

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMIA



**Ácidos húmicos y fúlvicos en papa (*Solanum tuberosum* L.) en
la sierra de Arteaga, Coahuila**

P o r:

JUAN MANUEL CRUZ MARTÍNEZ.

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo en Producción

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2001.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARRIA "ANTONIO NARRO"

**DIVISION DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

Ácidos húmicos y fúlvicos en papa (*Solanum tuberosum* L.) en la
sierra de Arteaga, Coahuila.

P o r:

JUAN MANUEL CRUZ MARTÍNEZ

T E S I S

**QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCIÓN**

APROBADA

**Ing. José Angel de la Cruz Bretón
Asesor Principal**

**Dr. Luis Ibarra Jiménez
Coasesor**

**Dr. Eduardo A. Narro Farias
Coasesor**

CORDINADOR DE LA DIVISION DE AGRONOMIA

MC. REYNALDO ALONSO VELAZCO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mayo del 2001.

INDICE

	Pág.
INDICE DE CONTENIDO.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	XI
INDICE DE CUADROS.....	X
INTRODUCCION.....	1
Objetivo.....	2
Hipótesis.....	2
REVISION DE LITERATURA.....	3
Generalidades de la papa.....	3
Origen.....	3
Clasificación botánica y taxonómica.....	4
Condiciones ambientales.....	5
Requerimientos edáficos.....	5
Requerimientos climáticos.....	6
Materia orgánica.....	7
Definiciones.....	7
Propiedades.....	7
Efectos.....	9
Humus.....	10
Definiciones.....	10
Generalidades.....	11
Ácidos húmicos.....	11
Generalidades.....	11
Efectos de los ácidos húmicos en el suelo.....	12
Efectos de los ácidos húmicos en las plantas.....	14
Nutrición.....	15
Absorción de nutrimentos.....	15
Necesidades nutricionales de la papa.....	17
Nutrimentos primarios.....	18
Nitrógeno.....	18
Fósforo.....	19
Potasio.....	20
Nutrimentos secundarios.....	22
Calcio.....	22
Magnesio.....	23
Azufre.....	24
Micronutrientes.....	25

Boro.....	25
Cloro.....	26
Cobre.....	26
Fierro.....	27
Manganeso.....	28
Molibdeno.....	29
Zinc.....	30
Crecimiento y desarrollo vegetal.....	31
Crecimiento.....	31
Desarrollo.....	32
Análisis de crecimiento.....	33
Riego por goteo.....	35
Generalidades.....	35
Características.....	37
Ventajas del riego por goteo.....	38
Desventajas del riego por goteo.....	39
MATERIALES Y METODOS.....	40
Localización del lote experimental.....	40
Ubicación geográfica y fecha de siembra.....	40
Condiciones ambientales.....	40
Clima.....	40
Suelo.....	41
Agua.....	41
Descripción de materiales.....	42
Material vegetal.....	42
Materiales a evaluar.....	43
Fertilización.....	43
Arreglo de tratamientos.....	43
Diseño experimental.....	44
Aplicación de los tratamientos.....	45
Prácticas culturales.....	47
Manejo del cultivo.....	47
Siembra y fertilización.....	47
Cultivos.....	48
Riegos.....	48
Plagas y enfermedades.....	48
Metodología del muestreo.....	48
Evaluaciones en planta.....	49
Altura de planta.....	49
Número de tallos.....	49
Pesos seco.....	49
Área foliar.....	50
Producción de primera, segunda, tercera, gigante y total.....	50

Evaluaciones en suelo.....	51
Análisis de suelo.....	51
RESULTADOS Y DISCUSION.....	52
Parámetros avaluados en planta.....	52
Altura de planta.....	52
Numero de tallos.....	55
Pesos seco de la planta.....	57
Área foliar.....	60
Producción de primera.....	63
Producción de segunda.....	63
Producción de tercera.....	64
Producción gigante.....	65
Producción total.....	66
Parámetros evaluados en el suelo.....	69
Análisis de suelo.....	69
CONCLUSIONES.....	71
LITERATURA CITADA.....	72
APENDICE.....	

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Altura de plantas de plantas a los 35 y 75 días después de la siembra en el cultivo de papa. Rancho “El Veracruz”, Arteaga, Coahuila, 2000.....	54
Figura 2. Número de tallos por planta a los 35 y 70 días después de la siembra en el cultivo de papa. Rancho “El Veracruz”, Arteaga, Coahuila, 2000.....	56
Figura 3. Peso seco de la planta a los 35 y 70 días después de la siembra en el cultivo de papa. Rancho “El Veracruz”, Arteaga, Coahuila, 2000.....	59
Figura 4. Area foliar a los 35 y 70 días después de la siembra en el cultivo de papa. Rancho “El Veracruz”, Arteaga, Coahuila, 2000.....	62

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Características agronómicas y morfológicas de la variedad Mundial, cultivada en el rancho “El Veracruz”, Arteaga, Coahuila, 2000.....	42
Cuadro 2. Tratamientos que se aplicaron en el cultivo de papa en kg/ha.	44
Cuadro 3. Arreglo en campo y distribución de los tratamientos en un diseño de bloques al azar.....	45
Cuadro 4. Programa de fertirrigación con el paquete Agror.....	46
Cuadro 5 Efecto entre tratamientos bajo el programa Agror en la Expresión de rendimiento. Rancho “El Veracruz”, Arteaga, Coahuila, 2000.....	71
Cuadro 6. Análisis de suelo de los seis tratamientos al finalizar el cultivo. Rancho “El Veracruz”, Arteaga, Coahuila, 2000.....	74

INTRODUCCION

La papa (*Solanum tuberosum L.*) es un cultivo de gran importancia mundial, ya que es uno de los alimentos de mayor preferencia en la dieta humana debido a sus altas concentraciones de carbohidratos (almidones). Además, genera altos rendimientos por unidad de superficie y empleos, ya que su necesita de gran cantidad de mano de obra para su producción.

En México existen muchas zonas productoras de papa, entre las cuales destacan por su importancia: Los Valles Altos de Toluca, Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Chihuahua, Bajío de Guanajuato, Jalisco, Sonora, Sinaloa, la Región de Navidad, Nuevo León y Coahuila.

Coahuila tiene una superficie sembrada de 6 000 ha. de papa, y obtiene un rendimiento promedio aproximado de 30 a 40 ton/ha, que es uno los más altos del país.

A pesar del alto rendimiento, los productores tienen que hacer grandes inversiones ciclo tras ciclo ya que las tierras productoras de papa de la región, se encuentran en la zona papera del norte, la cual se caracteriza por tener problemas edáficos, pues presentan suelos calcáreos, los cuales provocan una difícil asimilación de nutrientes como P, K, Ca, Fe, Zn y Mn los cuales tienen reacciones constantes con los carbonatos, haciendo que estos se encuentren en una forma mineralizada, no aprovechables para la planta. Tomando en cuenta dichos problemas, es necesario tomar medidas que sean más alentadoras para los productores como podrían ser el uso de ácidos húmicos aplicados por medio de cintillas para facilitar la proporción de los nutrimentos a la planta en una forma más óptima, además de eficientizar el riego.

Objetivo

Incrementar la producción y reducir la dosis del fertilizante aplicado al cultivo de papa en suelos calcáreos y mejorar las condiciones del suelo mediante el uso de sustancias húmicas aplicados vía fertiriego en combinación con el fertilizante.

Hipótesis

1. Las sustancias húmicas aplicadas al suelo mejoran el crecimiento de las plantas y permiten disminuir la dosis de fertilizante, sin merma en la producción.

2. La aplicación de sustancias húmicas genera que se mejoran algunas características químicas de los suelos calcáreos cultivados con papa.
3. La aplicación de sustancias húmicas en el cultivo de papa mejora el rendimiento del cultivo.

REVISION DE LITERATURA

Generalidades de la papa

Origen

La papa es originaria de América del Sur, específicamente de los Andes de Perú, los españoles la introdujeron por todo el Sur y Centro de América, México y algunas áreas del Sur de los Estados Unidos, en la época de la conquista (Talbert y Smith, 1975).

Se consideran dos posibles centros de origen: El Lago de Titicaca (Perú y Bolivia) y en el norte de Perú (Fabiani, 1967).

Wittmark (1975), señala que el único centro de origen se encuentra en los Andes de América y que tiempo después, este cultivo se expandió a México y Estados Unidos. El mismo autor menciona que entre 1560 a 1570, después de la conquista del Perú y Chile, la papa fue llevada a España y de ahí se difundió a todo el continente Europeo.

En Irlanda, en el período de 1600 a 1845, la papa constituyó la principal fuente de alimentación, trayéndola los irlandeses a América del Norte en el año de 1719 (Thompson y Kelly, 1959), citados por Botello (1993).

Después de la carestía registrada durante 1745 y sobre todo en el período comprendido de 1771 a 1772, este cultivo adquirió gran auge en la dieta alimenticia del pueblo europeo. Hasta después de las primeras décadas del siglo pasado, el empleo de este cultivo tuvo un incremento significativo por todo el mundo (Alisina 1972).

Clasificación botánica y taxonómica

La papa es una planta herbácea anual y perenne por su reproducción, debido a su propagación vegetativa. Los tallos son de dos tipos: 1) aéreos, que son angulosos, de color verde, semierectos y los rastreros, y 2) subterráneos, que están compuestos por rizomas (llamados también estolones) y por tubérculos (parte comestible). Cada tallo aéreo origina de dos a tres tubérculos; éstos pueden ser ovoides o cilíndricos, con piel blanca, amarilla, rosa, roja o violeta (Valadez, 1998).

Las hojas son compuestas, formadas por folíolos largos de forma ovoide. Las flores son perfectas, de color blanco púrpura o veteadas de acuerdo al cultivar. El fruto es redondo, con un diámetro de 2 cm; éste solamente se utiliza para fines de mejoramiento (Valadez, 1998).

La clasificación botánica de la papa, según Barkley (1973), es la siguiente.

Reino.....Metaphyta

Phyllum.....Antophyta

Clase.....Cicotiledónea

Familia.....Solanaceae

Género.....Solanum

Especie.....tuberosum

Condiciones ambientales

Requerimientos edáficos

Montaldo (1984), menciona que los mejores suelos para este cultivo son los porosos, frescos y bien drenados, con una profundidad de 25 - 30 cm. Los suelos muy arenosos no son retensivos de humedad por tal razón necesitan riegos constantes. Los suelos derivados de materia orgánica son los mejores y producen las más altas cosechas.

La papa se produce mejor en suelos con pH de 5.0 a 5.4, en suelos largamente cultivados con papa, se tiene el problema del organismo que provoca la sarna común (*Steptomyces scabes*) en los tubérculos (Montaldo, 1984).

SEP/Papas (1987), indica que la cantidad de materia orgánica debe ser superior a dos por ciento como mínimo, para que el suelo no forme costras.

Requerimientos climáticos

El cultivo de la papa posee una gran capacidad de adaptación a los diversos climas, pues pocos cultivos pueden desarrollarse en climas tan diferentes como lo es la papa; la papa prospera en un clima uniformemente fresco, aunque es resistente a los grandes fríos, no soporta las heladas y además también puede desarrollarse en lugares algo calurosos (no muy cálidos). Se considera que la temperatura óptima para su desarrollo varía entre 7.2 y 18.3 °C con una media de 16.5 °C y además se produce desde el nivel del mar hasta los 4,000 msnm (Pastor, 1967).

Yamaguchi (1983), comprobó que el fotoperiodo y la temperatura afectan la formación de tubérculos, en días largos la formación de tubérculos ocurre si la temperatura es inferior a 20 °C siendo la óptima de 12 °C.

SEP/Papas (1987), menciona que la planta de papa requiere una continua provisión de agua durante la etapa de crecimiento. La cantidad total de agua requerida por el cultivo es aproximadamente de 500 mm. Durante la primera

etapa de su desarrollo, la planta sólo requiere poca agua, pero después, y hasta la cosecha, el consumo de agua es alto. Asimismo, para facilitar la cosecha, el campo debe de estar seco. Una deficiencia de agua durante la época de crecimiento de la planta, disminuye la producción y malforma el tubérculo.

Materia orgánica

Definiciones

La materia orgánica junto con el aire, agua y minerales es uno de los componentes básicos del suelo. Se define como el conjunto de componentes orgánicos, de origen animal o vegetal, que se encuentra en diferentes estados de descomposición o transformación (Cosmolcel, 1998).

