando el efecto de la fertilización nitrogenada encontró un valor del IAF de 9.94 m^2/m^2, muy superior al reportado en la presente investigación. Esto podría deberse a que los híbridos utilizados son mejorados y tienden a destinar una mayor cantidad de carbohidratos a los frutos y menor proporción que el hibrido PM 702.

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, el cultivo de maíz amarillo duro presenta un índice de cosecha variable con el hibrido, en la tabla 7 se observa el IC con el hibrido PM 213 de 40.8 %. Al respecto, **Vásquez (2007)** un valor de 32.9% en el IC. Así mismo, **Espinoza (2003),** encontró valores para el índice de cosecha (IC%) de 45.6%. **Solano (1999),** 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.

4.1.5 Coeficiente de Transpiración (CT)

Parámetro agronómico que indica la cantidad de agua evaporada necesaria para producir un kilogramo de materia seca - parte aérea. Así, el coeficiente de transpiración encontrado en maíz amarillo duro hibrido PM 213 presenta un valor de CT 195.9 l/kg. Al respecto, **Vásquez (2007),** encontró un valor de CT de 286.7 l/kg, en el maíz híbrido PM-702, superior a cualquier resultado reportado en la presente investigación. **Espinoza (2003),** encontró valores para el coeficiente de transpiración de 167.4 l/kg y 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.

4.2 Variables morfológicas del cultivo maíz amarillo duro PM-213

4.2.1 Variables de crecimiento.

En la Tabla 9; presenta los resultados obtenidos en las variables morfológicas del cultivo de maíz amarillo duro: altura de planta, área foliar, número de hojas, en el hibrido de la Universidad Nacional Agraria la Molina PM-213.

Tabla 7: Resultados y parámetros agronómicos de maíz amarillo duro hibrido PM-213

Características	***Hibrido*** **PM-213**	**Unidad**
I) Requerimiento de riego	**5,690.56**	m3/ha
II) Rendimiento comercial	10,066	kg/ha
III) Variables morfológicas		
Altura de planta	2.74	cm
Área foliar	13,956	cm2/planta
Materia seca total	526.89	g
Materia seca de hojas	107.81	g.
Materia seca de tallos	113.69	g.
Materia seca de mazorcas	215.32	g.
Materia seca de panoja	6.61	g.
Materia seca de panca	83.46	g.
Numero de hojas por planta	16.10	Unid.
IV) Componentes del rendimiento		
N de plantas/m2	4.96	Plantas
N de mazorcas por planta	1.49	Unid.
Peso promedio de mazorca	167.91	g.
V) Parámetros agronómicos		
Eficiencia de uso de agua (EUA-kg/m3)	1.76	kg/m3
Índice de cosecha (IC-%)	40.8	%
Índice de área foliar (IAF-m2/m2)	6.92	m2/m2
Coeficiente de transpiración (CT-l/kg)	195.9	l/kg
Evapotranspiración del cultivo (ETc)	512.15	mm/campaña

Tabla 8: Fenología del Cultivo de Maíz Amarillo y Uso- Consumo del Agua de Riego

Fecha	*Ciclo vegetativo*		*Eto (mm/día)*	*Kc Estimado*	*ETc (mm/día)*	*Requerimiento de riego*	
	Intervalo (días)	*Acumulado (días)*				*Neto (mm)*	*Aplicado (m3/ha)*
27/01/2013							
29/01/2013	0						
3/02/2013	5	5	6.10	0.47	2.87	14.34	159.28
15/02/2013	12	17	6.10	0.54	3.29	39.53	439.20
3/03/2913	16	33	5.84	0.74	4.32	69.15	768.28
18/03/2013	15	48	5.84	0.76	4.44	66.58	739.73
3/04/2013	16	64	4.92	0.89	4.38	70.06	778.45
9/04/2013	6	70	4.92	0.99	4.87	29.22	324.72
17/04/2013	8	78	4.92	1.03	5.07	40.54	450.45
18/04/2013	15	93	4.92	1.16	5.71	85.61	951.20
3/05/2013	15	108	3.61	0.99	3.57	53.61	595.65
1/06/2013	29	137	2.24	0.67	1.50	43.52	483.59
22/06/2013	21						
		158	**4.94**	**0.82**	**4.00**	**512.15**	**5690.56**

Eficiencia de riego: 90% **ETc=Kc*Eto: Evaporación del tanque clase A Kc: Coeficiente de cultivo ETc: Evapotranspiración del cultivo**

Al respecto, para el factor de estudio: Niveles de ácidos húmicos, el análisis de varianza indica que existe significación estadística para la variable número de hojas / planta. Para niveles de calcio, solo se encontró diferencias estadísticas en la materia seca de hojas y la materia seca de mazorcas, el resto de variables de crecimiento no presentaron diferencias estadísticas. De otro lado, el análisis de variancia indica que los efectos de interacción de niveles de ácidos húmicos x niveles de calcio en todas las variables de crecimiento evaluadas, no presentaron diferencias estadísticas, indicando el comportamiento independiente del hibrido PM-213 a la aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica. **Giles (2011),** Evaluó el efecto de la interacción de la aplicación de cuatro dosis ácidos húmicos (0, 8, 16 y 24 kg/ha) y tres niveles de nitrógeno (0, 120 y 240 kg/ha) en el crecimiento y rendimiento de maíz morado PMV 581 bajo riego por goteo y encontró diferencias significativas en el área foliar por efecto de la aplicación de ácidos húmicos, obtuvo el mayor valor con la dosis 16 kg de ácidos húmicos /ha (11,693 cm^2/planta). En cambio, en altura de planta y número de hojas no encontró diferencias significativas por efecto del mismo factor. **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 (m)

La prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) en promedio indica que la respuesta a las dosis de AH son estadísticamente similares para los niveles (0, 120 y 240 l/ha AH), siendo el nivel (120 l/ha AH), el cual obtuvo la mayor altura de planta (2.81 m/planta) con un 6% de incremento respecto del testigo (2.65 m/planta). Al respecto, **Herrera. T (2011),** sustenta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) que la respuesta a las dosis de AH son estadísticamente similares para los niveles (0, y 16 kg/ha AH) y estadísticamente diferentes a la dosis 8 kg/ha, el cual obtuvo el mayor valor (2.07 m/planta). Asimismo, en la comparación de híbridos (PIONNER-3041, DOW-8480, 2B-688, 2B-710 y PM-213), Duncan indica que el hibrido PM-213 obtuvo un valor máximo (2.59 m /planta), con un 63.2% incremento de respecto al 2B-710. **Lee y Bartlett (1976)**, estudiaron la estimulación del crecimiento de plántulas de maíz y encontraron respuesta optima cuando se aplicaron 8 mg/l de sustancias húmicas. El incremento en el crecimiento de las plántulas fue de 30 a 50% en suelos bajos en materia orgánica. En la presente investigación se logró un incremento de 5.8%, en respuesta a la aplicación del nivel A1 (8 kg/ha de Á. Húmicos). Al respecto,

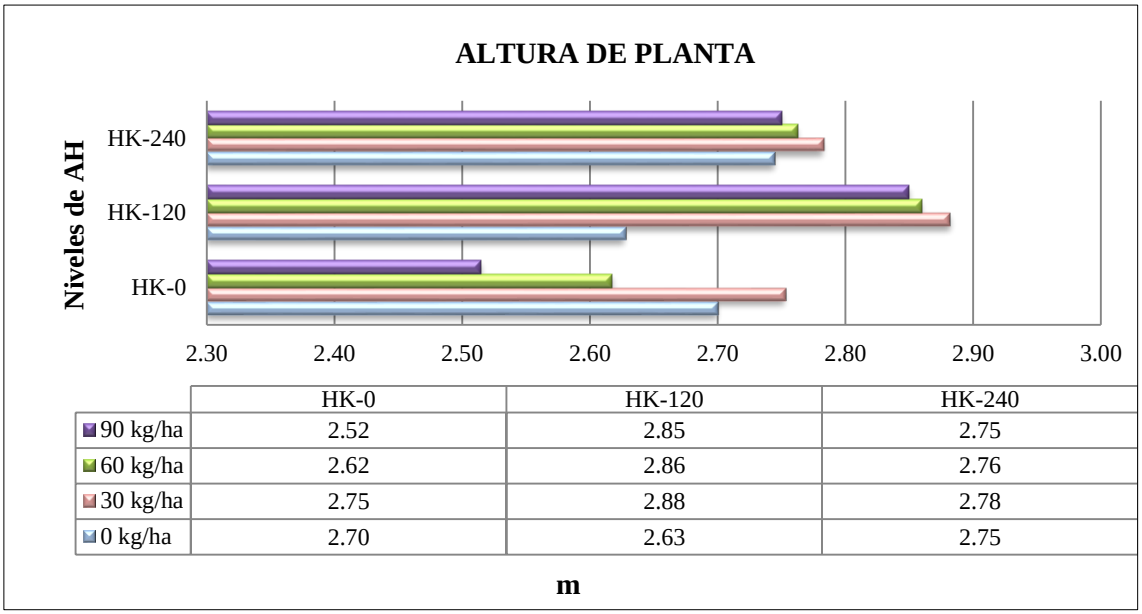
Pettit (2008), indica que algunos de los componentes moleculares de las sustancias húmicas actúan para regular las hormonas de crecimiento de las plantas. Tanto los ácidos húmicos (AHS) como los ácidos fúlvicos (AF) inhiben la enzima oxidasa ácido Indol Acético (IAA-oxidasa), impidiendo la destrucción de la IAA. El regulador del crecimiento vegetal, el ácido Indol Acético (IAA) realiza muchas funciones importantes dentro de distintas partes de las plantas en crecimiento. Cuando el IAA se encuentra protegido de las enzimas degradantes del IAA, el IAA continúa estimulando los procesos de crecimiento**.** De otro lado, respecto a la fertilización cálcica en promedio de ácidos húmicos, las medias son estadísticamente similares entre sí para los niveles nutricionales en estudio (0, 30, 60 y 90kg/ha CaO), con un máximo valor (2.81m/planta) correspondiente al nivel de (30 kg/ha), con un 4.3% de incremento respecto al testigo no fertilizado**.** Por otro lado, respecto al nivel nutricional, Duncan indica que las medias son estadísticamente similares entre sí para los niveles nutricionales en estudio (0, 30, 60 y 90 kg/ha CaO), siendo Ca-30 (kg/ha) el cual obtuvo el máximo valor (2.81 m). (Figura 03).

Área foliar (cm²/planta)

La prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) indica que la respuesta a las dosis de AH son estadísticamente similares para los niveles (0, 120 y 240 l/ha AH), siendo el testigo (AH-0 l/ha), el cual obtuvo la mayor área foliar (14,244cm²/planta) con un 4.3% de incremento respecto de AH-240 (13,629cm²/planta). Asimismo, respecto al nivel nutricional, Duncan indica que las medias son estadísticamente similares entre sí para los niveles nutricionales en estudio (0, 30, 60 y 90 kg/ha CaO), siendo el testigo el cual obtuvo el máximo valor (14,677 cm²/planta), con un 7.2% de incremento respecto al nivel nutricional Ca-90 (kg/ha). (Figura 4)

Tabla 9: Variables de crecimiento de maíz amarillo Hibrido PM-213

Factor en estudio	Altura de planta (m)	Área foliar (cm^2 / planta)	Número de hojas/ planta
Nivel de Ácidos Húmicos (l / ha)			
AH-0	2.65	14,244	15.56
AH-120	2.81	13,996	16.25
AH-240	2.65	13,629	16.50
Niveles de Ca0 (kg/ha)			
Ca-0	2.69	14,677	16.00
Ca-30	2.81	13,738	16.50
Ca-60	2.75	13,840	16.00
Ca-90	2.71	13,570	15.92
Análisis de Variancia			
Fuente de variación	**Significación**		
Bloques	ns	ns	ns
Ácidos Húmico (AH)	ns	ns	*
Niveles de calcio	ns	ns	ns
Interacción (Ca*AH)	ns	ns	ns
CV (%)	6.0	9.7	6.4



	HK-0	HK-120	HK-240
90 kg/ha	2.52	2.85	2.75
60 kg/ha	2.62	2.86	2.76
30 kg/ha	2.75	2.88	2.78
0 kg/ha	2.70	2.63	2.75