De acuerdo con la Sociedad de la Ciencia del Suelo de América que, la materia orgánica del suelo debe definirse como: la fracción orgánica del suelo que incluye vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo y sustancias producidas por los habitantes del mismo. En general esta fracción se determina en suelos que pasan por una tamiz con malla de 2 mm (Cepeda 1991).

Propiedades

Cruz (1986), indica que los residuos orgánicos contienen todos los elementos esenciales que requieren las plantas para su desarrollo en formas orgánicas complejas, las cuales de ser transformadas mediante un procesamiento adecuado se convierten en formas aprovechables para las plantas constituyéndose en valiosos auxiliares de los fertilizantes químicos coadyuvando en la nutrición vegetal o mejorando el aprovechamiento de los mismos.

Castellanos *et al.*(2000), indica que la materia orgánica es una fuente de nutrimentos, tales como nitrógeno, fósforo, azufre y actúa también como agente quelatante de microelementos, tales como el Fe y Mn y como fuente de ácidos húmicos y fúlvicos que en algunas casos pueden afectar la fisiología de la planta favorablemente.

La transformación de la materia orgánica se lleva a cabo por microorganismos del suelo y una de las etapas de transformación más importantes es la humificación o transformación de humus.

La materia orgánica del suelo se constituye por dos grupos: el humus y restos de materia orgánica que no han alcanzado la humificación. Lo que indica que no toda la materia orgánica se transforma en humus; eventualmente se ha

determinado que entre un 15 por ciento de ella llega a este estado, dependiendo de factores complejos (Omega, 1989).

Cepeda (1991), señala que la fracción más estable de esta materia orgánica se llama humus, y se obtiene mediante la descomposición de la mayor parte de las sustancias vegetales o animales añadidas al suelo.

La materia orgánica ayuda a compensar a los suelos contra cambios químicos rápidos en el pH, a causa de la agregación de sal y fertilizantes. Los ácidos orgánicos liberados de la materia orgánica en descomposición ayudan a reducir la alcalinidad de los suelos (Tamhane,1986).

Efectos

Narro (1994), menciona que los principales efectos de la materia orgánica (hojarasca y humus) sobre las propiedades físicas del suelo son: favorecen la formación de agregados y estructuración del suelo, debido a su acción cementante, se incrementa la acción de las partículas sólidas y se mejora la estabilidad estructural la cual trae como consecuencia:

- Reducción de la densidad aparente y la densidad de sólidos.
- Incremento en la aireación del suelo.

- Cambios en las características de retención de humedad, generalmente incrementando la humedad disponible para las plantas y mejorando la eficiencia en el uso del agua.

Cosmocel (1998), señala que la materia orgánica es responsable de una adecuada estructura en el suelo, aumenta la porosidad, mejora las relaciones agua - aire y reduce la erosión ocasionada por el agua y el viento. Químicamente, la materia orgánica es una fuente natural de nitrógeno, fósforo y de azufre.

En el suelo, la materia orgánica se transforma, descompone o degrada hasta mineralizarse debido a la acción de microorganismos, todo este proceso natural da lugar a la humificación, proceso evolutivo mediante el cual a partir de la modificación de los tejidos originales y de la síntesis de los organismos del suelo, se produce un conjunto de compuestos estables de color oscuro y negruzco, amorfos y coloidales, conocidos con el nombre de humus (Cosmocel, 1998).

Humus

Definiciones

Narro (1994), señala que el humus es la parte de la materia orgánica más resistente a la descomposición rápida por microorganismos del suelo, compuesta

principalmente por lignina, aminoácidos, carbohidratos, celulosa, hemicelulosa, grasas, ceras, resinas y otros compuestos.

Generalidades

Cepeda (1991), menciona que se denomina humus, a la materia orgánica amorfa existente en el suelo (procedente de diversos organismos) de color generalmente oscuro. Entran a formar parte del humus compuestos difícilmente atacables por los microorganismos, sobre todo la lignina, pero también grasas, ceras, hidratos de carbono y compuestos preteicos que, convertidos en polímeros, resultan difíciles de definir químicamente.

El humus está constituido por las huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.
(Cosmocel, 1998)

Ácidos húmicos

Generalidades

Kasatochkin y Kononova (1958), reportan que los procesos del suelo, tiene un valor considerable ya que las moléculas de los ácidos húmicos no son compactas, sino que poseen una estructura blanda (esponjosa) con multitudes de

poros internos. Estos rasgos de estructura determinan en forma significativa la capacidad de retención de humedad del agua y las propiedades de absorción de los ácidos húmicos.

MacCarthy *et al.* (1990), mencionan que el termino de sustancias húmicas se refiere a una mezcla operacionalmente definida y heterogénea de materiales orgánicos. No se pueden clasificar en cualquiera de las categorías descritas tales como proteínas, polisacáridos o polinucleótidos. Las sustancias húmicas se encuentran en todos los suelos, sedimentos y aguas.

Los bioactivadores húmicos son grupos de sustancias químicas orgánicas, formadas a partir de la descomposición de residuos de origen vegetal y por la acción de microorganismos del suelo, sin embargo, los ácidos húmicos comerciales se extraen a partir de la lignita - leonardita y de turbas (Palomares, 1990).

Efecto de los ácidos húmicos en el suelo

La aplicación de ácidos húmicos al suelo favorece, entre otros aspectos, la formación de agregados y de la estructura; disminuye la densidad aparente, la capacidad de almacenamiento de humedad aprovechable y a la facilidad de conducción aumentan y se incrementa la capacidad de intercambio catiónico, disminuye el pH en los suelos alcalinos y se eleva la fertilidad natural al facilitar

la absorción de los nutrimentos presentes y disminuir pérdidas por lixiviación o liberados en forma asimilable (García, 1992).

El incremento en la población de microorganismos del suelo influye, entre otros aspectos, en la descomposición de la materia orgánica fresca (hojarasca), en la fijación de nitrógeno atmosférico y la aireación del suelo (García, 1992).

La presencia de ácidos húmicos en el suelo, en cantidades elevadas, evita la formación de costras grandes, o las destruye en la superficie del suelo, y da la estabilidad a los agregados que se forman en la capa superior del suelo. Además los ácidos húmicos reducen la compactación del suelo y facilitan la labranza (GBM, 1992)

Los ácidos húmicos afectan positivamente el crecimiento de microorganismos aeróbicos, especialmente los que descomponen celulosa, almidón y proteínas; el número de microorganismos existente por gramo de suelo, con al adición de pequeñas cantidades de ácido húmico (10 ppm), aumenta en gran cantidad, hasta 2,000 veces mas que el testigo, lo que favorece la fertilidad del suelo (Narro, 1994).

Los ácidos húmicos reaccionan con el hierro haciéndolo fácilmente disponible para las plantas cloróticas comparadas con otras sustancias nutritivas (Fe – EDTA, cloruro férrico y feldespatos), ya que estas presentan altas concentraciones de hierro en las raíces movilizadas como feldespatos férricos complejos (Dekok, 1985), citado por García (1992).

Martínez (1992) indica que al estudiar los ácidos húmicos y la fertilización en el cultivo del brócoli, el ácido húmico mejoró las características físicas del suelo principalmente en densidad aparente y porosidad.

Efecto de los ácidos húmicos en las plantas

GBM (1992), señala que los ácidos húmicos producen un incremento en el contenido de clorofila, lo cual acelera la fotosíntesis total y se genera mayor producción de materia seca.

Kononova (1982), citado por Esquivel (1995) señala que los ácidos húmicos influyen en la estructura anatómica de la planta y en particular, aceleran la diferenciación del punto de crecimiento.

El mismo autor señala que, los ácidos húmicos aumentan la permeabilidad de las membranas vegetales e incrementan la absorción de los nutrimentos vía foliar y radical.

Estudios de los efectos de las sustancias húmicas sobre el desarrollo vegetal bajo condiciones de adecuada nutrición vegetal, muestran considerablemente resultados positivos sobre la biomasa de la planta (Chen, 1990), citado por Isaki (1995).

Los ácidos fúlvicos y húmicos pueden estimular el crecimiento del tallo de varias plantas cuando se aplica vía foliar, a concentraciones de 50 a 300 mg/l o cuando se aplica en soluciones nutritivas a concentraciones de 25 a 300 mg/l (Chen y Aviad, 1990), citados por Isaki (1995).

La aplicación de bioactivadores húmicos (Humitron) al suelo incrementó en un 4.4 por ciento la producción de papa de primera categoría, también incrementó la uniformidad en cuanto a la calidad de los tubérculos considerados como papa comercial gigantes, primeras y segundas, además encontró que la producción total de papa fue mejor con respecto al testigo (Vasquez, 1990), citado por Esquivel (1995).

Nutrición

Absorción de nutrimentos

Las plantas obtienen la mayor parte de los elementos nutritivos de la solución del suelo. La alimentación a través de las hojas puede ser útil para resolver casos de emergencia en que se necesitan elementos mayores; éste modo de absorción no puede sustituir a la aplicación ordinaria de fertilizantes al suelo. Los elementos nutritivos al penetrar al interior de la planta se utilizan para formar proteínas, membranas celulares y productos de reserva, como el azúcar, el almidón y las grasas (Worthen, 1980), citado por Andrade (1995).

Las plantas pueden absorber los nutrimentos a través de las raíces, tallos y hojas. Sin embargo, la mayor parte de los nutrientes es captada por las raíces. Los nutrientes entran a la planta sólo en forma de soluciones. La absorción más intensa de nutrientes se realiza a través de los pelos absorbentes. Las raíces viejas han perdido la habilidad para absorber los nutrimentos y sirven más bien para transportar los elementos hacia la planta (SEP/Suelos y fertilizantes, 1988).

Al penetrar en las capas del suelo, los pelos absorbentes entran en finísimo contacto con las películas minerales y con el agua del suelo. En el agua se disuelven los nutrimentos. La intensidad de la absorción de los nutrimentos es afectada por los siguientes factores:

- a) Presencia de aire fresco suficiente, en los espacios del suelo. Esta es muy importante para el desarrollo y actividad de los pelos absorbentes.

- b) La humedad del suelo, que lleva los nutrimentos en solución haciéndolos disponibles a la planta.
- c) La densidad y distribución del sistema radical , que determina las cantidades de nutrimentos que pueden ser absorbidos (SEP/Suelos y Fertilizantes,1988).

Thedal (2000) indica que para el abasto o suministro de los nutrimentos, hay que considerar lo siguiente:

- Cantidad: la cantidad de nutrimentos en la fase sólida del suelo que actúa como reserva del nutrimento en solución.
- Intensidad: la concentración del nutrimento en la solución del suelo.
- Absorción: la cantidad del nutrimento absorbido usualmente por la planta y su relación con la cantidad del mismo nutrimento absorbido por el suelo.
- Capacidad bufferizante: La capacidad amortiguadora del suelo en relación con la capacidad amortiguadora de la solución del suelo, para no alterarla por las malas aplicaciones de productos.

Necesidades nutricionales de la papa

Las papas requieren altos niveles de fertilidad del suelo para una buena producción. Una cosecha que tiene un rendimiento alrededor de 40 ton de papa por hectárea, extrae del suelo las siguientes cantidades de elementos esenciales:

139 kg de Nitrógeno

21 kg de Fósforo

165 kg de Potasio

8 kg de Calcio

15 kg de Azufre

15 kg de Magnesio y cantidades mínimas de elementos menores o trazas (SEP/Papas, 1987).

16

Para mantener un crecimiento sano de la planta, es necesario que el suelo posea un amplio rango de nutrimentos. Las plantas absorben los nutrimentos en ciertas porciones. Es importante que los nutrimentos se mantengan balanceados en el suelos, para satisfacer las necesidades individuales de los cultivos (SEP/Suelos y fertilizantes, 1988).

Los nutrimentos, son elementos esenciales que proporcionan las condiciones óptimas que se requieren para un mejor desarrollo del cultivo.

Nutrimentos primarios

Nitrógeno

El nitrógeno está presente en compuestos como aminoácidos, ácidos nucleicos, proteínas y alcaloides. El nitrógeno puede ser tomado en forma de nitratos, nitritos, sales de amonio y compuesto orgánicos como urea, pero que es más absorbido en la forma de nitratos de amonio (Kramer, 1979), citado por Andrade (1995).