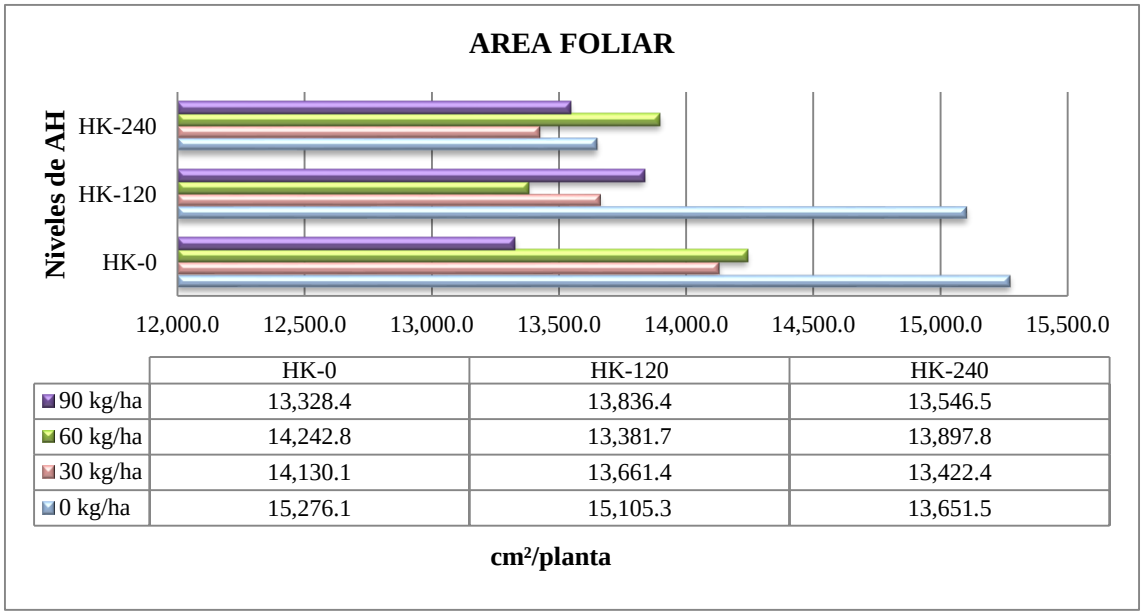
Figura 3: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en la altura de planta (m) del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)

Medias de altura de planta (m) para niveles de ácido húmico en promedio de fertilización cálcica y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ácido Húmicos (L/ha)	Medias	Duncan	%
HK-120	2.81	A	106.0
HK-240	2.76	A	104.3
HK-0	2.65	A	100.0

Medias de altura de planta (m) para niveles de fertilización cálcica en promedio de y prueba de ácido húmico Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ca0 (Kg/ha)	Medias	Duncan	%
Ca-30	2.81	A	104.3
Ca-60	2.75	A	102.1
Ca-90	2.71	A	100.5
Ca-0	2.69	A	100.0



	HK-0	HK-120	HK-240
90 kg/ha	13,328.4	13,836.4	13,546.5
60 kg/ha	14,242.8	13,381.7	13,897.8
30 kg/ha	14,130.1	13,661.4	13,422.4
0 kg/ha	15,276.1	15,105.3	13,651.5

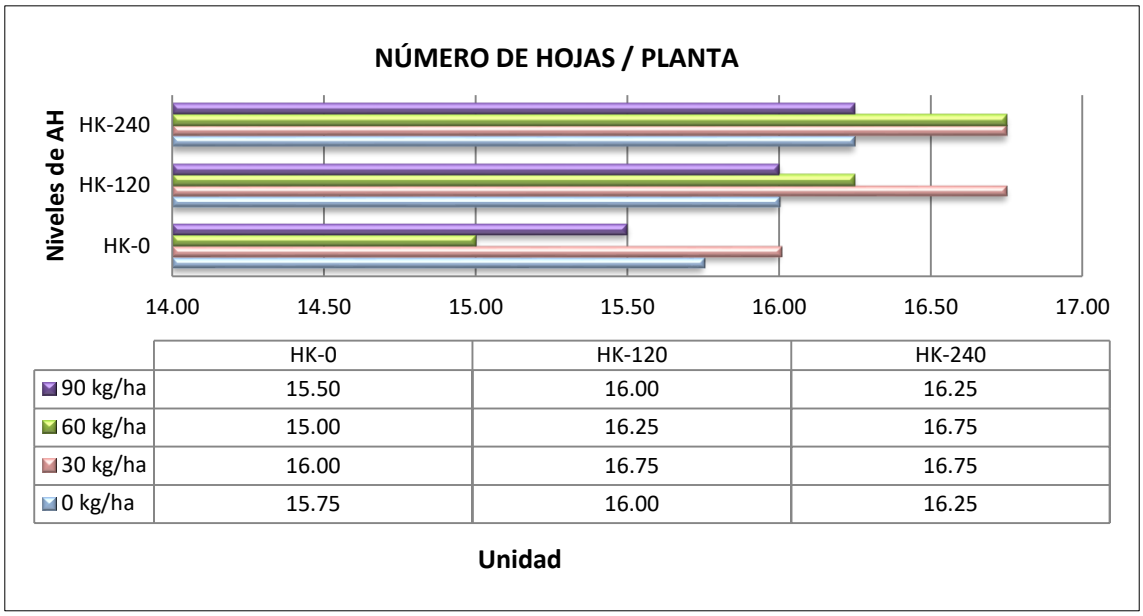
Figura 4 : Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en el área foliar del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)

Medias de área foliar (cm²/planta) para niveles de ácido húmico en promedio de fertilización cálcica y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ácido Húmicos (l/ha)	Medias	Duncan	%
HK- 0	14,244.4	A	100.0
HK- 120	13,996.2	A	98.3
HK- 240	16,629.6	A	95.7

Medias de área foliar (cm²/planta) para niveles de fertilización cálcica en promedio de y prueba de ácido húmico Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ca0 (Kg/ha)	Medias	Duncan	%
Ca- 0	14,677.6	A	100.0
Ca-60	13,840.8	A	94.3
Ca-30	13,738.0	A	93.6
Ca-90	13,570.4	A	92.5



	HK-0	HK-120	HK-240
90 kg/ha	15.50	16.00	16.25
60 kg/ha	15.00	16.25	16.75
30 kg/ha	16.00	16.75	16.75
0 kg/ha	15.75	16.00	16.25

Figura 5: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en el número de hojas del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)

Medias de número de hojas / planta para niveles de ácido húmico en promedio de fertilización cálcica y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ácido Húmicos (l/ha)	Medias	Duncan	%
HK-240	16.50	A	106.0
HK-120	16.25	A	104.4
HK-0	15.56	B	100.0

Medias de número de hojas / planta para niveles de fertilización cálcica en promedio de ácido húmico y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ca0 (kg/ha)	Medias	Duncan	%
Ca-30	16.50	A	103.1
Ca-0	16.00	A	100.0
Ca-60	16.00	A	100.0
Ca-90	15.92	A	99.5

Número de hojas / planta

La prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) indica que la respuesta a las dosis de AH son estadísticamente similares para los niveles (240 y 120 l/ha AH), pero estos a su vez son estadísticamente diferente al testigo (0 l/ha AH), siendo la dosis (240 l/ha AH), el cual obtuvo el mayor valor (16.50 hojas/planta), con un 6% de incremento respecto al testigo (15.56 hojas/planta).

Al respecto, **Herrera. T (2011),** sustenta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) que la respuesta a las dosis de AH son estadísticamente similares para los niveles (0,8 y 16 kg/ha AH), siendo la dosis de 8 kg/ha el cual obtuvo el mayor valor (13.8 hojas/planta). Asimismo, en la comparación de los híbridos (PIONNER-3041, DOW-8480, 2B-688, 2B-710 y PM-213) Duncan indica que el hibrido PM-213 obtuvo máximo valor (15.9hojas/planta), con un 29.9% incremento de respecto al 2B-688. De otro lado, respecto a la fertilización cálcica, Duncan indica que las medias son estadísticamente similares entre sí para niveles nutricionales de calcio en estudio (0, 30, 60 y 90 kg/ha CaO). (Figura 5).

4.2.2 Materia seca total y sus componentes: hojas, tallos, mazorcas, panoja y panca

En la tabla 10. Presenta los resultados del efecto de diferentes dosis de ácidos húmicos, y del nivel de nutrición sobre la materia seca de la parte aérea y sus compontes; 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 amarrillo duro híbrido PM-213.Al analizar el resumen del análisis de variancia, en lo que respecta a la dosis de ácidos húmicos, se encontró diferencia significativa para la variable materia seca de panoja. En cuanto al factor nivel de nutrición, se encontraron diferencias significativas para la variable de materia seca de hojas y materia seca de mazorca. En cuanto a la interacción de los factores en estudio (niveles de ácidos húmicos x Niveles de calcio) no se encontraron diferencias significativas. Al respecto, **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.

Giles, (2011). Evaluó el efecto de la interacción de la aplicación de cuatro dosis ácidos húmicos (0, 8, 16 y 24 kg/ha) y tres niveles de nitrógeno (0, 120 y 240 kg/ha) en el crecimiento y rendimiento de maíz morado cv. PMV 581 bajo riego por goteo y encontró diferencias altamente significativas en la materia seca total por efecto de la aplicación de ácidos húmicos, obtuvo el mayor valor con la dosis 16 kg de ácidos húmicos /ha (315g) y el menor valor con la dosis 0 kg de ácidos húmicos/ha (265g). Así mismo obtuvo diferencias significativas en la materia seca de tallo de mazorca y de panca. Por otro lado, no encontró diferencias significativas en materia seca de hojas y de panoja.

Materia seca total parte aérea (g /planta)

La prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) indica que la respuesta a las dosis de AH son estadísticamente similares para los niveles (0, 120 y 240 l/ha AH), siendo el testigo (AH-0 l/ha), el cual obtuvo la mayor producción de materia seca total (535.23 g/planta) con un 3.3% de incremento respecto de la dosis AH-240 (517.64 g/planta). De otro lado, Duncan también indica que las medias son estadísticamente similares entre sí para los niveles nutricionales de (0, 30, 60 y 90 kg/ha CaO), siendo el nivel Ca-60 (541.69 g/planta) el cual obtuvo la mayor producción de materia seca total. (Figura 6)

Materia seca de hojas (g / planta)

La prueba de comparación de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) indica que las medias para los niveles; (0, 120 y 240 l/ha AH) son estadísticamente similares, siendo el testigo (AH-0 l/ha), el cual obtuvo la mayor producción de materia seca de hojas (111.95 g/planta), con un 9.6% de incremento respecto la dosis AH-240 (101.20 g/planta). Al respecto **Herrera. T (2011),** sustenta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) que la respuesta a las dosis de AH son estadísticamente similares para los niveles (0,8 y 16 kg/ha AH), siendo la dosis de 8 kg/ha el cual obtuvo la mayor producción de materia seca de hojas (116.9 g/planta), con 9.1 % de incremento respecto a la dosis 16 kg/ha. De otro lado, Duncan indica que las medias son estadísticamente similares entre sí para los niveles nutricionales en estudio (90, 60 y 30 kg/ha CaO) y estos a su vez son estadísticamente diferente al testigo (0 kg/ha), el cual obtuvo la mayor producción de materia seca de hojas (121.02 g/planta) con un 17.1 % de incremento respecto a la dosis de (30 kg/ha). (Figura 7)

Materia seca del tallo (g / planta)

La prueba de comparación de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) indica que las medias para los niveles; (0, 120 y 240 l/ha AH) son estadísticamente similares, siendo la dosis AH-120 el cual obtuvo la mayor producción de materia seca de tallos (120.86 g/planta) con un 10.1% de incremento respecto al testigo (109.73g/planta). Al respecto **Herrera. T (2011),** sustenta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) que la respuesta a las dosis de AH son estadísticamente similares para los niveles (0,8 y 16 kg/ha AH), siendo la dosis de 8 kg/ha el cual obtuvo la mayor producción de materia seca de tallos (71.4 g/planta), con 7.2 % de incremento respecto a la dosis 16 kg/ha. De otro lado, respecto al nivel nutricional, Duncan indica que las medias son estadísticamente similares entre sí para los niveles nutricionales en estudio (0, 30, 60 y 90 kg/ha CaO), siendo el testigo, el cual obtuvo la mayor producción de materia seca de tallos (126.98 g/planta), con un 14.1% de incremento respecto al nivel de (30kg/ha). (Figura 8)

Materia seca de la mazorca (g / planta)

La prueba de comparación de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) indica que las medias para los niveles; (0, 120 y 240 l/ha AH) son estadísticamente similares, siendo la dosis AH-240 el cual obtuvo la mayor producción de materia seca de mazorca (219.93g/planta) con un 5.9% de incremento respecto AH-120 (207.04g/planta). De otro lado, Duncan indica que las medias son estadísticamente similares entre sí para los niveles nutricionales en estudio (60, 30 y 90 kg/ha CaO). Sin embargo, las dosis (60 y 30kg/ha) son estadísticamente diferentes al testigo, siendo la dosis (60 kg/ha) el cual obtuvo la mayor producción de materia seca de mazorca (233.69 g/planta), con un 22.3% de incremento respecto AH-0. Asimismo, el testigo y la dosis 90kg/ha son estadísticamente son estadísticamente similares. (Figura 9)

Materia seca de panoja (g / planta)

La prueba de comparación de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) indica que las medias para los niveles (120 y 0 l/ha AH) son estadísticamente similares entre sí, pero estos son estadísticamente diferentes a la dosis AH-240, el cual obtuvo la menor producción de materia seca de panoja (5.59 g/planta), con un 24.9% por debajo AH-120 (7.31 g/planta). De otro lado, Duncan indica que las medias son estadísticamente similares entre sí para los niveles nutricionales en estudio (90, 0 y 60 kg/ha CaO). Siendo la dosis (90 kg/ha) el cual

obtuvo la mayor producción de materia seca de panoja (7.66 g/planta), con un 34.3% de incremento respecto a la dosis 30 kg/ha. Asimismo, la dosis (0, 60 y 30 kg/ha CaO) son estadísticamente similares entre sí. (Figura 10)

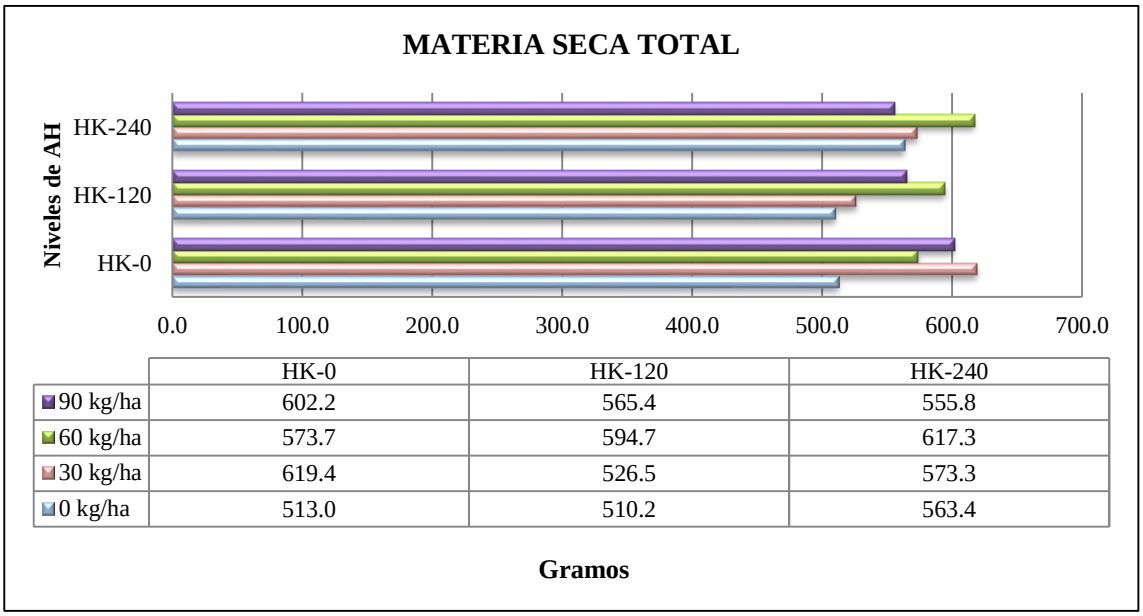
Materia seca de panca (g / planta)

La prueba de comparación de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) indica que las medias para los niveles; (0, 120 y 240 l/ha AH) son estadísticamente similares, siendo el testigo (AH-0 l/ha), el cual obtuvo la mayor producción de materia seca de panca (87.63 g/planta) con un 8.2% de incremento respecto de AH-240 (80.43 g/planta).

Al respecto **Herrera. T (2011),** sustenta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) que la respuesta a las dosis de AH son estadísticamente similares para los niveles (0,8 y 16 kg/ha AH), siendo la dosis de 8 kg/ha el cual obtuvo la mayor producción de materia seca de panca (48 g/planta), con 12 % de incremento respecto a la dosis 16 kg/ha. De otro lado, respecto al nivel nutricional, Duncan indica que las medias son estadísticamente similares entre sí para los niveles nutricionales en estudio (60, 30, 90 y 0 kg/ha CaO) siendo el nivel 60 kg/ha el cual obtuvo la mayor producción de materia seca de panca (87.34 g/planta), con un 8.9% de incremento respecto al testigo 80.17 g/planta. (Figura 11). **Giles (2011)** encontró diferencias altamente significativas para la aplicación de Ácidos Húmicos, obteniendo la mayor producción de materia seca de panca con la dosis 16 kg/ha de Á. Húmicos

Tabla 10: Distribución de la materia seca en el maíz amarillo Hibrido PM-213

Factor en estudio	Materia seca total (gramos /planta)	Materia seca de hojas (gramos /planta)	Materia seca de tallo (gramos /planta)	Materia seca de mazorca (gramos /planta)	Materia seca de panoja (gramos /planta)	Materia seca de panca (gramos /planta)
Nivel de Ácidos Húmicos (l / ha)						
AH-0	535.23	111.95	109.73	219.00	6.92	87.63
AH-120	527.80	110.27	120.86	207.05	7.31	82.31
AH-240	517.64	101.20	110.49	219.93	5.59	80.43
Niveles de Ca0 (kg/ha)						
Ca-0	525.95	121.02	126.98	191.07	6.71	80.17
Ca-30	522.82	100.27	109.03	223.67	5.36	84.49
Ca-60	541.69	104.45	109.50	233.69	6.71	87.34
Ca-90	517.11	105.49	109.27	212.86	7.66	81.83
Análisis de Variancia						
Fuente de variación	**Significación**					
Bloques	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ácidos Húmico (AH)	ns	ns	ns	ns	*	ns
Niveles de calcio	ns	*	ns	*	ns	ns
Interacción (Ca*AH)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10.7	16.9	26.4	15.1	29.9	28.9



	HK-0	HK-120	HK-240
90 kg/ha	602.2	565.4	555.8
60 kg/ha	573.7	594.7	617.3
30 kg/ha	619.4	526.5	573.3
0 kg/ha	513.0	510.2	563.4

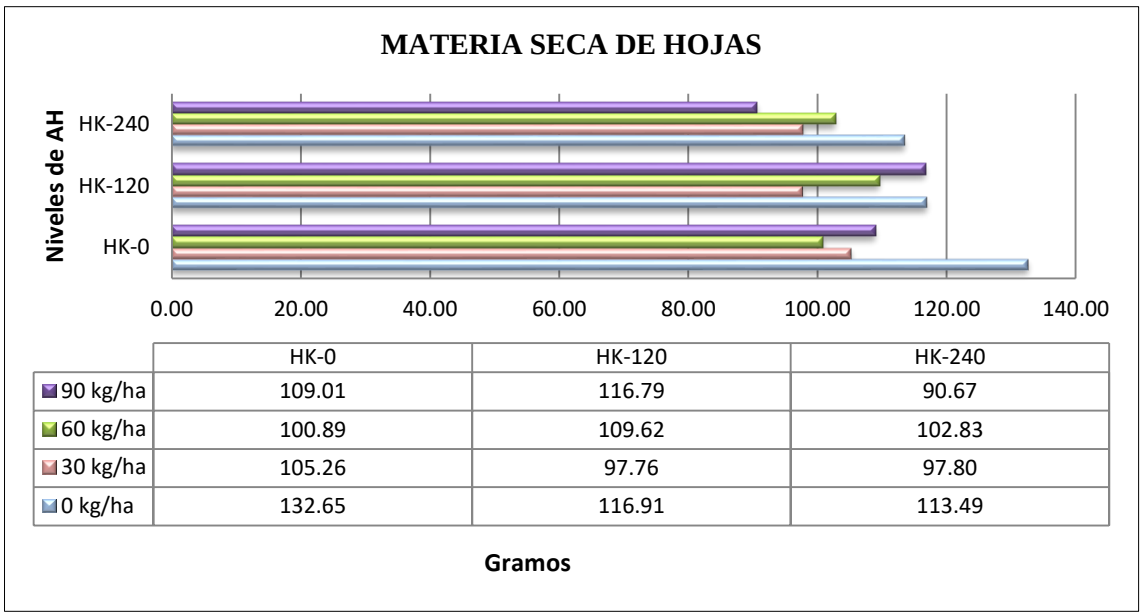
Figura 6: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en la materia seca total del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)

Medias de Materia seca total (gr) para niveles de ácido húmico en promedio de fertilización cálcica y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ácido Húmicos (l/ha)	Medias	Duncan	%
HK-240	577.4	A	100.1
HK-0	577.1	A	100.0
HK-120	549.2	A	95.2

Medias de altura de planta (m) para niveles de fertilización cálcica en promedio de ácido húmico y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ca0 (Kg/ha)	Medias	Duncan	%
Ca-60	595.2	A	112.5
Ca-90	574.4	AB	108.6
Ca-30	573.1	AB	108.4
Ca-0	528.9	B	100.0



	HK-0	HK-120	HK-240
90 kg/ha	109.01	116.79	90.67
60 kg/ha	100.89	109.62	102.83
30 kg/ha	105.26	97.76	97.80
0 kg/ha	132.65	116.91	113.49

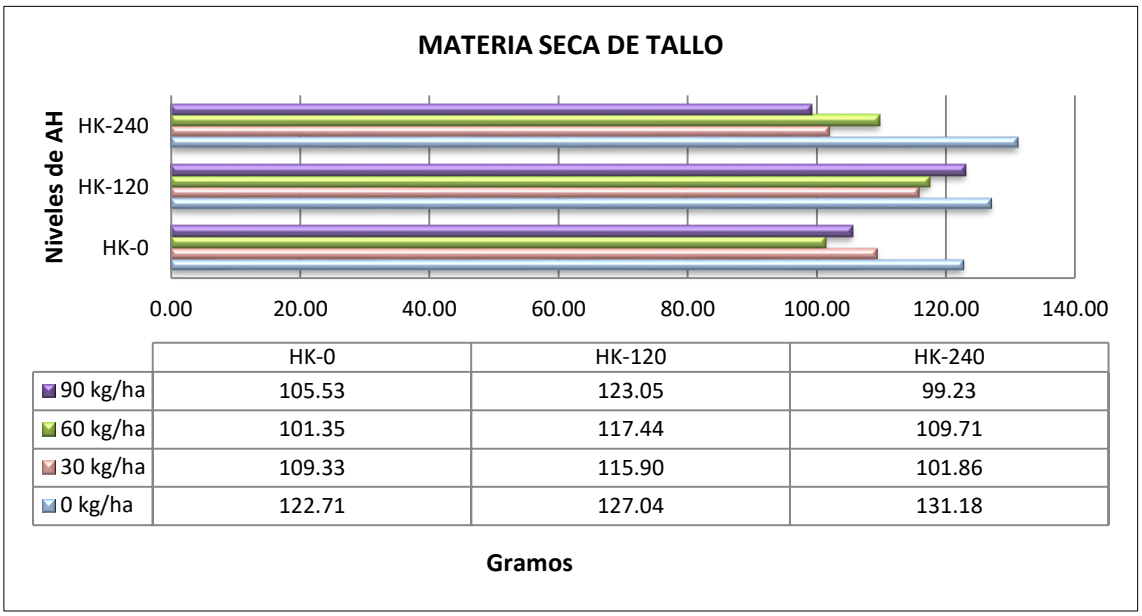
Figura 7: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en la materia seca de hojas del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)

Medias de Materia seca de hojas (gr) para niveles de ácido húmico en promedio de fertilización cálcica y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ácido Húmicos (l/ha)	Medias	Duncan	%
AH- 0	111.95	A	100.0
AH-120	110.27	A	98.5
AH-240	101.20	A	90.4

Medias de Materia seca de hojas (gr) para niveles de fertilización cálcica en promedio de ácido húmico y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ca0 (Kg/ha)	Medias	Duncan	%
Ca- 0	121.02	A	100.0
Ca-90	105.49	B	87.2
Ca-60	104.45	B	86.3
Ca-30	100.27	B	82.9



	HK-0	HK-120	HK-240
90 kg/ha	105.53	123.05	99.23
60 kg/ha	101.35	117.44	109.71
30 kg/ha	109.33	115.90	101.86
0 kg/ha	122.71	127.04	131.18

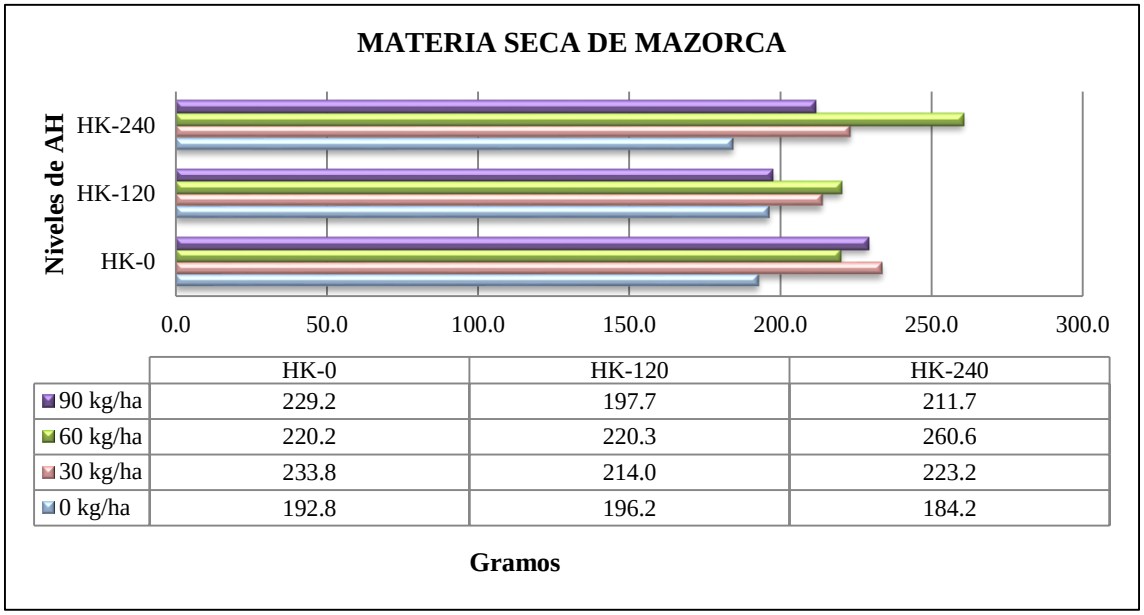
Figura 8: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en la materia seca de tallo del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)