Thamane *et al.* (1986), mencionan que el nitrógeno, se encuentra en el protoplasma de cada célula, en forma de proteínas. Además, se encuentra en muchos otros compuestos que son de gran importancia fisiológica en el metabolismo, como la clorofila, los nucleótidos, fosfátidos y alcaloides; así como en muchas enzimas, hormonas y vitaminas. Por tanto, la diferencia de N ejerce un efecto notorio sobre el rendimiento del cultivo.

SEP/Papas (1987), indica que el nitrógeno es necesario a lo largo de todo el ciclo, esencialmente en la fase vegetativa. Un uso adecuado de este elemento, la planta formará mas follaje, repercutiendo en una reducción en la tuberización.

Gordon y Barden (1984), señalan que los síntomas que más frecuentemente se han observado por la deficiencia de nitrógeno son: la atrofia del crecimiento y de la coloración foliar, que va de un verde pálido a un amarillo y en hojas que son más pequeñas que lo normal. Las hojas más antiguas son las más afectadas ya

que el nitrógeno es un elemento relativamente móvil y se extrae de las hojas antiguas y traslada al follaje joven. Las hojas pueden caer antes de lo debido.

The dal (2000), menciona que si el suelo no tiene suficiente coloide para intercambio de fluidos, se generan condiciones anaerobias y se forman nitritos tóxicos a concentraciones < 5ppm.

Fósforo

Fink (1985), señala que la papa es la especie más importante dentro de las especies de tubérculos de clima templado, y el fósforo juega un papel esencial en la calidad y en la sanidad. El suministro óptimo del fósforo produce sustancias determinantes en la calidad: aumento de la proteína bruta en las partes verdes de la planta, aumento de los aminoácidos esenciales de los granos, hidratos de carbono, vitaminas, disminuye el contenido del ácido oxálico en las hojas.

The dal (2000), menciona que los excesos de este elemento, se manifiestan como deficiencias de hierro y zinc. Cuando esta unida a aluminios y fierros del suelo, se bloquea y vuelve tóxicos a los fierros desequilibrando el intercambio catiónico.

Tamhane *et al.* (1986), señalan que el fósforo de la solución es absorbido por las plantas en su mayor parte en forma de iones de H_2PO_4 . En suelos muy ácidos,

la obtenibilidad del fósforo es baja debido a la formación de fosfatos de hierro y aluminio, de los cuales el fósforo es obtenido con mucha lentitud. Por otro lado en suelos calcáreos, se forman con rapidez fosfato tricálcico $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$, con lo cual se reduce la obtención de fósforo del suelo.

SEP/Papas (1987), señala que la papa necesita este elemento para estimular su crecimiento y la formación rápida de las raíces.

Potasio

Bidwell (1987), menciona que el potasio es requerido en grandes cantidades por las plantas y que es el catión que prevalece en las mismas y puede estar implicado en el mantenimiento del balance iónico de las células. Además, el potasio es retenido firmemente en el complejo mineral del suelo, y una deficiencia de este puede ser frecuente en suelos ligeros o arenosos debido a la solubilidad y a que fácilmente puede lavarse en ellos, pero por lo regular este elemento se encuentra en cantidades suficientes en suelos arcillosos.

El potasio es de movilidad alta en los tejidos y media en el suelo, interviene en la formación de azúcar y almidón; síntesis de proteínas. Cataliza reacciones, neutraliza ácidos orgánicos y opera estomas. Imparte gran vigor y resistencia a las enfermedades, aumenta el tamaño del grano y semillas (Jones *et al.* 1991).

Jones *et al.* (1991), mencionan que el potasio interactúa con el magnesio y calcio. Alta concentración de potasio provoca deficiencia de magnesio y de calcio. El amonio también juega un importante papel en el balance que existe entre los tres cationes K, Ca y Mg.

El potasio existe en el suelo en 4 formas: K^+ , coloidal intercambiable fijado en arcillas 2:1 y como componente de las sales del suelo, se antagoniza fuertemente con el sodio y los sulfatos (Thedal, 2000).

La deficiencia de potasio provoca infestación de enfermedades, el rendimiento y calidad de frutos se reduce, las hojas viejas son moteadas con puntos verde pálido, necróticos o curvos, con márgenes y puntos quemados; sistema radical y tallos débiles (Jones *et al.* 1991).

Thedal (2000), menciona que una deficiencia de potasio en las plantas provoca enfermedades infecciosas, hojas necróticas quemadas en los bordes, papas huecas así como toxicidad por amonio.

SEP/Papas (1987), señala que la papa requiere de potasio, especialmente por la alta producción de almidón. Este elemento proporciona a la planta gran vigor y ayuda al desarrollo de tubérculos.

Nutrientes secundarios

Calcio

Rodríguez (1996), menciona que el calcio es absorbido por la planta en su forma catiónica Ca^{++} , y es constituyente de las sales en la solución del suelo. En el interior de la planta es un elemento poco móvil.

El mismo autor menciona que el calcio forma sales con los ácidos orgánicos en el interior de las células, regulando la presión osmótica de las mismas. Interviene en la formación de la lecitina, siendo un factor importante en la permeabilidad de las membranas celulares, está presente en la formación de los pectatos de calcio, igualmente actúa en la división mitótica de las células, en el crecimiento de los meristemos y en la absorción de nitratos.

Cuando existen carencias de este elemento, se manifiestan las siguientes deficiencias: menor capacidad de síntesis de proteínas, menor desarrollo radicular, una clorosis marcada, principalmente en hojas jóvenes, poco crecimiento de tallos y hojas, así como muerte de meristemos.

Generalmente las deficiencias de calcio no se encuentran con regularidad en los cultivos agrícolas. Un factor importante de esta carencia la determina el pH del suelo, en suelos ácidos el calcio no es fácilmente asimilable (Rodríguez, 1996).

Magnesio

Rodríguez (1996), menciona que el magnesio es absorbido en forma cationica Mg^{++} . En el interior de las células participa en distintas funciones y constituciones moleculares, forma parte de la molécula de clorofila, es constituyente de los pectatos (de Ca y Mg) de las laminillas medias de las células, es abundante el Magnesio en las semillas, tejidos meristematicos y frutos; entra a la constitución molecular de 15 enzimas del grupo de polipéptidos, las transfosforilasas y descarboxilasas, así como también interviene en la síntesis de aceites vegetales.

La carencia de éste elemento se da debido a los problemas del suelo o por su cantidad insuficiente, produce síntomas como clorosis general en la planta, defoliación extensa en la planta, Los síntomas son más notables después del periodo vegetativo y generalmente después de intensas lluvias en suelos que son susceptibles de un gran lavado o lixiviación (Rodríguez, 1996).

Azufre

El azufre es absorbido en su forma amonio sulfato $\text{SO}_4^{=}$, y en el interior de las células, pasa a la forma de sulfidrilo y disulfúrica, SH^- y $\text{S}^{=}$ (- S- S-), proviene generalmente de la liberación y transformación de las sustancias orgánicas del suelo. Las lluvias de las regiones muy industrializadas pueden contener un porcentaje de este azufre que se deposita en los suelo, llegando en algunos casos a 20 o 60 kg /ha/ año (Rodríguez, 1996).

The dal (2000), menciona que el azufre actúa en la síntesis de proteínas y parte de los aminoácidos cistina y timina. Es muy activo en la estructura y metabolismo al estar presente en peptidos como el coenzima A y vitamina B₁, así como en glucosidos, lípidos y tiolebs (pigmentos y aroma). Reduce enfermedades causadas por hongos, virus y micoplasmas.

Cuando existen deficiencias se presenta con amarillamiento en las hojas jóvenes, las raíces se desarrollan más de lo normal, los tallos se tornan leñosos y quebradizos, se pueden confundir con las de nitrógeno. La sequía induce a la deficiencia de azufre.

Rodríguez (1996), menciona que los síntomas de deficiencia son debidos a los trastornos fisiológicos, manifestándose un crecimiento lento, debilidad en la

estructura de la planta, clorosis en las hojas jóvenes, un amarillamiento, principalmente en las nervaduras e inclusive aparición de manchas oscuras (por ejemplo, en la papa), desarrollo prematuro de yemas laterales, formación incompleta de frutos.

Montaldo (1984), señala que este elemento es muy importante en la síntesis de los compuestos orgánicos. En el cultivo de la papa no se ha visto hasta ahora la necesidad de azufre; esto se debe posiblemente al uso de abonos como los superfosfatos que agrega, este elemento.

Micronutrientes

Boro

Este elemento interviene en la síntesis del uracilo como base del RNA, en la división , diferenciación, maduración y crecimiento celular. Es relativamente inmóvil en la planta y es transportado primariamente en el xilema (Thedal, 2000).

Montaldo (1984), señala que la planta de papa requiere muy pequeñas cantidades de boro. La deficiencia se manifiesta en los tubérculos, que se deshacen después de cocidos.

El boro en exceso también puede tener un efecto fitotóxico y manifestarse como una quemadura marginal de las hojuelas y de un enrollamiento (Montaldo, 1984).

Cloro

El cloro es absorbido en forma aniónica, cloruro Cl^- . Interviene esencialmente en el proceso de la fotólisis del agua, que se produce en la fotosíntesis; de la falta de este pueden derivar todos los trastornos consiguientes. Se ha calculado que los cultivos en general consumen un promedio de 5 kg de cloro / ha / año (Rodríguez, 1996).

Cobre

El cobre interviene en el proceso metabólico de sustancias vitales, forma parte de la proteína plastocianina, la cual transporta electrones ligados al fotosistema I y II (Thedal, 2000).

Rodríguez (1996), menciona que cuando existen deficiencias de cobre presenta frutos de forma irregular, manchas pardas o rojizas en la superficie de los frutos, existe una reducción del crecimiento de los brotes jóvenes, persiste un aspecto clorótico y marchito en las plantas.

Montaldo (1984), dice que el cobre está presente en el suelo como catión asimilable, ya sea en solución o en forma intercambiable; es mas soluble en suelos de pH bajo.

De acuerdo con Sommer (1945), puede haber toxicidad a base de cobre por adición excesiva, en cuyo caso este elemento puede interferir con la absorción del hierro. En tal situación los sintomas de toxicidad de cobre se confunden con las diferencias de hierro.

Fierro

Jones *et al.* (1991), mencionan que el fierro existe en el suelo como catión férrico(Fe^{+3}) y ferroso(Fe^{+2}), siendo la segunda, la forma activa que toman las plantas y su disponibilidad se afecta por el grado de aireación del suelo. Comentan que las plantas suficientes de Fe acidifican la rizósfera tan bien como se descargan sustancias compuestas de Fe y mejoran la disponibilidad y extracción.

Rodríguez (1996), menciona que la cantidad asimilable de Fe en el suelo varía principalmente con el pH del mismo. Pues este cuando es alto (suelos altamente alcalinos) la formación férrica tiende a la formación de hidróxido férrico,

$\text{Fe}(\text{OH})_3$, el cual se precipita haciéndose insoluble, produciéndose en las plantas una severa clorosis.

El nitrógeno participa en las funciones de citocromo oxidasa y citocromo, produce energía vía NADP, en la producción de clorofila, síntesis de proteínas estructurales así como en el desarrollo de los meristemas radicales.

Cuando existen deficiencias de este elemento se presenta una clorosis intervenal en las hojas jóvenes y una severa clorosis en las hojas jóvenes (Thedal, 2000).

Manganeso

Tiene una importancia en la planta ya que actúa en la oxidación - reducción en transferencia electrónica del sistema fotosintético esencial para el fotosistema II (fotosíntesis), así como puente entre ATP - fosfoquinasa - fosfotransferasa, activando las IAA oxidasas.

Cuando existen deficiencias de este elemento se atrofia el desarrollo de las hojas jóvenes, provoca un clorosis intervenal y existen áreas necroticas diseminadas (Thedal, 2000).

La relación entre el manganeso soluble y la incidencia de sarna común en los tubérculos de papa en suelos ácidos. Los investigadores comprobaron que la sarna de la papa fue significativamente reducida por concentraciones mayores de 2.0 ppm de manganeso soluble, lo que indicaría que las altas concentraciones de manganeso soluble en la solución del suelo en la zona de tuberización pueda ser una razón de por que la sarna se presenta menos en suelos ácidos (Mantuedt *et al.* 1961), citado por Montaldo (1984).

Cuando existe una deficiencia se presentan los siguientes síntomas atrofia el desarrollo de las hojas jóvenes, clorosis intervenal y áreas necroticas diseminadas y en excesos se presentan manchones color café sin necrosis redondeadas de zonas cloroticas en círculo (Thedal, 2000).