Medias de Materia seca del tallo (gr) para niveles de ácido húmico en promedio de fertilización cálcica y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ácido Húmicos (l/ha)	Medias	Duncan	%
AH-120	120.86	A	110.1
AH-240	110.49	A	100.7
AH-0	109.73	A	100.0

Medias de Materia seca del tallo (gr) para niveles de fertilización cálcica en promedio de ácido húmico y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ca0 (kg/ha)	Medias	Duncan	%
Ca- 0	126.98	A	100.0
Ca-60	109.50	A	86.2
Ca-90	109.27	A	86.1
Ca-30	109.03	A	85.9



	HK-0	HK-120	HK-240
90 kg/ha	229.2	197.7	211.7
60 kg/ha	220.2	220.3	260.6
30 kg/ha	233.8	214.0	223.2
0 kg/ha	192.8	196.2	184.2

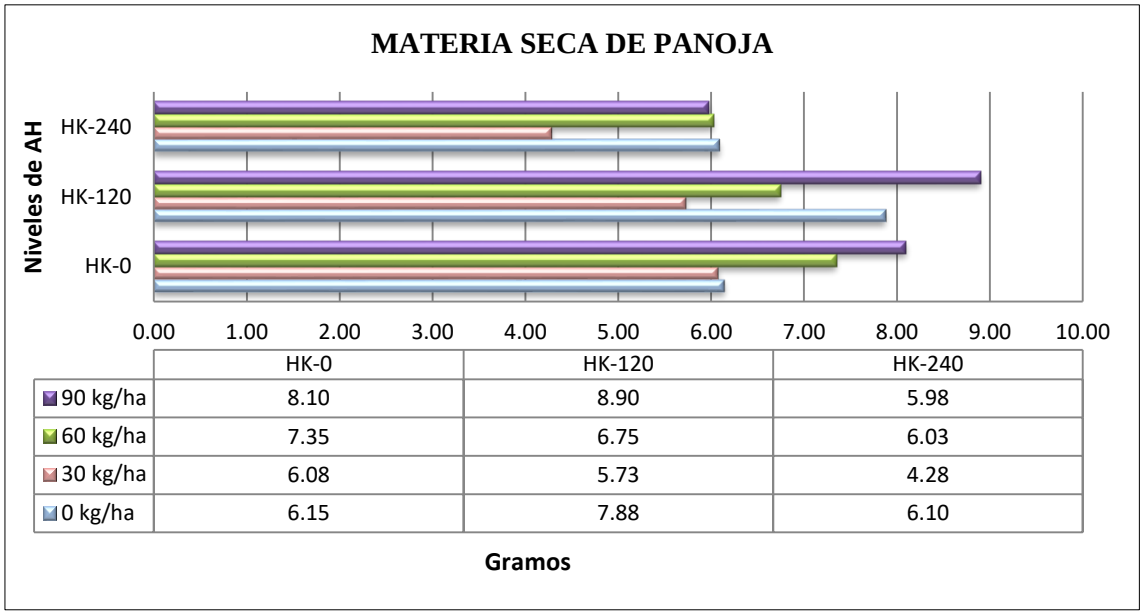
Figura 9: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en la materia seca de la mazorca del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)

Medias de Materia seca de la mazorca (gr) para niveles de ácido húmico en promedio de fertilización cálcica y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ácido Húmicos (l/ha)	Medias	Duncan	%
AH-240	219.93	A	100.4
AH-0	219.00	A	100.0
AH-120	207.04	A	94.5

Medias de Materia seca de la mazorca (gr) para niveles de fertilización cálcica en promedio de ácido húmico y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ca0 (Kg/ha)	Medias	Duncan	%
Ca-60	233.69	A	122.3
Ca-30	223.67	A	117.1
Ca-90	212.86	AB	111.4
Ca-0	191.07	B	100



	HK-0	HK-120	HK-240
90 kg/ha	8.10	8.90	5.98
60 kg/ha	7.35	6.75	6.03
30 kg/ha	6.08	5.73	4.28
0 kg/ha	6.15	7.88	6.10

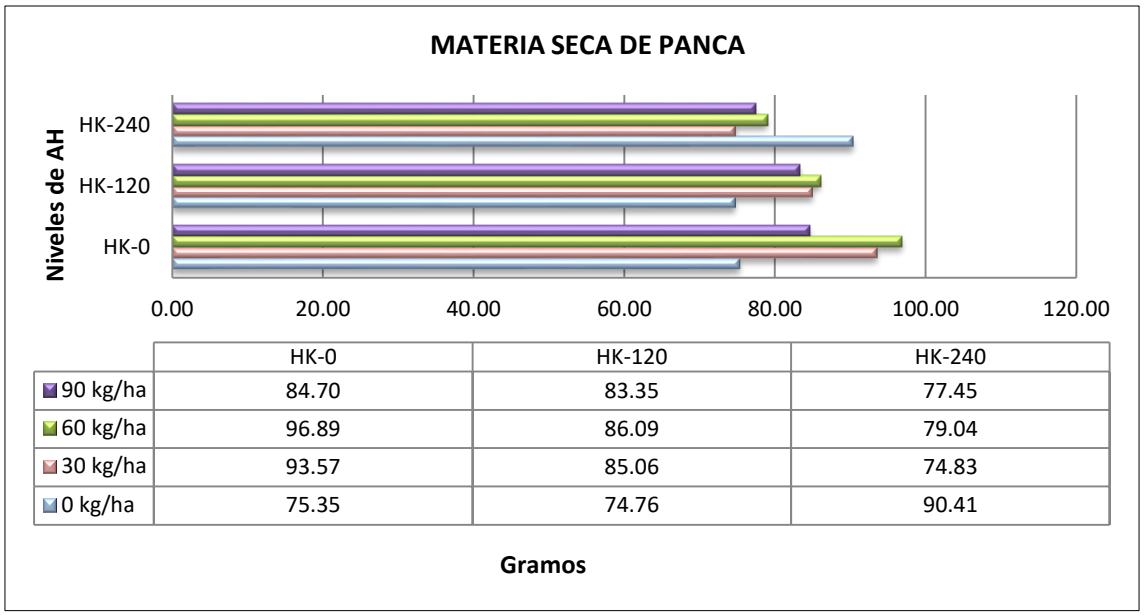
Figura 10: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en la materia seca de panoja del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)

Medias de Materia seca de la panoja (gr) para niveles de ácido húmico en promedio de fertilización cálcica y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ácido Húmicos (l/ha)	Medias	Duncan	%
AH-120	7.32	A	105.7
AH-0	6.92	A	100.0
AH-240	5.59	B	80.8

Medias de Materia seca de la panoja (gr) para niveles de fertilización cálcica en promedio de ácido húmico y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ca0 (kg/ha)	Medias	Duncan	%
Ca-90	7.66	A	114.2
Ca-0	6.71	AB	100.0
Ca-60	6.71	AB	100.0
Ca-30	5.36	B	79.9



	HK-0	HK-120	HK-240
90 kg/ha	84.70	83.35	77.45
60 kg/ha	96.89	86.09	79.04
30 kg/ha	93.57	85.06	74.83
0 kg/ha	75.35	74.76	90.41

Figura 11: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica en la materia seca de panca del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)

Medias de Materia seca de panca (gr) para niveles de ácido húmico en promedio de fertilización cálcica y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ácido Húmicos (l/ha)	Medias	Duncan	%
AH- 0	87.63	A	100.0
AH-120	82.31	A	93.9
AH-240	80.43	A	91.8

Medias de Materia seca de panca (gr) para niveles de fertilización cálcica en promedio de ácido húmico y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ca0 (kg/ha)	Medias	Duncan	%
Ca-90	81.83	A	102.1
Ca-0	80.17	A	100.0
Ca-60	87.34	A	108.9
Ca-30	84.49	A	105.4

4.2.3 Componentes del rendimiento de Maíz Amarillo DuroPM-213

En la tabla 11. Presenta los resultados del efecto de diferentes dosis de ácidos húmicos, sobre el número de planta /m^2, número de mazorcas por planta y peso promedio de mazorca (14% de humedad), no muestran diferencias estadísticas. En cuanto al factor nivel de nutrición, se encontraron diferencias altamente significativas en la variable número de mazorcas por planta. De otro lado, los efectos de interacción de (niveles de ácidos húmicos x niveles de calcio), no muestran diferencias estadísticas.

Número de plantas / m^2

La prueba de comparación de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) indica que las medias para los niveles; (0 y 120 l/ha AH) son estadísticamente similares entre sí, a su vez son estadísticamente diferentes a la dosis AH-240, el cual obtuvo el menor número de plantas / m2 (4.85), con un 4.6 % por debajo de la dosis AH-120.De otro lado, Duncan indica que las medias son estadísticamente similares entre sí para los niveles nutricionales en estudio (0, 90, 60 y 30 kg/ha CaO). Siendo el testigo (0 kg/ha) el cual obtuvo el mayor número de plantas / m2, con un 3.6% de incremento respecto de la dosis 30 kg/ha. (Figura 12)

Número de mazorcas / planta

La prueba de comparación de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) indica que las medias para los niveles; (0, 120 y 240 l/ha AH) son estadísticamente similares, siendo la dosis AH-240, el cual obtuvo el mayor número de mazorcas / planta (1.54) con un 8.2% de incremento respecto AH-120 (1.42). Al respecto **Herrera T. (2011),** sustenta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) que la respuesta a las dosis de AH son estadísticamente similares para los niveles (0, y 16 kg/ha AH), siendo estadísticamente diferente a la dosis de 8 kg/ha, el cual obtuvo el mayor número de mazorcas / planta (1.28), con 5.5 % de incremento respecto a la dosis 16 kg/ha. Asimismo, en la comparación de los híbridos (PIONNER-3041, DOW-8480, 2B-688, 2B-710 y PM-213) Duncan indica que el hibrido PM-213 obtuvo un valor máximo (1.51) mazorca /planta, con un 43.9% incremento respecto al 2B-688. De otro lado en la fertilización cálcica. Duncan indica que las medias son estadísticamente similares entre sí para los niveles nutricionales en estudio (30, 60 y 90 kg/ha CaO). Asimismo, son estadísticamente diferentes al testigo, siendo la dosis de 30kg/ha el cual obtuvo el mayor número de mazorcas / planta (1.63), con un 27.7 % de incremento respecto 0 kg/ha (1.28). (Figura 13).

Giles, (2010) no encontró diferencias significativas por efecto de la aplicación de ácidos húmicos, además obtuvo el mayor valor (5.3plantas/m^2) con el tratamiento testigo (0 kg de ácidos húmicos/ha)

Peso promedio mazorca (14% de humedad)

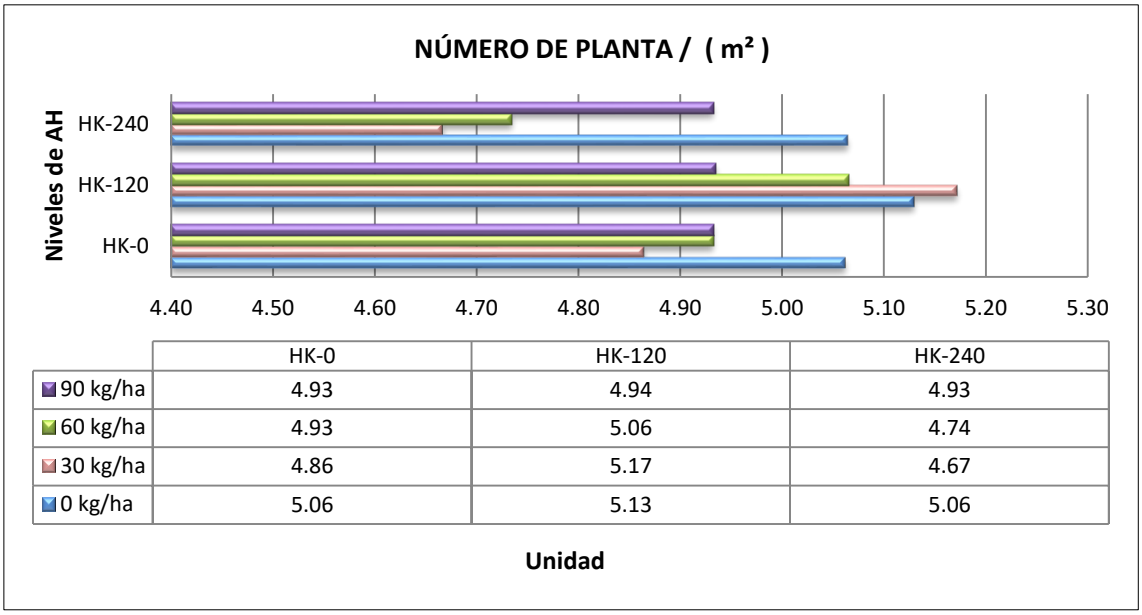
La prueba de comparación de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) indica que las medias para los niveles; (0, 120 y 240 l/ha AH) son estadísticamente similares, siendo la dosis AH-120, el cual obtuvo un mayor peso promedio de mazorca (169.6 g), con un 2.6 % respecto AH-240 (165.37 g). Al respecto **Herrera. T 2011),** sustenta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) que la respuesta a las dosis de AH son estadísticamente similares para los niveles (0,8 y 16 kg/ha AH), siendo la dosis de 8 kg/ha, el cual obtuvo peso promedio de mazorca (199.0 g/planta), con 7.5 % de incremento respecto al testigo 0 kg/ha. Asimismo, en la comparación de los híbridos (PIONNER-3041, DOW-8480, 2B-688, 2B-710 y PM-213) Duncan indica que el hibrido PM-213 obtuvo un valor (185 g/planta), con un 1.1% incremento respecto al 2B-710. De otro lado respecto a la fertilización cálcica, Duncan indica que las medias son estadísticamente similares entre sí para los niveles nutricionales en estudio (0, 60, 90 y 30 kg/ha CaO), siendo el testigo el cual obtuvo un mayor peso promedio de mazorca (174.02 g). (Figura 14).

4.2.4 Rendimiento comercial de maíz amarillo Hibrido PM-213

En la tabla 12, presenta los resultados del efecto de diferentes dosis de ácidos húmicos, sobre el rendimiento comercial (kg/ha), no muestran diferencias estadísticas. En cuanto al factor nivel de nutrición, se encontraron diferencias significativas en respuesta a la fertilización cálcica. De otro lado, los efectos de interacción de (niveles de ácidos húmicos x Niveles de calcio), no muestran diferencias estadísticas, indicando el comportamiento independiente de la fertilización cálcica respecto a la aplicación de ácidos húmicos. La prueba de comparación de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) indica que las medias para los niveles; (0, 120 y 240 l/ha AH) son estadísticamente similares, siendo el testigo HK-0 (l/ha), el cual obtuvo un mayor rendimiento comercial (10,275 kg/ha) con un 4.5% de incremento respecto AH-120 (9,812 kg/ha). (Figura 15)

Tabla 11: **Componentes del rendimiento del maíz amarillo Hibrido PM-213**

Factor en estudio	Número de plantas / m²	Número de mazorcas / plantas	Peso promedio mazorca (gramos)
Nivel de Ácidos Húmicos (l / ha)			
AH-0	4.95	1.51	168.68
AH-120	5.08	1.42	169.69
AH-240	4.85	1.54	165.37
Niveles de Ca0 (kg/ha)			
Ca-0	5.09	1.28	174.02
Ca-30	4.90	1.63	159.26
Ca-60	4.91	1.58	171.72
Ca-90	4.93	1.48	166.66
Análisis de Variancia			
Fuente de variación	**Significación**		
Bloques	ns	ns	ns
Ácidos Húmico (HK)	ns	ns	ns
Niveles de calcio	ns	**	ns
Interacción (Ca*HK)	ns	ns	ns
CV (%)	6.11	13.73	16.20



	HK-0	HK-120	HK-240
90 kg/ha	4.93	4.94	4.93
60 kg/ha	4.93	5.06	4.74
30 kg/ha	4.86	5.17	4.67
0 kg/ha	5.06	5.13	5.06

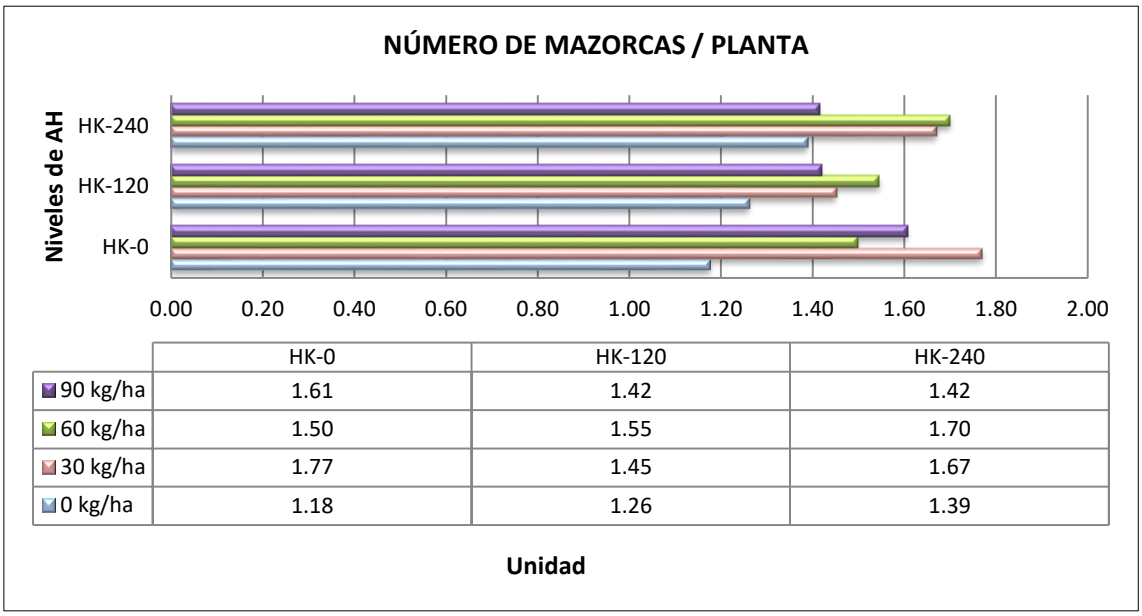
Figura 12**:** Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica el número de plantas / **m²** del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)

Medias de número de planta / m² para niveles de ácido húmico en promedio de fertilización cálcica y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ácido Húmicos (l/ha)	Medias	Duncan	%
AH-120	5.08	A	102.6
AH-0	4.95	A	100.0
AH-240	4.85	B	98.0

Medias de número de planta / m² para niveles de fertilización cálcica en promedio de ácido húmico y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ca0 (kg/ha)	Medias	Duncan	%
Ca- 0	5.09	A	100.0
Ca-90	4.93	A	97.0
Ca-60	4.91	A	96.6
Ca-30	4.90	A	96.4



	HK-0	HK-120	HK-240
90 kg/ha	1.61	1.42	1.42
60 kg/ha	1.50	1.55	1.70
30 kg/ha	1.77	1.45	1.67
0 kg/ha	1.18	1.26	1.39

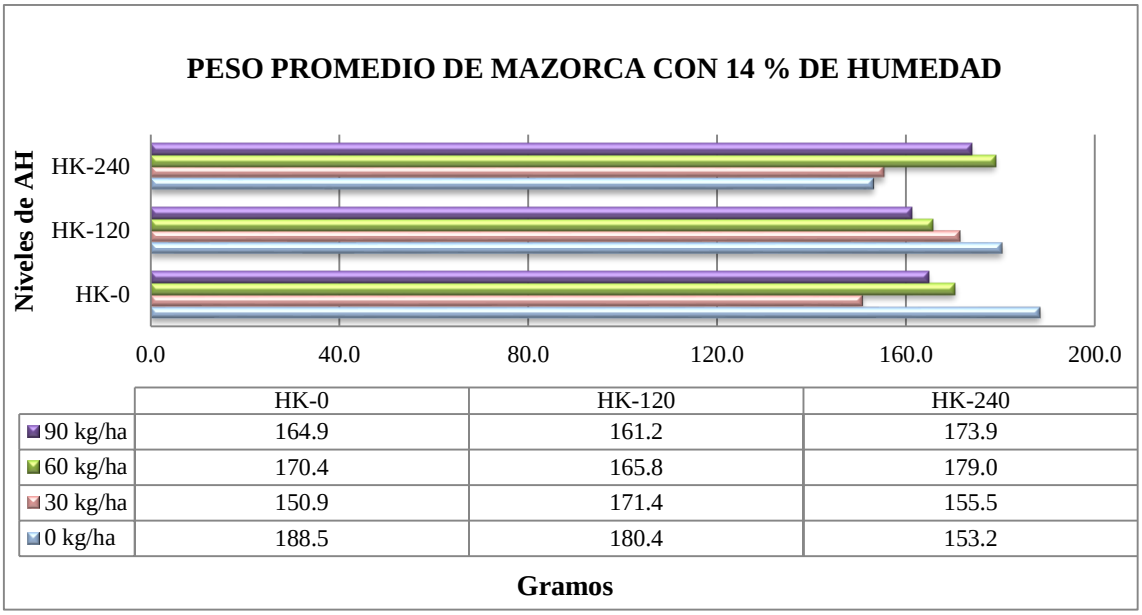
Figura 13: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica el número de mazorca / planta del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)

Medias del número de mazorcas / planta para niveles de ácido húmico en promedio de fertilización cálcica y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ácido Húmicos (l/ha)	Medias	Duncan	%
AH-240	1.54	A	102.0
AH-0	1.51	A	100.0
AH-120	1.42	A	93.8

Medias del número de mazorcas / planta para niveles de fertilización cálcica en promedio de ácido húmico y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ca0 (kg/ha)	Medias	Duncan	%
Ca-30	1.63	A	127.7
Ca-60	1.58	A	123.8
Ca-90	1.48	A	116.0
Ca-0	1.28	B	100.0



	HK-0	HK-120	HK-240
90 kg/ha	164.9	161.2	173.9
60 kg/ha	170.4	165.8	179.0
30 kg/ha	150.9	171.4	155.5
0 kg/ha	188.5	180.4	153.2

Figura 14: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica sobre el peso promedio mazorca (14% de humedad) del maíz amarillo duro PM-213(Zea mays L.)

Medias del peso promedio de mazorca (gr) para niveles de ácido húmico en promedio de fertilización cálcica y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ácido Húmicos (l/ha)	Medias	Duncan	%
AH-120	169.69	A	100.6
AH-0	168.68	A	100.0
AH-240	165.37	A	98.0

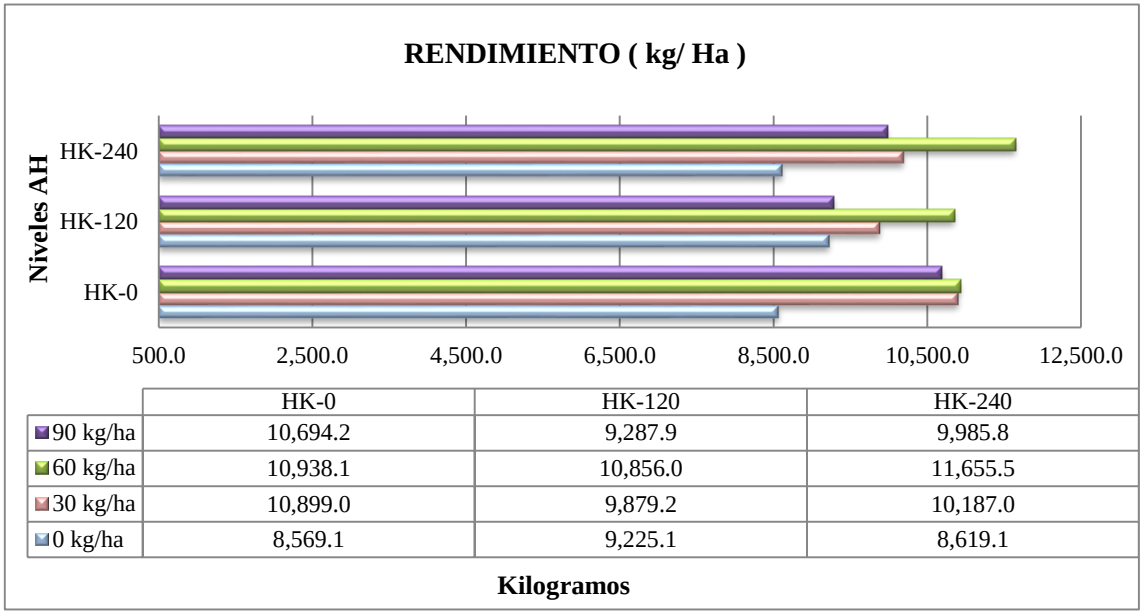
Medias del peso promedio de mazorca (gr) para niveles de fertilización cálcica en promedio de ácido húmico y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ca0 (kg/ha)	Medias	Duncan	%
Ca- 0	174.02	A	100.0
Ca-60	171.72	A	98.7
Ca-90	166.66	A	95.8
Ca-30	159.26	A	91.5