Molibdeno

El molibdeno es absorbido por las plantas en la forma aniónica de molibdato, $\text{MoO}_4^{=}$. Interviene fisiológicamente en el ciclo de absorción del nitrógeno, provocando su carencia un amarillamiento general de la planta muy semejante a la escasez del nitrógeno.

Thedal (2000), menciona que funciona como componente de los sistemas nitrogenasa y nitrato reductasa, actúa directamente sobre el nitrógeno. Sus

deficiencias están relacionadas con las deficiencias de nitrógeno, las hojas mas viejas e intermedias se vuelven cloróticas arrugando sus márgenes. En papa hay poco desarrollo de tubérculos, cuando existe un exceso se provoca un rajeteado del tubérculo.

Los suelos ácidos reducen la cantidad asimilable del molibdato por las plantas, que allí que estos suelos deban encalarse para elevar su pH, dejándolo ligeramente ácido o neutro.

La dosis máxima admitida de fertilización para evitar la toxicidad es de 1 kg de molibdato de sodio ($\text{Mo O}_4 \text{Na}_3$) por hectárea (Rodríguez, 1996).

Zinc

La planta toma a este elemento en su forma catiónica, Zn^{++} . Los absorbe como todos los micro elementos en pequeñas cantidades y es común en el suelo con una concentración de 1ppm en la solución. En suelos alcalinos se reduce su cantidad asimilable; el pH del suelo (los pH altos) determinan esta disponibilidad.

El cinc interviene en importantes procesos metabólicos como en la formación de sustancias de crecimiento y es un activador de numerosos organismos.

Las deficiencias de cinc producen los siguientes síntomas: se forman entrenudos cortos, plantas arrestadas, un crecimiento general de la planta reducido, las hojas terminales son pequeñas, se presentan manchas amarillas y necróticas en las hojas, en casos extremos no se forman hojas (Rodríguez, 1996).

Crecimiento y desarrollo vegetal

Crecimiento

A diferencia de muchos animales, los vegetales típicamente siguen creciendo a través de su vida, descartan continuamente las partes viejas las cuales son reemplazadas por nuevas a través del crecimiento (Martín, 1970)

Desde que germina la semilla y conforma pasa el tiempo, la planta va creciendo, es que la planta aumenta en tamaño y peso. Es un fenómeno cuantitativo, susceptible de medirlo y expresarlo como aumento de longitud o diámetro del cuerpo del vegetal y del peso.

Greulach y Adams (1970), mencionan al crecimiento como un incremento irreversible en la masa, incluyendo la división, diferenciación de incremento de estos., la cual indica que lo anterior es un proceso cuantitativo.

Medina (1977), define al crecimiento de una planta como el incremento en el tiempo de cierta característica, como tamaño o peso.

Los dos aspectos principales del crecimiento vegetal son, el primario, el cual consiste en crecimiento de longitud de brotes y las raíces, y el secundario, que es el subsiguiente del crecimiento en espesor del tallo y la raíz (Martín, 1970).

Desarrollo

Al aumento en tamaño y número, las células sufren modificaciones en la estructura de su protoplasma, en el que surgen organillos especializados en funciones determinadas, por lo que se llama célula especializada. Como efecto la planta desarrolla tejidos y órganos modificando su metabolismo; va madurando. Estos cambios no pueden ser medidos, pues son puramente cualitativos (Garcidueñas, 1993).

Bonner (1973), menciona que el desarrollo es un proceso cualitativo que ocurre en forma paralela al crecimiento y que constituye los cambios en la forma, la diferenciación y especialización de los organismos.

Bidwell (1987), define al desarrollo como un cambio ordenado o progreso, a menudo hacia un estado superior, más ordenado o más complejo.

Garcidueñas (1993), menciona que el desarrollo del vegetal puede observarse al estudiar la radícula, de una planta como lo hizo Baldovinos en maíz, y entonces aparece clara la diferencia entre el alargamiento celular, que ocurre a unos dos milímetros de la coña, el alargamiento celular, que ocurre un poco mas arriba, donde las células ya no se dividen, y el fenómeno no es susceptible de expresión cuantitativa, la diferenciación que ocurre aún mas arriba donde las células no sufren aumento en número ni tamaño que ocurre pero si diferenciación entre sí.

Bidwell (1987), sostiene que el crecimiento y el desarrollo son una combinación de muchos eventos a diferentes niveles, desde el nivel biofísico y bioquímico hasta el organismo, que da como resultado la producción integral del organismo.

Warren (1980), señala que la importancia del área foliar en el crecimiento y desarrollo de un cultivo es ampliamente reconocida por su relación directa con la capacidad fotosintética del mismo a través de la capacidad de intercepción de la radiación.

Análisis de crecimiento

Medina (1977), define al análisis de crecimiento como una metodología que avalúa cuantitativamente el crecimiento, con bases fisiológicas durante el desarrollo de un cultivo a través de intervalos definidos de tiempo y proporciona información de la producción, de materia seca.

Beadle (1988) indica que para efectuar un análisis de crecimiento solamente se necesitan dos tipos de mediciones:

- El peso seco de las plantas. Generalmente este es el peso seco de la estufa (kg) pero puede ser la materia orgánica o el contenido de energía.
- El tamaño del sistema de asimilatorio. De ordinario es el área foliar (m²), pero puede ser el contenido de proteína o de clorofila de las hojas.

La consideración del peso de la planta puede hacerse de manera integral o separando los diferentes órganos de la planta, como son hojas, tallos, frutos y raíces con el propósito de conocer, no solo la producción de biomasa por parte del cultivo, en lo que se refiere a su productividad y la eficiencia para traslocar lo producido hacia las partes más importantes de la planta.

Hunt (1978), menciona la existencia de dos métodos para obtener los datos de peso seco y área foliar, conocidos como el método clásico y funcional, diferenciándose el tamaño de la muestra, intervalos de tiempo y utilización de

curvas de regresión, así mismo, indica la mayor simplicidad del método clásico tomando en cuenta de que no es necesaria la utilización de curvas ajustadas y los muestreos se realizan en intervalos de tiempo grandes y con muestras de mayor tamaño.

Evans (1972), señala una serie de dificultades que causan variabilidad en un análisis de crecimiento, entre ellas menciona las siguientes:

- Diferencias en la constitución genética en la población bajo estudio.
- Diferencias en el ambiente, de muestreo a muestreo, en donde se realiza el experimento.
- Diferencias en la estructura y función que existe en la planta, entre muestreos.
- Dificultad en las observaciones de una característica particular con continuidad, sin destruir la planta.

Riego por goteo

Generalidades

El riego por goteo es un sistema que proporciona agua filtrada y fertilizantes directamente sobre el suelo a un costado de la planta. Este sistema elimina la aspersion y el agua es liberada a baja presión en el punto de emisión, moja el

perfil del suelo en una forma predeterminada. Los emisores disipan la presión que existe en la red de cañerías por medio de un orificio de pequeño diámetro, o por medio de un largo camino de recorrido; de esta forma disminuye la presión del agua que permite descargar desde el sistema hacia el suelo y solamente unos pocos litros de agua por hora por cada gotero (Gurovich, 1985).

Luque (1974), señala que el riego por goteo consiste en la conducción del agua a través de una sistema de tubos de plástico, que en término final entregan el líquido gota a gota o mejor, un chorro muy fino, de modo tal que al incorporarse al suelo en forma continua mantienen un determinado estado de humedad.

Gómez (1975), menciona que el riego por goteo es una manera de entregar agua a las plantas en cantidad suficiente, pero en la estrictamente necesaria, para que tengan un desarrollo óptimo. Es evidente que se han perseguido fundamentalmente un ahorro del líquido elemento, y se consigue el riego con este condicionante de forma prácticamente perfecta.

García y Briones (1986), indican que en sistema de riego por goteo, el agua se puede suministrar al cultivo, con base a una baja tensión y una alta frecuencia, con lo que crea un medio ambiente óptimo de humedad en el suelo debido a una alta frecuencia de los riegos, se pueden obtener las frecuencias muy altas, la

frecuencia en el uso del agua aplicada; investigaciones realizadas indican que la eficiencia en el uso del agua se puede aumentar en un 50 por ciento o más, usando riego por goteo en lugar de riego por superficie.

Goldberg y Shamueli (1970), señalan que realizaron un estudio en Israel sobre métodos de riego (aspersión y goteo) en vegetales y dedujeron que el riego por aspersión causa un chamuscamiento severo en las hojas. En algunos vegetales la emergencia de plantas fue más rápida y uniforme con riego por goteo pero en otros cultivos no se obtuvo diferencias significativas entre métodos de riego. Cuando se dan las aplicaciones óptimas de nitrógeno, los principales factores que afectan el rendimiento del melón son: humedad y salinidad; estos dos factores son controlados en gran medida por el riego por goteo.

Con el riego por goteo se obtiene el máximo provecho de los fertilizantes, mediante la aplicación directa de abonos solubles a través de la instalación del riego gota a gota, no solo se obtiene una liberación de los nutrientes más perfecta y constante, sino que se reducen los costos al eliminar las pérdidas de fertilizante por percolación, además, las plantas no experimentan quemaduras por abono, puesto que los productos químicos de abono se diluyen extensamente en el agua de riego antes de alcanzar la planta (Kobe Shoji, 1975), citado por Angeles (1999).

Características

Munguia (1985), menciona que con este sistema, el agua aplicada se distribuye en el suelo describiendo un patrón de humedecimiento ovoide llamado bulbo de mojado, cuyo contorno se extiende más lateralmente y verticalmente en los suelos arcillosos, mientras, que en suelos arenosos se presentan mas alargados que anchos. Por otra parte dado que la aplicación es intermitente permite mantener el suelo en condiciones óptimas de humedad durante el desarrollo del cultivo. La distribución en campo se realiza por medio de la conducción del agua a través de una extensa red de tuberías que trabaja a bajas presiones (1 kg/cm^2).

Davis (1980), indica que el riego por goteo tiene grandes ventajas en la prevención de pérdidas de agua, ya que la pérdida de agua que libera el sistema es muy pequeña, la evaporación es mínima por que el agua no se descarga en el aire como en los aspersores y sólo una porción del suelo es humedecida.

Ventajas del riego por goteo

Robledo y Martín (1988), señalan que las ventajas del riego por goteo, son los siguientes:

- Puede aplicarse a una amplia variedad de suelos pertenecientes a diferentes topografías.
- Genera un ahorro de agua, mano de obra y productos agroquímicos.

- Se pierde poca agua por evaporación, escurrimiento o percolación.
- Permite regar con agua de concentración salina superior al posible bajo otros métodos.
- Hace posible el cultivo en terrenos arenosos.
- Hace posible la aplicación directa de fertilizantes solubles, eliminando pérdidas por percolación y entre surcos.
- No altera la estructura del terreno.
- Se pierde menos agua y se inhibe el crecimiento de malas hierbas y algunos hongos en esas zonas.
- Aumenta la producción, precocidad y calidad de las cosechas.
- Se puede inspeccionar fácilmente.
- Puede usarse en invernaderos, túneles y en asociaciones de estos con acolchado.

Desventajas del riego por goteo

Según Robledo y Martín (1988), las desventajas del riego son:

- Precio relativamente elevado.
- Peligro de bloqueo en los goteros.
- No conviene al cultivo de heladas en zonas frías.
- Problemas con el uso de fertilizantes fosfóricos solubles, ya que puede precipitarse en forma soluble de fosfato cálcico y tapar los goteros.

- Peligro de plagas y enfermedades que pueden proliferar en la zona de humedad o bulbo.
- Necesita de un buen método de filtrado.
- Problemas de algas en el agua.

Según estadísticas mas recientes, existen aproximadamente 15 millones de hectáreas que cuentan con irrigación en México, y de ellas se estima que en los últimos años se han instalados mas de 600, 000 ha de goteo. Sin embargo solo, el 10 por ciento cuenta con equipos automáticos (INIFAP, 1999)

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El experimento se estableció en el rancho "El Veracruz", ejido Emiliano Zapata municipio de Arteaga, Coahuila, localizado a 55 km de Saltillo cerca de la carretera central número 57, tramo Saltillo – Matehuala.

Ubicación geográfica y fecha de siembra

El ejido Emiliano Zapata se localiza a 25° 15' 41'' latitud norte y 100° 47' 57'' longitud oeste, del meridiano de Geenwich, con una altitud de 1900 msnm; la siembra se realizo en el ciclo Primavera – Verano el día 7 de junio del 2000.