Herrera T. (2011), sustenta mediante la prueba de comparación de medias de Duncan para niveles de ácidos húmicos (AH) que la respuesta a las dosis de AH son estadísticamente similares para los niveles (0, y 16 kg/ha AH), siendo estadísticamente diferente a la dosis de 8 kg/ha, el cual obtuvo el mayor rendimiento (11,059 kg/ha), con 16.5 % de incremento respecto a la dosis 16 kg/ha. Asimismo, en la comparación de los híbridos (PIONNER-3041, DOW-8480, 2B-688, 2B-710 y PM-213) Duncan indica que el hibrido PM-213 obtuvo un rendimiento (11,973.6 kg/ha), con un 46% incremento respecto al 2B-688.De otro lado respecto a la fertilización cálcica, Duncan indica que las medias son estadísticamente similares entre sí para los niveles nutricionales en estudio (60, 30 y 90 kg/ha CaO). Asimismo, el testigo es estadísticamente diferente a la dosis 60 kg/ha, el cual obtuvo el mayor rendimiento comercial (11,149 kg/ha), con un 26.6% de incremento respecto al testigo (8,804 kg)**. A** su vez las dosis (30, 90 y 0 kg/ha) son estadísticamente son estadísticamente similares. **Tan (1978),** señaló que tanto los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos son capaces de liberar el potasio en arcillas silicatadas como la illita y montmorillonita. Arcillas que se encuentran en suelos de la costa peruana y además la illita con capacidad de fijar el potasio en sus espacios inter laminares, este potasio es difícilmente liberado, sin embargo, los ácidos húmicos y fúlvicos pueden dejarlo disponible, es importante recordar que el potasio cumple la función de llevar los fotosintatos al fruto, logrando un mejor llenado de granos y por lo tanto un mayor rendimiento. **Giles (2010),** evaluó el efecto de la interacción de la aplicación de cuatro dosis ácidos húmicos (0, 8, 16 y 24 kg/ha) y tres niveles de nitrógeno (0, 120 y 240 kg/ha) en el crecimiento y rendimiento de maíz morado cv. PMV 581 bajo riego por goteo y encontró diferencias significativas en el rendimiento por efecto de la aplicación de ácidos húmicos, obtuvo el mayor rendimiento total con la dosis de8 kg/ha de ácidos húmicos (7,212.3 kg/ha). La presente investigación también reportó el mayor rendimiento con la dosis 8 kg de ácido húmicos/ha. **Manrique y Nakahodo (1980),** Comparando híbridos comerciales de maíz en tres zonas Cañete, Chincha y Paramonga, encontraron: En la zona de Cañete, los híbridos PM212 (5,973 kg/ha) y PENTA 1070 (5,200 kg/ha) que alcanzaron los mayores rendimientos; en la zona de Chincha, el híbrido PM 204 alcanzó el mayor rendimiento (7,632 kg/ha); y, en la zona de Paramonga, el híbrido PENTA 1070 alcanzo el mayor rendimiento (7,030 kg/ha). En general el híbrido NH 1808 alcanzó el menor rendimiento en las tres zonas (4,056 kg/ha). Los híbridos comerciales probados en la presente investigación obtuvieron un rendimiento mínimo de 8,302.89 kg/ha para el híbrido H5: 2B 688, en condiciones de suelos y aguas salinas, lo que indica mejores características genéticas que resultan en un mejor rendimiento.

Tabla 12: Rendimiento comercial del maíz amarillo Híbrido PM-213

Factor en estudio	Rendimiento comercial (kg/ha)
Nivel de Ácidos Húmicos (l / ha)	
AH-0	10,275.1
AH-120	9,812.1
AH-240	10,111.9
Niveles de Ca0 (kg/ha)	
Ca-0	8,804.4
Ca-30	10,321.7
Ca-60	11,149.9
Ca-90	9,989.3
Análisis de Variancia	
Fuente de variación	**Significación**
Bloques	ns
Ácidos Húmico (HK)	ns
Niveles de calcio	*
interacción (Ca*HK)	ns
CV (%)	17.79



	HK-0	HK-120	HK-240
90 kg/ha	10,694.2	9,287.9	9,985.8
60 kg/ha	10,938.1	10,856.0	11,655.5
30 kg/ha	10,899.0	9,879.2	10,187.0
0 kg/ha	8,569.1	9,225.1	8,619.1

Figura 15: Aplicación de ácidos húmicos y fertilización cálcica sobre el Rendimiento comercial del maíz amarillo duro PM-213 (Zea mays L.)

Medias del rendimiento comercial (kg/ha) para niveles de ácido húmico en promedio de fertilización cálcica y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ácido Húmicos (l/ha)	Medias	Duncan	%
AH- 0	10,275.1	A	100.0
AH-240	10,111.9	A	98.4
AH-120	9,812.1	A	95.5

Medias del rendimiento comercial (kg/ha) para niveles de fertilización cálcica en promedio de ácido húmico y prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Niveles de Ca0 (kg/ha)	Medias	Duncan	%
Ca- 60	11,149.9	A	126.6
Ca-30	10,321.7	AB	117.2
Ca-90	9,989.3	AB	113.5
Ca-30	8,804.4	B	100.0

V. ANALISIS AGRO-ECONOMICO

El cuadro11, presenta los resultados del análisis económico del cultivo de maíz amarrillo duro PM-213, teniendo como base los rendimientos del cultivo. Determinando índices de rentabilidad por niveles de Ácidos húmicos x Niveles de calcio. El mayor índice de rentabilidad (62.4%) caracteriza al tratamiento sin ácidos húmicos con 30 kg/ha CaO, con una utilidad neta de $1,884, mientras que el menor índice de rentabilidad negativo (-13.5 %) se presenta a nivel del tratamiento con 240 l/ha sin calcio aplicado con una utilidad negativa de $ 604 por hectárea, pérdida significativa económica en el proceso de producción de maíz amarrillo duro. Asimismo, el índice de rentabilidad promedio para ácidos húmicos indica que el mayor valor (IR) con **51.7 %** caracteriza al manejo del cultivo de maíz sin la aplicación de ácidos húmicos. Cuando se aplica 120 l/ha AH el (IR) 16.2 % y cuando se aplica 240 l/ha AH el índice de rentabilidad se hace negativo con un valor de **0.2%.** Para el efecto del calcio aplicado el índice de rentabilidad promedio indica, para la producción de maíz sin calcio el (IR) 9.3%, con la aplicación de 30 kg/ha de CaO el IR es de 27.1 %, para 60 kg/ha de CaO el índice de rentabilidad es máximo con 34.2%. Finalmente, a un nivel mayor de calcio aplicado con 90 kg/ha de CaO el IR disminuye a 19.7 %.

Tabla 13: Análisis Agroeconómico del rendimiento de maíz amarrillo duro PM-213

Ácidos Húmicos	Niveles de calcio (CaO)	Rendimiento Comercial (kg/ha)	Valor Neto de la Producción	Costos Totales (US $)	Utilidad Neta (US $)	Índice de Rentabilidad (%)
AH-0 l/ha	**Ca- 0 kg/ha**	8,569	3,856.1	2,970	886.0	29.83
	Ca-30 kg/ha	10,899	4,904.6	3,019	1,884.8	**62.42**
	Ca-60 kg/ha	10,938	4,922.1	3,069	1,852.8	60.36
	Ca-90 kg/ha	10,694	4,812.4	3,119	1,693.4	54.29
AH-120 l/ha	**Ca- 0 kg/ha**	9,225	4,151.3	3,726	425.2	11.41
	Ca-30 kg/ha	9,879	4445.6	3,775	669.9	17.74
	Ca-60 kg/ha	10,856	4,885.2	3,825	1,059.8	27.71
	Ca-90 kg/ha	9,287.	4,179.6	3,875	304.5	7.86
AH-240 l/ha	**Ca- 0 kg/ha**	8,619	3,878.6	4,482	-603.5	**-13.47**
	Ca-30 kg/ha	10,187	4,584.2	4,531	52.4	1.16
	Ca-60 kg/ha	11,655	5,245.0	4,581	663.6	14.48
	Ca-90 kg/ha	9,985	4493.6	4,631	-137.4	-2.97

Precio por kg: 0.45 Dólares

Cambio de dólares a Soles= 2.806 soles/dólar.

VI CONCLUSIONES

En maíz amarillo duro PM 213, la altura de planta, materia seca total y área foliar, no presentan diferencias a la aplicación de ácidos húmicos y a la fertilización cálcica. En la materia seca de mazorcas y de hojas si se presentan diferencias.

El rendimiento de grano y el número de mazorcas fueron afectados positivamente por la fertilización cálcica. Los rendimientos más elevados de maíz amarillo duro, se presentaron a nivel 60 kg/ha de CaO y el mayor número de mazorcas a nivel de 30 kg/ha de CaO, sin ser diferente de 60 y 90 kg/ha de CaO en ambos casos, en todos los niveles de ácidos húmicos aplicados.

El consumo de agua durante los 158 días de ciclo vegetativo del cultivo de maíz amarillo duro fue de 5,690.56 m3/ha, con un rendimiento comercial promedio de 10,066 kg/ha de maíz grano, determinando una eficiencia de Uso de Agua (EUA) de 1.76 kg producidos por m3 de agua aplicados.

Los parámetros agronómicos que caracterizan al cultivo de maíz amarillo indican un Índice de área Foliar (IAF) de 6.92 m2/m2 de un Coeficiente de Transpiración (CT) de 195.9 l/kg, un Indicé de Cosecha (IC) de 40.8 % y una Evapotranspiración del Cultivo (ETc) de 512.15 mm/campaña.

El análisis agroeconómico indica que los mayores índices de rentabilidad (IR%) se presentan con la fertilización cálcica y sin la aplicación de ácidos húmicos, con IR% entre 54 y 62 %. Conforme se eleva la dosis de aplicación de ácidos húmicos la rentabilidad disminuye.

VII. BIBLIOGRAFIA:

Adams, F. (1966). Calcium deficiency as a causal agent of ammonium phosphate injury to cotton seedlings. SoilSci Soc. Am. Proc. 30. 485 – 488.

Arnon, I. (1974). Mineral Nutritión of Miaze. Hebrew University of Jerusalem Israel. Ed. International Potash Institute.

Barceló Coll, J. (2005). Fisiología Vegetal. Ed. Pirámide S.A. Madrid – España. 568p.

Bennett, F. W. (1994). Plant nutrient utilization and ignotic plant symptoms. In: Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. F. William. Ed. American Phytopathological Society. St. Paul Minnesotta.

Benavides C. A. (1987). Suelos ácidos. INIPA-CONCYTEC, Yurimaguas. 60p

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

Chapman, H., y Prat, F. (1979). Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Agua. Ed. Trillas, México.

Clarkson, D. T. (1985). Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. Ann Rev Plant Physiol, 36: 77-115.

Concha. M (2007). Efecto de la fertilización N-P-K en el crecimiento y rendimiento de tres híbridos de maíz (Zea mays L.) bajo riego por goteo.

Colegio de Postgraduados. (2008). El cultivo del maíz. Temas selectos. Primera edición. Mundi-Prensa México. México D.F., México. 127p.

Convenio INAF-INIPA. (1985). Extensión en el manejo de agua-suelo-planta. El maíz. Lima, Perú.101p.

Devlin, R. (1976). Fisiologia Vegetl. Ed. Omeg S.A. Barcelona, Pag. 263 – 277.

Dick, W.A, y McCoy, E.L. (1993). Enhancing soil fertility by addition of compost. Ad H: A: Hointink and H. Keener. The Ohio State University.

Domínguez, V. (1967). Tratado de fertilización. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. España.

Duplessis G. L. and Kenzie A. F. (1983). Effects of leonardite applications on phosphorus availability and corn growth. Soil Sci. 749p

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

Fernandez, V. H. (1968). The action of humic acids of differensourcess on the development of plants and their effen on increasing concentration of the nutrient solution.Pont. Acad. Scid. Ser. 805.

Fortum C. y Polo A. (1982). Efecto de algunos tipos de compuestos humitos sobre el crecimiento de las raíces de Zea mays. Agrochimica. 26p.

Glanze, P. (1977). El maíz de grano: producción mecanizada de maíz de grano en las regiones tropicales y subtropicales. Cornell University. Ediciones Euroamericanas.198p.

Gil, F. (1995). Nutrición Mineral en Elementos de Fisiología Vegetal, 1ra. Ed. p 249 - 283. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona, México.

Giles (2011). Efectos de interacción entre diferentes niveles de nitrógeno y la aplicación de ácidos húmicos en el cultivo de maíz morado Zea mays cv. PMV 581. Tesis UNALM.

Gonzales, U. (1995). El maíz y su conservación. Primera edición. Editorial Trillas. México. 399p.

Hayes y Wilson (1997). Humic Substances in soils, Peats and Waters.Health and environmental aspects. The royal society and chemistry. Cambridge.

Hanway, J. (1969). Corn Growth and composition in relation to soil fertility. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. Agron. J. 54: 145-8

Herrera, J. (2011). Efecto de la aplicación de ácidos húmicos en el rendimiento de maíz amarillo duro (Zea mays L.) bajo riego por goteo. 107p.

Hurtado, L. (1984). Determinación de las relaciones entre los estados Morfofisiológicos del cultivo de Maíz vs. el estado Energético del agua del suelo.

Hopkins, W. G. (1995). Plant and inorganic nutrient. En Introduction to plant Physiology. Pp. 66 – 80. Jhon Wiley and Sons, INC. Nueva York

Khristeva L. A. (1968). About the nature of physiologically active substances of the soil humus and organic fertilizers and their agricultural importance. Ed. Pontifical Academic Scientariumcitta del Vaticano. 701p

Lee y. S. Bartlett (1976). Stimulation of plant growth by humic substances. Soil Sci. Am. 876p.

Marschner, H. (1982). Mineral Nutrition of higher Plants. Academic Press. San Diego. California. USA. 757p.

Marschner, H. (1997). Mineral Nutrition of higher Plants. Academic Press Inc. Londres, Gran Bretaña. 674p.

Manrique, A. and Nakahodo, J. (1980). Informe Anual. Prc¡ecto de mejoramiento de maíz tropical. PCIM- UNALM.

Mengel, K. y Kirkby, E. (1987). Principles of Plant Nutrition.4ta.Ed. International Potash Institute.Berna. Suiza. 593 p.

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

Muñoz, A. B. (2009) Inteligencia y Prospectiva Comercial Promperú.

Mújica, A. (2008). Cereales y Quenpodiáceas. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Ortega C., Fortum C., y Polo A. (1979). Estudio de las variaciones en el crecimiento de la raíz del guisante producida por tres niveles de ácidos húmicos. 13p.

Prat S. and Pospisil F. (1959). Humic acids with C. Biol. Plant. 71p.

Pettit, R. (2008). Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid, and humin. Texas A&M University.

Sladky, Z. (1959). The application of extracted humus substances to overgroun parts of plants. Boil. Plant. 264p.

Senn, T. L. and Kingman, A. R. (1973). A review of humus and humic acids. South Carolina Agricultural Experiment Station, Clemson, Sc. Research Series Report No. 145.

Stevenson, F. J. (1982). Humic chemistry; Genesis, compostion, reactions.Wiley-Interscience, New York.

Solano, R. (1999). Efecto de la Fertirrigacion N-P-K en el rendimiento y el contenido de antocianina de tres variedades de maíz morado (Zea mays L.) bajo R.L.A.F.: goteo. Tesis Ingeniero Agrónomo UNALM. Lima, Perú. 105p

Stoller, J. (1985). Role of humic acids in agriculture. Tech. Bullet Stoller Enterprisses Inc.

Tan, K. H. (1978). Variations in soil humic compounds as related toregional and analytical differences. Soil Science 23p

Vaughan, D. (1974). Posible mechanism for humic acid action on cell elongation in root segment of Pisumsativum Ander aseptic condition. Soil Biol. Biochem. 241p

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 R.L.A.F.: goteo. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima, Perú.

USDA Cooperative (1979). Gypsy Moth Suppressión and Regulatory Program Prepared in Accordance with Sectión 102(c) of ME

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Altura de planta (m)

AH=0 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	2.33	3.12	2.70	2.65	2.70	100.0
30 kg/ha	2.27	3.05	3.05	2.64	2.75	101.9
60 kg/ha	2.17	2.96	2.58	2.76	2.62	96.9
90 kg/ha	2.12	2.85	2.54	2.55	2.52	93.1
					2.65	

AH=120 (l/ha)

Niveles de calcio	**BLOQUE I**	**BLOQUE II**	**BLOQUE III**	**BLOQUE IV**	**PROMEDIO**	**%**
0 kg/ha	2.64	2.55	2.86	2.46	2.63	100.0
30 kg/ha	2.83	3.06	3.09	2.55	2.88	109.7
60 kg/ha	2.72	2.97	2.97	2.78	2.86	108.8
90 kg/ha	2.79	2.81	2.85	2.95	2.85	108.5
					2.81	

AH=240 (l/ha)

Niveles de calcio	**BLOQUE I**	**BLOQUE II**	**BLOQUE III**	**BLOQUE IV**	**PROMEDIO**	**%**
0 kg/ha	2.49	2.93	2.82	2.74	2.75	100.0
30 kg/ha	2.34	2.81	3.20	2.78	2.78	101.4
60 kg/ha	2.65	2.90	2.80	2.70	2.76	100.6
90 kg/ha	2.50	2.75	2.56	3.19	2.75	100.2
					2.76	

Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de Variación	**GL**	**CM**	**Fcal**	**Pr>F**	**Significación**
Bloques	3	0.3896	3.99	0.0704	ns
Ácidos Húmico (HK)	2	0.1071	1.10	0.3926	ns
Error (A)	6	0.0976			
Niveles de calcio	3	0.0319	1.17	0.3407	ns
Interacción (Ca*HK)	6	0.0344	1.26	0.3093	ns
Error (B)	27	0.0273			
Total	47				

ANEXO 2: Área foliar (cm² / planta)

AH=0 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	16,128.0	14,460.7	16,163.4	14,352.4	15,276.1	100.0
30 kg/ha	13,113.2	14,831.1	13,679.7	14,896.4	14,130.1	92.5
60 kg/ha	15,413.5	16,354.5	12,817.4	12,385.9	14,242.8	93.2
90 kg/ha	12,760.9	12,736.9	13,328.4	14,487.2	13,328.4	87.2
					14,244.4	

AH=120 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	16,882.4	16,115.1	12,306.3	15,117.4	15,105.3	100.0
30 kg/ha	12,814.4	14,346.6	13,720.6	13,763.9	13,661.4	90.4
60 kg/ha	12,987.4	12,297.9	13,381.7	14,859.8	13,381.7	88.6
90 kg/ha	12,685.8	12,380.2	13,836.4	16,443.3	13836.4	91.6
					13,996.2	

AH=240 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	12,839.2	142,32.7	13,882.6	13,651.5	13,651.5	100.0
30 kg/ha	12,922.4	14,098.4	13,275.2	13,393.6	13,422.4	98.3
60 kg/ha	12,784.5	13,944.7	13,641.5	15,220.6	13,897.8	101.8
90 kg/ha	14,762.7	12,643.5	11,303.4	15,476.5	13,546.5	99.2
					13,629.6	

Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de Variación	GL	CM	Fcal	Pr>F	Significación
Bloques	3	2,325,901.768	2.78	0.1322	ns
Ácidos Húmico (HK)	2	1,530,573.731	1.83	0.2394	ns
Error (A)	6	835,582.426			
Niveles de calcio	3	2,920,973.659	1.59	0.2144	ns
Interacción (Ca*HK)	6	1,062,364.824	0.58	0.7437	ns
Error (B)	27	1,834,701.05			
Total	47				

ANEXO 3: Número de hojas/ planta

AH=0 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	15	16	16	16	15.8	100.0
30 kg/ha	16	17	16	15	16.0	101.6
60 kg/ha	15	15	15	15	15.0	95.2
90 kg/ha	17	15	15	15	15.5	98.4
					15.6	

AH=120 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	16	16	16	16	16.0	100.0
30 kg/ha	16	17	17	17	16.8	104.7
60 kg/ha	15	15	17	18	16.3	101.6
90 kg/ha	16	18	15	15	16.0	100.0
					16.3	

AH=240 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	17	16	16	16	16.3	100.0
30 kg/ha	18	15	17	17	16.8	103.1
60 kg/ha	15	18	17	17	16.8	103.1
90 kg/ha	16	17	17	15	16.3	100.0
					16.5	

Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de Variación	GL	CM	Fcal	Pr>F	Significación
Bloques	3	0.1875	0.53	0.63784	ns
Ácidos Húmico (HK)	2	3.7708	10.65	0.0106	*
Error (A)	6	0.3541			
Niveles de calcio	3	0.8541	0.78	0.5154	ns
Interacción (Ca*HK)	6	0.3541	0.32	0.9189	ns
Error (B)	27	1.0949			
Total	47				

ANEXO 4: Materia seca total (gramos /planta)

AH=0 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	466.19	525.82	540.62	585.91	529.6	100.0
30 kg/ha	521.21	508.02	520.73	642.31	548.1	103.5
60 kg/ha	493.12	669.47	393.09	550.95	526.7	99.4
90 kg/ha	483.86	482.98	518.32	661.07	536.6	101.3
					535.2	

AH=120 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	555.72	517.47	508.95	509.08	522.8	100.0
30 kg/ha	475.31	488.10	608.12	502.11	518.4	99.2
60 kg/ha	555.20	557.55	602.96	445.03	540.2	103.3
90 kg/ha	482.42	527.84	580.37	527.99	529.7	101.3
					527.8	

AH=240 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	434.30	490.10	546.19	630.99	525.4	100.0
30 kg/ha	456.97	489.48	450.65	610.82	502.0	95.5
60 kg/ha	611.42	520.32	424.47	676.67	558.2	106.2
90 kg/ha	482.42	481.47	390.10	585.93	485.0	92.3
					517.6	

Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de Variación	GL	CM	Fcal	Pr>F	Significación
Bloques	3	14,474.1741	1.15	0.4028	ns
Ácidos Húmico (HK)	2	1,246.1871	0.1	0.9072	ns
Error (A)	6	12,593.0892			
Niveles de calcio	3	1,330.9789	0.42	0.7411	ns
Interacción (Ca*HK)	6	1,707.2743	10.54	0.7754	ns
Error (B)	27	3,179.6714			
Total	47				

ANEXO 5: Materia seca de hojas (gramos /planta)

AH=0 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	133.00	100.42	122.77	174.42	132.7	100.0
30 kg/ha	82.53	105.22	104.56	128.74	105.3	79.4
60 kg/ha	93.66	134.87	89.01	86.01	100.9	76.1
90 kg/ha	110.77	96.74	87.05	141.48	109.0	82.2
					112.0	

AH=120 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	117.24	118.90	106.83	124.67	116.9	100.0
30 kg/ha	107.87	101.26	98.26	83.63	97.8	83.6
60 kg/ha	93.01	88.07	157.44	99.97	109.6	93.8
90 kg/ha	99.11	110.15	133.00	124.89	116.8	99.9
					110.3	

AH=240 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	91.95	111.19	105.44	145.36	113.5	100.0
30 kg/ha	107.03	89.27	86.43	108.48	97.8	86.2
60 kg/ha	97.10	108.94	83.06	122.21	102.8	90.6
90 kg/ha	92.91	87.80	71.14	110.83	90.7	79.9
					101.2	

Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de Variación	GL	CM	Fcal	Pr>F	Significación
Bloques	3	923.5507	1.67	0.2705	ns
Ácidos Húmico (HK)	2	535.6206	0.97	0.4314	ns
Error (A)	6	551.9093			
Niveles de calcio	3	991.5968	2.97	0.0493	*
Interacción (Ca*HK)	6	253.4978	0.76	0.6072	ns
Error (B)	27	333.3881			
Total	47				

ANEXO 6: Materia seca de tallo (gramos /planta)

AH=0 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	136.45	110.04	151.95	92.40	122.7	100.0
30 kg/ha	98.69	89.48	126.38	122.76	109.3	89.1
60 kg/ha	74.93	172.25	65.53	92.67	101.3	82.6
90 kg/ha	95.58	104.32	80.14	142.09	105.5	86.0
					109.7	

AH=120 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	105.14	123.14	136.92	142.97	127.0	100.0
30 kg/ha	103.98	97.89	166.94	94.80	115.9	91.2
60 kg/ha	98.55	151.05	151.04	69.11	117.4	92.4
90 kg/ha	102.68	174.56	100.26	114.68	123.0	96.9
					120.9	

AH=240 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	118.49	108.02	131.86	166.33	131.2	100.0
30 kg/ha	104.15	108.63	96.86	97.80	101.9	77.7
60 kg/ha	100.72	129.34	87.60	121.18	109.7	83.6
90 kg/ha	67.05	141.38	65.34	123.16	99.2	75.6
					110.5	

Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de Variación	GL	CM	Fcal	Pr>F	Significación
Bloques	3	1290.1089	1.68	0.2694	ns
Ácidos Húmico (HK)	2	618.1406	0.8	0.4903	ns
Error (A)	6	768.3008			
Niveles de calcio	3	941.3695	1.04	0.3901	ns
Interacción (Ca*HK)	6	173.0107	0.19	0.9766	ns
Error (B)	27	903.8462			
Total	47				

ANEXO 7: Materia seca de mazorca (gramos /planta)

AH=0 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	144.67	225.77	171.76	228.87	192.8	100.0
30 kg/ha	267.43	238.64	198.94	230.32	233.8	121.3
60 kg/ha	215.99	223.97	176.79	263.94	220.2	114.2
90 kg/ha	214.32	195.70	252.47	254.36	229.2	118.9
					219.0	

AH=120 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	235.44	185.88	207.00	156.56	196.2	100.0
30 kg/ha	199.57	208.23	252.21	195.88	214.0	109.0
60 kg/ha	255.95	202.86	215.44	206.88	220.3	112.3
90 kg/ha	193.33	145.38	250.32	201.78	197.7	100.8
					207.0	

AH=240 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	152.09	190.48	176.08	218.26	184.2	100.0
30 kg/ha	191.50	229.49	205.90	265.98	223.2	121.2
60 kg/ha	328.01	215.31	175.91	323.20	260.6	141.5
90 kg/ha	213.34	189.51	183.62	260.16	211.7	114.9
					219.9	

Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de Variación	GL	CM	Fcal	Pr>F	Significación
Bloques	3	2,266.1995	0.76	0.5579	ns
Ácidos Húmico (HK)	2	825.8385	0.28	0.7682	ns
Error (A)	6	2,996.2535			
Niveles de calcio	3	40,04.8108	3.78	0.0218	*
Interacción (Ca*HK)	6	964.3085	0.91	0.5018	ns
Error (B)	27	1,058.3046			
Total	47				

ANEXO 8: Materia seca de panoja (gramos /planta)

AH=0 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	6.60	6.90	6.50	4.60	6.2	100.0
30 kg/ha	7.40	3.30	5.50	8.10	6.1	98.8
60 kg/ha	8.40	10.00	6.00	5.00	7.4	119.5
90 kg/ha	9.00	12.20	4.60	6.60	8.1	131.7
					6.9	