Condiciones ambientales

Clima

El área donde se realizó el presente trabajo, se localiza en una región cuyo clima es BS₁ Kw(X')(e') según la clasificación de Köpen modificada por García, se define como un clima semiseco, templado con un verano cálido muy extremo, teniendo una temperatura media anual de 12.7 °C y la temperatura media anual de entre -3 y 18 °C del mes más frío. Los meses mas fríos son diciembre, enero, febrero y marzo, presentándose hasta 74 heladas al año en promedio. Las lluvias más abundantes son en julio y agosto, con una precipitación promedio anual de 470.6 mm.

Suelo

El suelo donde se llevó a cabo el trabajo de experimentación, se clasifica como Castañosem háplico. Son suelos con una profundidad superior a los 100

cm, con una pendiente de 0 a 1 por ciento, presentan alto contenido de carbonatos y un contenido de materia orgánica superior al 2 por ciento en los primeros 30 cm de profundidad

Agua

El agua utilizada proviene de mantos acuíferos subterráneos de la región, las cuales se consideran que son de buena calidad, se extrae por medio de bomba eléctrica y se transporta hasta el cultivo, regándolo por medio de un sistema de riego por aspersión.

Descripción de materiales

Material vegetal

Se utilizo papa del la variedad Mondial (Spunta x SUP Ve 66295), cuyas características se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. *Características agronómicas y morfológicas de la variedad Mondial, cultivada en el rancho "El Veracruz", Artega, Coahuila, 2000.*

Características Agronómicas	
Maduración	Tardía a muy tardía
Tubérculos	Grandes, pocos sensibles al "azuleado", ojos superficiales
Rendimiento	Muy alto
Materia seca	De mediano a bajo
Calidad culinaria	Algo harinoso, de color puro
Follaje	Desarrollo rápido, más tarde alto y erguido, de tallos fuertes, cubriendo bien el terreno.
Enfermedades	Bastante sensible al <i>Phytophthora</i> de la hoja, poco sensible a la del tubérculo, poco resistente al virus "Y", inmune al virus "A" y a la sarna verrugosa, resistente al patotipo A del nematodo dorado.
Características Morfológicas	
Planta	Tallos prominentemente verdes, bastante numerosos, gruesos, extendiéndose mucho; hojas muy grandes y flexibles, de color verde oscuro; folíolos primarios grandes, anchos, con nervadura muy profunda; floración abundante; inflorescencias bastantes grandes y flores blancas.
Tubérculos	Son de forma oval alargada; piel amarilla y lisa; carne amarilla clara; ojos superficiales.
Brote	Alargado, en forma de cilindro largo, de color rojo morado pálido, bastante peloso; yema terminal pequeña, cerrada verde; yemas laterales bastante largas.

Materiales a evaluar

Los materiales evaluados fueron los siguientes:

1. Fertilizante líquido nitrogenado (30-00-00) + ácidos húmicos y fúlvicos al 12 %.
2. Fertilizante líquido fosfatado (8-25-00) + ácidos húmicos y fúlvicos al 12%.
3. Fertilizante líquido potásico (0-4.5-16.5) + ácidos húmicos y fúlvicos al 12 %.
4. Fertilizante líquido magnesio, hierro, boro (4.0Mg-3.0Fe-0.8B) + ácidos húmicos y fúlvicos al 12 %.
5. Fertilizante líquido cálcico (2.0-0-0)16.5 Ca.

6. Extracto de ácido húmico y fúlvico 12 % mínimo.

** Los ácidos húmicos y fúlvicos al 12 % representan el paquete Agror.*

Fertilización

El agricultor cooperante aplicó la fórmula (170N – 400P – 350K) al momento de la siembra, dicha formula se tomó como el 100 por ciento y método tradicional del cultivo de papa para ese productor.

Arreglo de tratamientos

La dosis que aplicó el agricultor cooperante (170 N – 400 P – 350 K) al momento de la siembra, fue punto de partida para dar origen a seis tratamientos (Cuadro 2) con las siguientes formulas básicas: 1) sin fertilización, testigo absoluto; 2) aplicar solo Agror; 3) aplicar 25 por ciento de la fórmula total (42.5 – 100 – 87.5 + Agror); 4) aplicar 50 por ciento de la fórmula total (85 – 200 – 175 + Agror); 5) aplicar 70 por ciento de la fórmula total (127.5 – 300 – 225 + Agror); 6) aplicar como fertilización de fondo, el 100 por ciento de la fórmula total (170 – 400 – 350).

Cuadro 2. *Tratamientos que se aplicaron en el cultivo de papa en kg/ha.*

Tratamiento	Nitrógeno		Fósforo		Potasio	
	B ₁	F ₁	B ₁	F ₁	B ₁	F ₁
Sin fertilización, Testigo (1)						
Agror (2)						
42.5N – 100P– 87.5K (3)	Toda	Agror*	Toda	Agror	Toda	Agror
85N – 200P – 175K (4)	Toda	Agror	Toda	Agror	Toda	Agror
127.5N – 300P – 262.5K (5)	Toda	Agror	Toda	Agror	Toda	Agror
170N – 400P – 350K (6)	Toda		Toda	Agror	Toda	Agror

B1 = Fertilización básica, aplicada antes de la siembra.

F1 = Fertilización de acuerdo con el programa Agror.

El programa Agror se encuentra en el Cuadro 3.

Diseño experimental

Para el presente trabajo de investigación, los tratamientos de cada estudio se establecieron en un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones del cultivo. Para detectar diferencia entre tratamientos se utilizó la prueba DMS al 0.05 de probabilidad.

Cuadro 3. *Arreglo en campo y distribución de tratamientos en un diseño de bloques al azar.*

I	REP	85-200-175 +			42.5-100-87.5	127.5-300-	
		Agror	Testigo	170-400-350	+Agror	262.5 + Agror	Agror
REP II			42.5-100-87.5	85-200-175 +		127.5-300-	
		170-400-350	+Agror	Agror	Agror	262.5 + Agror	Testigo

REP III	42.5-100-87.5 +Agror	127.5-300- 262.5 + Agror	Testigo	170-400-350	Agror	85-200-175 + Agror
REP IV	Testigo	Agror	42.5-100-87.5 +Agror	85-200-175 + Agror	170-400-350	127.5-300- 262.5 + Agror

Aplicación de los tratamientos

Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron bajo un programa de fertirriego como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Programa de fertirrigación con el paquete Agror.

Fertilizantes líquidos							
Aplicación	Repetición *	Nitrogenado (30-0-0) ¹ L ha ⁻¹	Fosfato (8-25-0) ¹ L ha ⁻¹	Potasio (0-4.5-16.5) ¹ L ha ⁻¹	(Mg 4.0 Mg-3.0 Fe-0.8B) ¹ L ha ⁻¹	Calcio (2.0-0-0) 16.5 Ca L ha ⁻¹	Extracto de Ac. húmico y fúlvico 12.0% L ha ⁻¹
1	24	1.17	4.15	1.20	-	-	1.50

2	31	1.17	4.15	1.20	-	-	1.50
3	34	-	-	-	1.20	-	1.50
4	43	1.17	4.15	1.20	-	-	-
5	49	-	-	-	1.20	-	-
6	50	1.17	4.15	1.20	-	-	-
7	56	-	-	-	2.2	-	-
8	62	1.80	1.80	1.35	2.00	-	-
9	71	1.80	1.80	1.80	-	-	-
10	73	1.80	1.80	1.80	3.0	-	-
11	78	1.00	1.00	4.20	1.0	-	-
12	97	-	-	2.30	-	2.5	-
13	100	-	-	-	-	2.0	-
Total		11.08	24.90	16.25	10.6	4.5	4.50
Litros		33.50	75.40	49.20	32.10	13.60	13.64
/ha							

dds = días después de la siembra
¹+ ácidos húmicos y fúlvicos al 12 %

Prácticas culturales

La preparación del terreno se realizó en la forma tradicional de la región, el agricultor cooperante realizó las prácticas iniciando con el barbecho, después un rastreo. Esto con la finalidad de dar buena aireación al suelo, dejar una cama

suave y retener humedad para una buena brotación, además de controlar plagas y enfermedades que puedan estar presentes en el suelo.

Manejo de cultivo

Siembra y fertilización

La siembra se realizó con una máquina fertilizadora – sembradora - fumigadora; depositando la semilla a una profundidad de 15 cm y a una distancia entre estas de 20 cm. La fertilización se dio junto con la siembra por medio de la máquina antes mencionada, esta se calibró para poder aplicar las dosis requeridas para los diferentes tratamientos, tirando los fertilizantes a una profundidad de 20 cm.

El tamaño de parcela útil fue de un surco de 40.0 m de largo. La distancia entre surcos fue de 0.9 m y 0.20 m entre plantas.

Cultivos

Durante el desarrollo del cultivo se le realizó solamente un aporque, esto con él

fin de arropar la raíz y evitar que los tubérculos se verdeen por la exposición a los rayos solares.

Riegos

Los riegos los aplicó el agricultor cooperante, por medió de un equipo de aspersion y vía fertirriego (este último solo se utilizó para proporcionar los nutrimentos necesarios) en un tiempo aproximadamente de 8 horas diarias en cada evento (excepto en los días lluviosos).

Plagas y enfermedades

La principal plaga que se presentó en el cultivo fue: la palomilla de la papa. Las enfermedades más sobresalientes fueron: tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*), Fusarium y Rhizoctonia. El control de estas plagas y enfermedades las realizó el agricultor cooperante mediante el método convencional utilizado en la región.

Metodología del muestreo

La evaluación del muestreo de tratamientos, se realizó tanto en planta como en suelo.

Evaluaciones en planta

Durante el desarrollo y crecimiento de la planta, se realizaron mediciones que fueron altura de planta, número de tallos por planta, peso seco por planta, área foliar así como producción de primera, segunda, tercera calidad y gigante.

Altura de la planta

Se realizaron dos mediciones, la primera a los 35 días y la segunda a los 70 días después de la siembra, se tomaron dos plantas representativas por parcela útil. Se midió la planta desde la superficie del suelo hasta el ápice de la hoja del brote principal, la altura registrada se expreso en cm.

Número de tallos

En el conteo de tallos se realizaron dos mediciones, la primera a los 35 días y la segunda a los 70 días después de la siembra, se tomaron dos plantas representativas por parcela útil; se contó el número de tallos por planta y se expresó en número.

Peso seco

En el índice de materia seca, se determinó dos veces durante el ciclo del cultivo, la primera a los 35 días y la segunda a los 70 días después de la siembra, con el procedimiento que a continuación se describe:

- Se tomaron 2 plantas representativas por parcela útil.

- Cada planta se sacó completa (hojas, raíz, tallo y tubérculos)
- Se quitaron los residuos de tierra que estas presentaban.
- Las plantas se seccionaron en tres partes (hojas, tallos y raíz) y se metieron en bolsas de papel dextrasa.
- Posteriormente se metieron las bolsas a una estufa, por 48 horas a 70 °C.
- Por último se determinó el peso seco de la planta por medio de una báscula analítica expresándose en g/planta.

Área foliar

El área foliar se midió en dos ocasiones, la primera a los 35 días y la segunda a los 70 días después de la siembra, tomándose dos plantas representativas por parcela útil, se midieron solo las hojas de mayor tamaño por medio de un medidor de área foliar marca LI 3100 Area meter, desechando aquéllas que tuvieran un tamaño muy pequeño, los resultados obtenidos se expresaron en cm².

Producción de primera, segunda, tercera, gigante y total

Estas variables se realizaron de la siguiente manera: el día 27 de octubre del 2000, se cosechó y se seleccionaron las papas por repeticiones, por tratamientos y se saco un rendimiento total, para posteriormente sacar el rendimiento por tamaño (primera, segunda, tercera y gigante).

El rendimiento de primera, segunda, tercera y gigante así como el rendimiento total, provinieron de la parcela útil de la unidad experimental. Las mediciones de rendimiento se hicieron en una bascula con capacidad de 500 kg.

Evaluaciones en el suelo

Durante el desarrollo del cultivo se realizo un análisis de suelo a los 3 días después de la cosecha.

Análisis de suelo

El análisis se realizo de la siguiente manera:

- Se tomó una muestra por cada tratamiento y por cada repetición, a una profundidad d 30 cm dentro del lote experimental.
- Las muestras se depositaron en bolsas de papel dextrasa y se les identificó de acuerdo a su respectivo tratamiento.
- Las muestras se enviaron a analizar en un laboratorio de reconocido prestigio (Laboratorios A-L de México. Guadalajara, Jalisco).
- En el muestreo se determino fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, cobre, hierro, manganeso, zinc, sodio, contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio cationico y densidad aparente.

Los resultados de análisis de suelo se corrieron en el programa Curve Expert 3.1, para observar si hubo una significancia en dichos resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VARIABLES EVALUADAS EN PLANTAS

Altura de la planta

En la Figura 1, se muestran los valores promedio de la primera y segunda medición hecha a los 35 y 70 días después de la siembra.

En el análisis de varianza realizado para la primera medición a los 35 días después de la siembra, se encontró una diferencia estadística al 0.05 de probabilidad entre tratamientos. Los tratamientos Agror solo, 100 por ciento de la fertilización total y 25 por ciento de la fertilización total más Agror incrementaron la altura de planta en 4.25 cm, 3.56 cm y 3.19 cm, respectivamente. En esta primera medición, la máxima altura de planta se presentó en el tratamiento Agror solo y la mínima se da en el tratamiento con 50 por ciento de la fertilización total mas Agror, con una diferencia entre ambos tratamientos de 5.69 cm.

Para la segunda medición también se registró diferencia significativa al 0.05 de probabilidad, solamente el tratamiento con el 25 por ciento de la fertilización total más Agror supero al resto de los tratamientos. Observamos en esta segunda medición que el valor mas alto, se registró en el tratamiento con 25 por ciento de la fertilización total mas Agror, mientras que el más bajo lo obtuvo el testigo, con una diferencia entre ambos valores de 8.63 cm.

El valor más alto para altura de planta en ambas mediciones se obtuvo donde se aplico el 25 por ciento de la fertilización total más Agror, lo que significa una alta repetitividad de la variable altura de planta al aplicar la mencionada formula, sin embargo, una mayor altura de planta no fue indicador de mayor rendimiento.

Con los anteriores resultados podemos afirmar que la aplicación de los ácidos húmicos en combinación con bajos porcentajes de fertilización, influyen de manera directa en la altura de planta, lo cual, coincide con los resultados obtenidos por Preciado (1993), quien trabajando con trigo, observo que al incrementarse las dosis del bioactivador húmico sin porcentajes de fertilización, la altura de plantas se mantiene casi constante, en cambio en los tratamientos que tienen el 25 % de la fertilización la altura de plantas se incremento; así mismo coinciden con Barenque (1991), en el cultivo de tomate, el cual aplico (Humitrón), donde todos los tratamientos superaron al testigo.

Tomando en cuenta lo anterior, se puede deducir que el paquete utilizado por el agricultor cooperante, representado por la aplicación del 100 por ciento de la fertilización total en presiembra, podría ser modificado.

Número de tallos

En esta variable al realizar la primera y segunda medición a los 35 y 70 días después de la siembra, se registró un comportamiento estadísticamente similar, entre tratamientos lo que implica que los tratamientos actuaron de manera similar.

En la Figura 2, se puede observar que en ambas mediciones realizadas, los valores más altos se presentaron en el tratamiento con 50 por ciento de la fertilización total más Agror, con valores de 2.12 en la primera medición y 3.00 en la segunda medición, seguido por el 25 por ciento de la fertilización total con un valor de 2.37 para la primera medición y 2.25 para la segunda medición.

Al relacionar esta variable con el rendimiento se pudo notar que no existe una relación entre rendimiento y número de tallos por planta.

Los anteriores resultados coinciden con los de Andrade (1995), que trabajó con papa, y que menciona que al relacionar esta variable con el rendimiento observo que los valores más altos no corresponden a los mayores rendimientos; así mismo también coincide con lo citado por García (1993), que menciona que la aplicación de las sustancias húmicas incrementan el rendimiento de tubérculos, en combinación con la reducción de la fertilización, Andrade (1995).

Peso seco de la planta

En la Figura 3, se muestran los valores promedio de la primera y segunda medición, a los 35 y 70 días después de la siembra.

Para la primera medición, los tratamientos Agror solo y 25 por ciento de la fertilización total más Agror, fueron un incremento estadísticamente superiores al 0.05 de probabilidad con relación al testigo.

En el análisis de varianza realizado en la segunda medición, los tratamientos tuvieron un comportamiento estadísticamente, sin embargo hay que destacar que todos los tratamientos: 25, 50, 75 por ciento de la fertilización total mas Agror, 100 por ciento de la fertilización total y Agror solo, superaron al testigo con incrementos de 2.81, 2.83, 2.96, 9.21 y 10.61 g/planta, respectivamente

En esta primera medición se puede observar que los valores más altos se registraron en los tratamientos Agror solo, con 7.84 g/planta, seguido del tratamiento con 25 por ciento de la fertilización total más Agror con 7.22 g/planta, el testigo por su parte registró el valor más bajo con 5.03 g/planta, con una diferencia del testigo y los mencionados tratamientos de 2.81 g/planta y 2.19 g/planta, respectivamente.

En la segunda medición se observa que el tratamiento Agror sólo, fue él que registró el mayor peso seco con 37.51 g/planta, seguido del tratamiento con 100 por ciento de la fertilización total con 36.11 g/planta, mientras que el menor peso seco de planta lo obtuvo el testigo con 26.90 g/planta.

Al relacionar el peso seco por planta con el rendimiento total, se observa que donde se aplicó Agror solo el rendimiento se incrementa, obteniendo el valor más alto de todos los tratamientos.

El tratamiento Agror solo en la primera y segunda medición (35 y 70 días después de la siembra) registró el mayor valor de peso seco por planta, con lo anterior podemos constatar que los ácidos húmicos incrementan la producción de biomasa y consecuentemente en el crecimiento vegetal, estos resultados coinciden con lo citado por MacCarthy (1990) la aplicación de ácidos húmicos incrementan la biomasa de las plantas , también coinciden con lo citado por Narro (1992) que menciona que la acumulación de materia seca y el crecimiento en el área foliar de muy diversos cultivos muestra una alta correlación con la aplicación de los bioactivadores húmicos, estos resultados también coinciden con los citados por Palomares (1991) que indica que los bioactivadores húmicos incrementan la biomasa total de la planta, peso fresco y peso seco.

Área foliar

En la Figura 4, se presentan los valores promedio de área foliar registrados por tratamiento, en las mediciones a los 35 y 70 días después de la siembra.

En esta variable el tratamiento Agror solo fue mayor estadísticamente al 0.05 de probabilidad al resto de los tratamientos. Para la segunda medición, hubo un comportamiento estadísticamente similar entre tratamientos.

En la primera medición el máximo valor corresponde al tratamiento Agror solo con 793 cm², seguido por el tratamiento con 25 por ciento de la fertilización total más Agror con 686 cm², superando al testigo con valores de 353 cm² y 246 cm², donde el testigo ocupó el último lugar con un valor de 440 cm².

En la segunda medición el tratamiento Agror solo, alcanzó el máximo valor, seguido de los tratamientos con 75 por ciento de la fertilización total más Agror, 100 de la fertilización total, 50 y 25 por ciento de la fertilización total más Agror, superando al testigo con valores de 1363 cm², 753 cm², 665 cm², 554 cm² y 411 cm², respectivamente, de los anteriores se observa que los valores más altos se obtuvieron en los tratamientos con sustancias húmicas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, observamos que existe una relación muy estrecha entre esta variable y el peso seco por planta, ya que el tratamiento Agror solo, demostró ser el mejor en ambas variables incrementándose de manera muy notable, por lo que a mayor producción de materia seca se incrementó el

área filiar, que además es el tratamiento donde se registró el mayor rendimiento total.

Lo anterior concuerda con lo citado por Narro (1995) que menciona que dentro de los efectos de los ácidos húmicos está el incremento en biomasa y crecimiento vegetal. Así también concuerda con lo citado por Kuwatsuka y Tsutsusi (1979), que mencionan que en los tratamientos con bioactivadores húmicos hay un aumento en el área foliar, los mismos autores también mencionan que los tratamientos con ácidos húmicos dan altas producciones, así como proliferación en el crecimiento de raíces y aumento en el área foliar.

Producción de primera

En el Cuadro 5 se observa que los valores promedio entre tratamientos no tuvieron diferencia estadística entre sí.

Los mejores rendimientos lo obtuvieron el tratamiento con 75 por ciento de la fertilización total más Agror con un promedio de 12.54 ton/ha, seguido por el tratamiento con 100 por ciento de la fertilización con 11.95 ton/ha y Agror solo con 10.59 ton/ha, superando al testigo con una diferencia de 2.89, 2.30 y 0.94 ton/ha, respectivamente.

Producción de segunda

En el Cuadro 5, se observa que los tratamientos tuvieron un comportamiento estadísticamente diferente al 0.05 de probabilidad. Aquí el tratamiento más sobresaliente lo representó el 75 por ciento de la fertilización total más Agror con una producción de 8.05 ton/ha, seguido por el testigo con un rendimiento de 6.52 ton/ha; donde el Agror solo registró un rendimiento de 5.86 ton/ha y el tratamiento más bajo correspondió al 25 por ciento de la fertilización total más Agror con 4.44 ton/ha, con una diferencia de 3.61 ton/ha entre el mejor tratamiento y el más bajo.

Para el productor los rendimientos de primera y segunda calidad son los de mayor demanda en el mercado, se deduce que el tratamiento con 75 por ciento de la fertilización total más Agror, fue el más sobresaliente en ambos tipos de rendimiento, con un rendimiento promedio de 20.59 ton/ha. Le siguieron los tratamientos con 100 por ciento de la fertilización total, Agror solo y testigo, con rendimientos muy similares a 16 ton/ha.

Los tratamientos de menor rendimiento de primera y segunda calidad fueron el 25 y 50 por ciento de la fertilización total más Agror con 13.50 y 14.96 ton/ha.

Producción de tercera

En el Cuadro 5, se observa que los tratamientos tuvieron un comportamiento estadísticamente diferente al 0.05 de probabilidad.

Los tratamientos con mayor producción de tercera calidad quedaron representados por el 100 por ciento de la fertilización total y Agror solo con rendimientos promedio de 16.52 y 12.01 ton/ha; el rendimiento mas bajo quedo representado por el tratamiento con 75 por ciento de la fertilización total más Agror, con un valor promedio de 9.20 ton/ha.

Producción gigante

Los tratamientos que superaron estadísticamente al 0.05 de probabilidad, fueron Agror solo, seguido por el tratamiento con 25 y 50 por ciento de la fertilización total más Agror.

Por otra parte, los tratamientos con menor rendimiento quedaron registrados por el 75 por ciento de la fertilización total más Agror con 2.28 ton/ha, el testigo con 1.81 ton/ha y en último lugar, el 100 por ciento de la fertilización total más Agror con 1.61 ton/ha

De lo anterior se deduce que, al considerar la producción de tercera y producción gigante no existe una relación entre la cantidad de nutrimentos empleados y el rendimiento de tercera calidad más gigante (Cuadro 5). Sin embargo, es de destacarse que el tratamiento con mayor producción de primera calidad más segunda calidad, fue el tratamiento con 75 por ciento de la fertilización más Agror y que a su vez este produjo el menor rendimiento de tercera calidad más gigante.

De tal manera los mejores tratamientos para la producción de tercera calidad así como gigante fueron Agror solo, 25 y 50 por ciento de la fertilización total más Agror, lo que se considera una desventaja para el tratamiento Agror.

Producción total

En rendimiento total, todos los tratamientos con fertilización sólida mostraron un comportamiento estadísticamente superior al 0.05 con relación al testigo. Cuadro 5. El tratamiento con mayor rendimiento lo obtuvo el Agror solo, con 37.89 ton/ha, y el rendimiento más bajo lo registro el testigo con 27.18 ton/ha.

De lo anterior se deduce que los tratamientos que merecen una discusión por separado, son los tratamientos con 75 por ciento de la fertilización total más Agror el cual tuvo un rendimiento total de 31.41 ton/ha; así mismo registro un rendimiento de 12.54, 8.05, 8.54 y 2.28 ton/ha, de primera, segunda, tercera y supergrande; así como también registro 20.59 ton/ha, entre rendimientos de primera más segunda y 10.82 ton/ha, entre rendimiento de tercera más gigante. Por otra parte, el tratamiento Agror solo, tuvo un rendimiento de 37.89 ton/ha, de los cuales 10.59, 5.86, 12.01 y 9.43 ton/ha, fueron rendimientos de primera, segunda, tercera y gigante, respectivamente; así mismo registro 16.45 ton/ha, entre rendimiento de primera y segunda calidad y 21.44 ton/ha, entre rendimiento de tercera más gigante.