AH=120 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	8.20	7.50	7.80	8.00	7.9	100.0
30 kg/ha	3.70	6.30	8.20	4.70	5.7	72.7
60 kg/ha	8.70	5.70	5.00	7.60	6.8	85.7
90 kg/ha	7.10	13.90	6.60	8.00	8.9	113.0
					7.3	

AH=240 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	5.40	5.50	6.60	6.90	6.1	100.0
30 kg/ha	4.30	5.50	3.40	3.90	4.3	70.1
60 kg/ha	7.10	6.00	5.50	5.50	6.0	98.8
90 kg/ha	4.60	6.90	4.70	7.70	6.0	98.0
					5.6	

Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de Variación	GL	CM	Fcal	Pr>F	Significación
Bloques	3	5.4472	3.12	0.1094	ns
Ácidos Húmico (HK)	2	12.9727	7.23	0.0238	*
Error (A)	6	1.7449			
Niveles de calcio	3	10.74	2.73	0.0632	ns
Interacción (Ca*HK)	6	1.886	0.48	0.8171	ns
Error (B)	27	3.9282			
Total	47				

ANEXO 9: Materia seca de panca (gramos /planta)

AH=0 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	45.47	82.67	87.64	85.62	75.4	100.0
30 kg/ha	65.16	71.38	85.35	152.39	93.6	124.2
60 kg/ha	100.12	128.38	55.74	103.33	96.9	128.6
90 kg/ha	54.19	74.02	94.06	116.54	84.7	112.4
					87.6	

AH=120(l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	89.70	82.05	50.40	76.88	74.8	100.0
30 kg/ha	60.19	74.42	82.51	123.10	85.1	113.8
60 kg/ha	98.99	109.87	74.04	61.47	86.1	115.2
90 kg/ha	80.71	83.85	90.19	78.64	83.3	111.5
					82.3	

AH=240(l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	66.37	74.91	126.21	94.14	90.4	100.0
30 kg/ha	49.99	56.59	58.06	134.68	74.8	82.8
60 kg/ha	78.47	60.72	72.38	104.58	79.0	87.4
90 kg/ha	104.52	55.88	65.30	84.08	77.4	85.7
					80.4	

Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de Variación	GL	CM	Fcal	Pr>F	Significación
Bloques	3	1752.7141	2.75	0.1349	ns
Ácidos Húmico (HK)	2	222.9974	0.35	0.7183	ns
Error (A)	6	637.4651			
Niveles de calcio	3	118.3042	0.20	0.894	ns
Interacción (Ca*HK)	6	275.6244	0.47	0.8236	ns
Error (B)	27	585.1079			
Total	47				

ANEXO 10: Número de plantas / m²

AH=0 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	4.93	4.93	5.46	4.93	5.1	100.0
30 kg/ha	4.40	4.93	4.67	5.46	4.9	96.1
60 kg/ha	4.93	4.93	5.20	4.67	4.9	97.4
90 kg/ha	4.40	5.20	4.93	5.20	4.9	97.4
					4.9	

AH=120(l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	5.46	5.20	4.93	4.93	5.1	100.0
30 kg/ha	4.93	4.93	5.40	5.43	5.2	100.8
60 kg/ha	4.67	5.46	4.67	5.46	5.1	98.7
90 kg/ha	4.67	5.20	4.67	5.20	4.9	96.2
					5.1	

AH=240(l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	4.67	5.46	5.20	4.93	5.1	100.0
30 kg/ha	4.40	4.67	4.93	4.67	4.7	92.2
60 kg/ha	4.67	4.93	4.67	4.67	4.7	93.5
90 kg/ha	5.20	4.67	4.93	4.93	4.9	97.4
					4.9	

Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de Variación	GL	CM	Fcal	Pr>F	Significación
Bloques	3	0.1865	3.05	0.1141	ns
Ácidos Húmico (HK)	2	0.2047	3.34	0.1058	ns
Error (A)	6	0.0612			
Niveles de calcio	3	0.0893	0.97	0.4194	ns
Interacción (Ca*HK)	6	0.0568	0.62	0.7132	ns
Error (B)	27	0.0917			
Total	47				

ANEXO 11: Número de mazorcas / planta

AH=0 (l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	1.13	0.94	0.89	1.75	1.2	100.0
30 kg/ha	1.86	1.88	1.67	1.67	1.8	150.3
60 kg/ha	1.46	1.38	1.35	1.80	1.5	127.2
90 kg/ha	1.50	1.47	1.81	1.65	1.6	136.5
					1.5	

AH=120(l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	1.44	1.29	1.44	0.88	1.3	100.0
30 kg/ha	1.44	1.19	1.37	1.80	1.5	114.9
60 kg/ha	1.60	1.61	1.47	1.50	1.5	122.4
90 kg/ha	1.38	1.41	1.60	1.29	1.4	112.5
					1.4	

AH=240(l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	1.27	1.67	1.24	1.38	1.4	100.0
30 kg/ha	1.71	1.80	1.50	1.67	1.7	120.1
60 kg/ha	1.87	1.60	1.40	1.93	1.7	122.3
90 kg/ha	1.38	1.40	1.44	1.44	1.4	101.8
					1.5	

Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de Variación	GL	CM	Fcal	Pr>F	Significación
Bloques	3	0.0373	0.79	0.5438	ns
Ácidos Húmico (HK)	2	0.0671	1.41	0.3139	ns
Error (A)	6	0.0475			
Niveles de calcio	3	0.2937	6.99	0.0012	**
Interacción (Ca*HK)	6	0.0595	1.42	0.2437	ns
Error (B)	27	0.0419			
Total	47				

ANEXO 12: Peso promedio mazorca (Gramos)

AH=0(l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	138.68	252.07	216.33	146.80	188.5	100.0
30 kg/ha	166.50	143.89	135.73	157.58	150.9	80.1
60 kg/ha	170.43	188.55	152.27	170.44	170.4	90.4
90 kg/ha	164.59	154.80	160.91	179.25	164.9	87.5
					168.7	

AH=120(l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	186.08	165.75	165.54	204.23	180.4	100.0
30 kg/ha	158.73	195.65	209.82	121.37	171.4	95.0
60 kg/ha	186.01	146.44	170.26	160.37	165.8	91.9
90 kg/ha	162.90	119.07	181.92	180.98	161.2	89.4
					169.7	

AH=240(l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	139.25	129.84	162.30	181.38	153.2	100.0
30 kg/ha	129.54	148.25	158.84	185.20	155.5	101.5
60 kg/ha	206.45	159.38	151.09	198.94	179.0	116.8
90 kg/ha	179.76	157.40	148.27	210.08	173.9	113.5
					165.4	

Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de Variación	GL	CM	Fcal	Pr>F	Significación
Bloques	3	284.7565	0.25	0.8571	ns
Ácidos Húmico (HK)	2	81.6722	0.07	0.931	ns
Error (A)	6	1,128.1464			
Niveles de calcio	3	513.0547	0.69	0.5642	ns
Interacción (Ca*HK)	6	698.6768	0.94	0.4805	ns
Error (B)	27	740.0536			
Total	47				

ANEXO 13: Rendimiento comercial (kg/ha)

AH=0(l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	6,090.33	9,451.40	8,546.36	10,188.28	8,569.1	100.0
30 kg/ha	11,476.87	11,114.31	8,746.48	12,258.47	10,899.0	127.2
60 kg/ha	9,382.66	10,927.78	11,134.87	12,307.20	10,938.1	127.6
90 kg/ha	7,967.07	10,030.77	12,069.81	12,709.29	10,694.2	124.8
					10,275.1	

AH=120(l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	11,704.55	8,907.00	9,192.44	7,096.47	9,225.1	100.0
30 kg/ha	9,398.75	9,570.18	11,882.85	8,664.91	9,879.2	107.1
60 kg/ha	12,285.24	10,685.66	9,621.53	10,831.52	10,856.0	117.7
90 kg/ha	7,886.38	7,261.43	11,598.93	10,405.03	9,287.9	100.7
					9812.1	

AH=240(l/ha)

Niveles de calcio	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO	%
0 kg/ha	6456.88	9468.72	8587.12	9963.53	8619.1	100.0
30 kg/ha	8532.92	10281.40	9928.63	12004.97	10187.0	118.2
60 kg/ha	15092.76	7823.18	8207.47	15498.76	11655.5	135.2
90 kg/ha	8948.52	8288.39	8777.62	13928.77	9985.8	115.9
					10,111.9	

Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de Variación	GL	CM	Fcal	Pr>F	Significación
Bloques	3	869,3317.5	1.24	0.3759	ns
Ácidos Húmico (HK)	2	882,579.5	0.13	0.8843	ns
Error (A)	6	7,031,393.7			
Niveles de calcio	3	11,350,633	3.54	0.0278	*
Interacción (Ca*HK)	6	1165652.1	0.36	0.8956	ns
Error (B)	27	3,207,439.3			
Total	47				

ANEXO 14: Costos de producción del cultivo de maíz amarillo duro PM-213

I. Módulo de riego

Detalle

Área 100 x 100 = 10000 m2

Distanciamiento entre cintas = 1.2 m

Largo de camas = 100 m

Número de camas = 83

Largo de cintas de goteo por cama = 100 m

Longitud total de cinta de riego = 8300 m

Duración del equipo de riego: 5 años (10 campañas)

	UNIDAD	**CANTIDAD (ha)**	**COSTO UNITARIO ($)**	**COSTO TOTAL ($)**
Manguera PE 16mm	m	8300	0.1	830
Goteros Kattif (2. l/hora)	unidad	2,7667	0.075	2,075.0
Contómetro 1 1/2"	unidad	1	50.5	50.5
Válvulas 1 pulgada	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 anillos 3/4	unidad	1	38	38
Costo de instalación				200
Subtotal				**4,505.305**

II Costos directos e indirectos del maíz amarrillo duro PM-213.

1. Costos directos

Jornal = $ 15Tracción de maquina = $ 48 Costo de dólar = 2.8soles

A. Gastos del cultivo

Preparación del terreno	**Unidad**	**P.U ($)**	**Cantidad**	**Costo**
Aradura	hr-maq	30	4	120
Despaje	Jornal	15	3	45
Camas de Producción	hr-maq	30	2	60
Siembra	Jornal	15	4	60
Re Siembra	Jornal	15	1	15
Labores Culturales				
Aporque	hr-maq	30	1.5	45
Riego y fertilización	Jornal	15	4	60
Deshierbo	Jornal	15	3	45
Control Fitosanitario	Jornal	15	7	119
Cosecha				
Corte, despanque, selección	Jornal	15	30	450
				1,019.0

B. Gastos especiales

Insumos	**Unidad**	**P.U ($)**	**Cantidad**	**Costo**
Semilla (Bolsa)	(60000 semillas)	2	137.3	274.6
Nitrato de amonio	Kg	0.38	430.1	163.4
Sulfato de potasio	Kg	0.85	360.0	306.0
Ácido fosfórico	Kg	0.94	147.5	138.7
Agua	m3	0.04	5,685.1	227.4
Costo del sistema de riego				451.2
Sub total				**1,561.3**
Total de costos directos				**2,580.3**

2. Costos indirectos.

DESCRIPCIÓN	**USD**
Leyes sociales (18.0 % de mano de obra)	183.42
Gastos administrativos – (5 % CD)	129.00
Improvistos – (3 % CD)	77.41
Total	**389.83**

COSTOS TOTALES	**USD**
Costos directos	2,580.30
Costos Indirectos	389.83
Costo Total	**2,970.13**

Costos de fertilizantes de ensayo.

Niveles de calcio (kg/ha)	**CaO-0**	**CaO-1**	**CaO-2**	**CaO-3**
Nitrato de calcio	107.3	115.4	230.8	346.2
P.U ($)	0	0.43	0.43	0.43
Sub total	**0**	**49.6**	**99.24**	**148.9**

Niveles Ácidos Húmicos (l/ha)	**AH-0**	**AH-1**	**AH-2**
Bioflora húmega	0	120	240
P.U ($)	20	6.30	6.30
Sub total	0	**756**	**1,512**

COSTOS TOTALES (Costos Directos + Costos Indirectos)

Ácidos Húmicos	**Niveles de calcio (CaO)**	**Costos Directos (US $)**	**Costos Indirectos (US $)**	**Costos Totales (US $)**
AH-0 l/ha	**Ca- 0 kg/ha**	2,580.3	389.83	2,970.13
	Ca-30 kg/ha	2,629.9	389.83	3,019.73
	Ca-60 kg/ha	2,679.54	389.83	3,069.37
	Ca-90 kg/ha	2,729.2	389.83	3,119.03
AH-120 l/ha	**Ca- 0 kg/ha**	3,336.3	389.83	3,726.13
	Ca-30 kg/ha	3,385.9	389.83	3,775.73
	Ca-60 kg/ha	3,435.54	389.83	3,825.37
	Ca-90 kg/ha	3,485.2	389.83	3,875.03
AH-240 l/ha	**Ca- 0 kg/ha**	4,092.3	389.83	4,482.13
	Ca-30 kg/ha	4,141.9	389.83	4,531.73
	Ca-60 kg/ha	4,191.54	389.83	4,581.37
	Ca-90 kg/ha	4,241.2	389.83	4,631.03