En base a los resultados obtenidos en las diferentes tipos de rendimiento podemos afirmar que la aplicación de los ácidos húmicos al suelo incrementa el

rendimiento, siendo el tratamiento donde se aplicó Agror solo (ácidos húmicos al 12%) el mayor rendimiento total. Lo anterior coincide con los resultados de Fernández (1968); Kononova (1982), quienes indican que la aplicación de los bioactivadores húmicos incrementa el rendimiento, también coinciden con los resultados de Andrade (1995), quien trabajó con papa y concluyó que las sustancias húmicas incrementan el peso de tubérculos.

Sin embargo también nos muestra que al evaluar esta variable, se encontró que en algunos casos disminuyeron y aumentaron las categorías, como en el caso de el tratamiento con 75 por ciento de la fertilización total más Agror, que en la producción de primera y segunda calidad obtuvo los mayores rendimientos y en producción de tercera calidad y gigante registró rendimientos muy bajos, para finalmente obtener el quinto lugar en el rendimiento total.

Variables evaluadas en suelo

Análisis de suelo

Antes de discutir los resultados se indica que: MA = Muy alto, M = Medio, B = Bajo, MB = Muy bajo.

En el análisis de muestras de suelo tomadas al final del cultivo (Cuadro 6), se encontró que el tratamiento con 25 por ciento de la fertilización total más Agror registró lo menores valores de fósforo (103 ppm, MA), magnesio (460 ppm, MA), cobre (1.7 ppm, M) y fierro (8 ppm, MB). Mientras que el tratamiento Agror solo, presentó los valores menores de potasio, calcio, azufre y cobre con (901 ppm, MA), (18443 ppm, MA), (238 ppm, MA) y (1.7 ppm, M). Lo anterior representa una alta repetitividad en la disminución de dichos tratamientos.

El testigo registró el menor valor de zinc (4.9 ppm, MB).

El tratamiento con 75 por ciento de la fertilización total más Agror registró los más altos valores de fierro (11 ppm, MB), potasio (1208 ppm, MA) y zinc (11.5 ppm, MA), por otro lado el tratamiento Agror solo, registró los mayores valores de fierro (13 ppm, MB), M.O.(1.8 %) y pH (8.2).

El testigo registró los valores de magnesio más altos (521 ppm, MA), azufre (457 ppm, MA) y sodio (54 ppm, MB), y el tratamiento con 25 por ciento de la fertilización total más Agror, registró los más altos valores de calcio (22163 ppm, MA).

El tratamiento con 100 por ciento de la fertilización total registró los mayores valores de fósforo (155 ppm, MA), cobre (4.2 ppm, MA) y manganeso (59 ppm, M).

Al observar el Cuadro 6, se puede notar que no hubo una gran diferencia entre tratamientos, inclusive se observa una ligera ventaja del testigo en algunas determinaciones sobre los tratamientos con el paquete Agror y Agror solo, quizás esto resultados se deban a la falta de muestras ya que solo se tomo una por cada tratamiento, por lo que hace que estos resultados sean poco confiables.

Al correr el análisis de suelo en el programa Curve 1.3, los resultados arrojados mostraron que la mayoría de los elementos se ajustaron a una curva polinomial de grado cuatro, lo cual indica que la varianza de respuesta a estas variables es altamente compleja; los resultados se encuentran en el apéndice.

CONCLUSIONES

1. Las sustancias húmicas solas o combinadas con fertilizantes inorgánicos influyeron significativamente en altura de planta, producción de biomasa (peso seco/ planta) y área foliar.
2. El paquete Agror solo o en combinación con las diferentes dosis de fertilización, tuvo una respuesta positiva en la expresión de la variable rendimiento ya que incrementaron la producción total, al registrarse 37.89 ton/ha, en comparación el testigo absoluto tuvo un rendimiento de 27.28 ton/ha.
3. La aplicación del paquete Agror solo registró el más alto rendimiento total con 37.89 ton/ha, sin embargo en ese tratamiento se registraron en el suelo los mas bajos valores de K, Ca, S y Cu..

Cuadro 5. Efecto entre tratamientos bajo el programa Agror, en la expresión de rendimiento. Rancho “El Veracruz, Arteaga, Coahuila, 2000.

Tratamiento	R E N D I M I E N T O (ton/ha)				
	Primera (1)	Segunda (2)	(1) + (2)	Tercera (3)	Supergrano *
Testigo	9.25	6.52 ab	16.17	9.20 b	1.81
Agror solo	10.59	5.86 bc	16.45	12.01 ab	9.43
25 % + Agror	9.06	4.44 c	13.50	10.96 b	9.03
50 % + Agror	9.31	5.65 bc	14.96	11.80 b	8.08
75 % + Agror	12.54	8.05 a	20.59	8.54 b	2.28
100 %	11.95	4.63 bc	16.58	16.52 a	1.61
DMS (0.05)	NS	1.89		2.13	5.8
CV (%)	22.61	21.46		26.57	71.6

* Rendimiento denominado también “tamal”.

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí al 0.05 de probabilidad

NS = No significancia.

Cuadro 7. Análisis de suelo de los seis tratamientos al finalizar el cultivo. Rancho “El Veracruz”, Arteaga, Coahuila, 2000.

Determinaciones	Testigo	Agror solo	25 % + Agror	50 % + Agror
Fósforo (P)	134 (MA)	115 (MA)	103 (MA)	130 (MA)
Potasio (K)	1144 (MA)	901 (MA)	957 (MA)	1047 (MA)
Calcio (Ca)	20918 (MA)	18443 (MA)	22163 (MA)	19836 (MA)
Magnesio (Mg)	521 (MA)	507 (MA)	460 (MA)	495 (MA)
Azufre (S-SO ₄)	457 (MA)	238 (MA)	285 (MA)	252 (MA)
Boro (B)	2.7 (MA)	2.7 (MA)	2.9 (MA)	3.1 (MA)
Cobre (Cu)	3.2 (O)	1.7 (M)	1.7 (M)	1.8 (M)
Hierro (Fe)	9 (MB)	13 (MB)	8 (MB)	10 (MB)
Manganeso (Mn)	58 (M)	55 (M)	48 (M)	58 (M)

Zinc	(Zn)	4.9 (MB)	5.6 (O)	5.9 (O)	7.8 (O)
Sodio	(Na)	54 (MB)	42 (MB)	37 (MB)	34 (MB)
D.A		1.46 g/cc	1.46 g/cc	1.46 g/cc	1.46 g/cc
	M.O	1.3 %	1.8 %	1.2 %	1.2 %
	C.I.C	89.6 meq/100g	79.1 meq/100g	93.5 meq/100g	84.8 meq/100g
	pH	7.9	8.2	8.0	8.1

MB = *Muy bajo*

M = **Medio**

B = *Bajo*

MB = *Muy bajo*

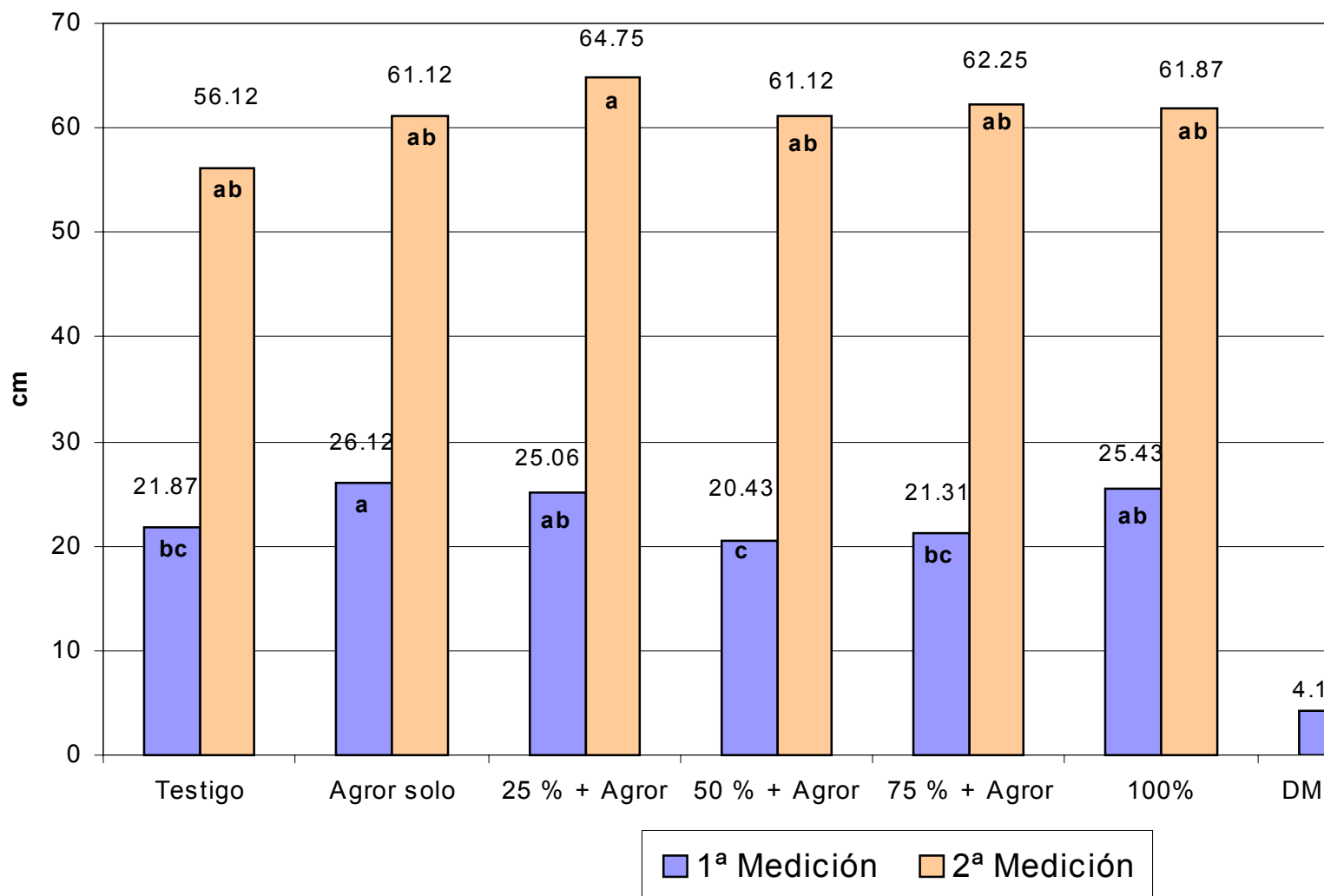


Figura 1. *Altura de plantas a los 35 y 70 días después de la siembra en el cultivo de papa. Racho " Coahuila, 2000.*

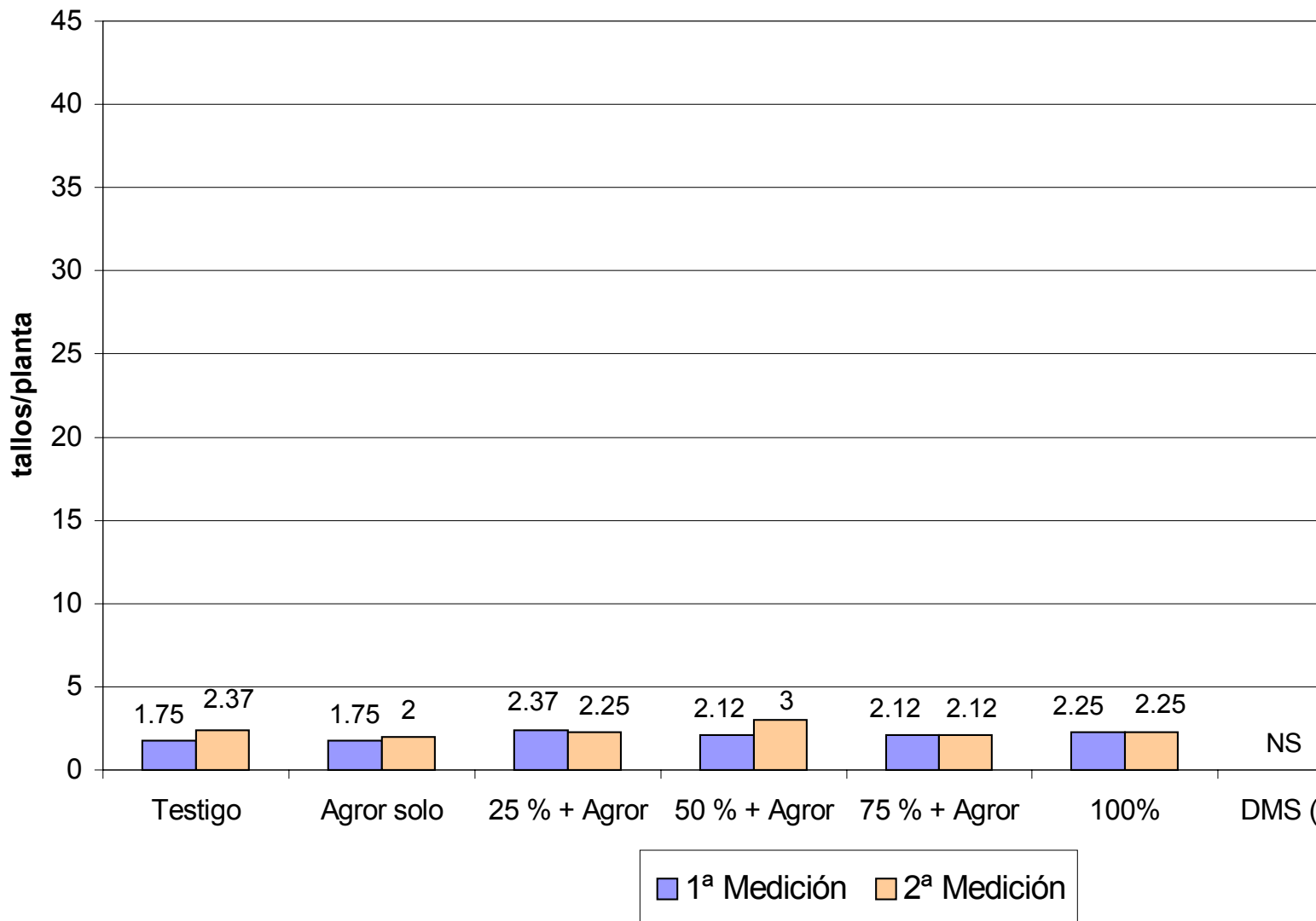


Figura 2. Número de tallos por planta a los 35 y 70 días después de la siembra en el cultivo de papaya en "Veracruz", Arteaga, Coahuila, 2000.

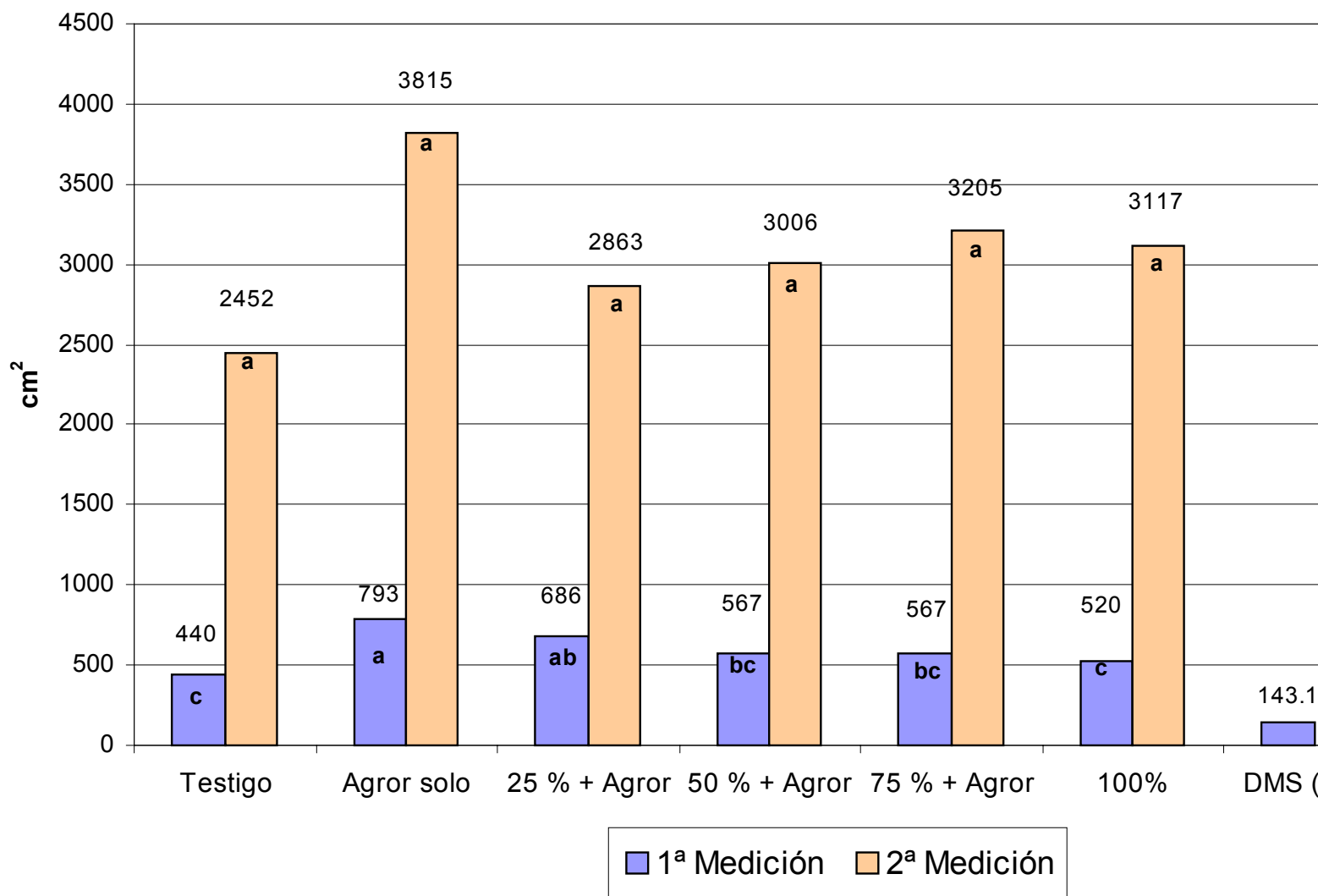


Figura 3. Area foliar a los 35 y 70 días después de la siembra en el cultivo de papa. Rancho "El Verde", Coahuila, 2000.

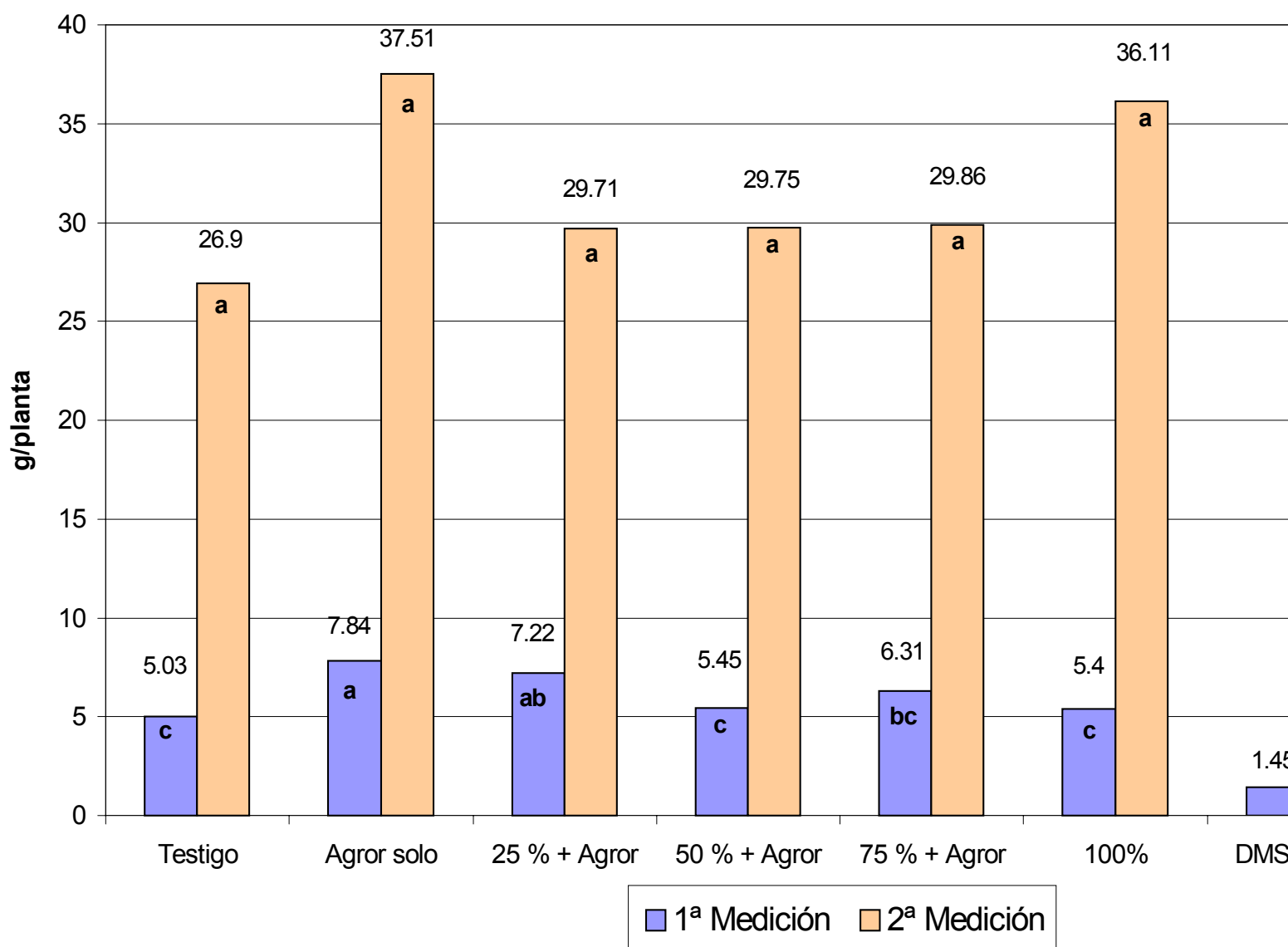


Figura 4. *Peso seco de la planta a los 35 y 70 días después de la siembra en el cultivo de papa. Rancho Arteaga, Coahuila, 2000.*

LITERATURA CITADA

- Andrade, H. M. C. 1995 Balance nutricional y bioactivador humico en el suelo calcáreo cultivado con papa en Arteaga, Coah. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Angeles, G. S. A. 1995. Evaluación de cuatro fuentes de Nitrógeno con fertirrigación en el cultivo de tomate Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. México.
- Ayala, D. J. 1996. Respuesta del cultivo del frijol a la aplicación de Humik - 900, Urea y Materia orgánica. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Barkley, F. A. 1973. Datline Clasification of Organisms. North easterns. University. Boston. U.S.A.
- Beadle, C. L. 1988. Técnicas en fotosíntesis y bioproduktividad. Editorial Futura. 2º Edición. Colegio de Posgraduados. Texcoco, México.
- Bidwell, R.G.S. 1987. Fisiología Vegetal. Editorial AGT. México, D.F.
- Bonner, V. H y A. W. Galston. 1973. Principios de fisiología Vegetal. Editorial Aguilar. España.
- Botello, C. J. V. 1993. Reducción de la fertilización fosfórica con la adición de ácido húmico y fertilización foliar en papa. Tesis de Licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Castellanos, J.Z., J. X Valle-Bueno, A. Aguilar-Sontilenses A. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. 2ª Edición. México
- Cepeda, D.J.M. 1991. Química de suelos. Editorial Trillas. México.
- Cosmocel, S. A. de C.V. 1998. Fertilizantes Acidos Orgánicos. Boletín Técnico Informativo. México.
- Cruz, M. S. 1986. Abonos orgánicos, manejo, procesamiento y utilización. Chapingo. México

- Davis, G. 1980. Drip system evaluation irrigation, age Vol 5: 14-15.
- Esquivel, C. P. 1995. Reducción de la fertilización con adiciones de Bioactivadores húmicos y fertilización foliar en el cultivo de la papa. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Evans, L. T. 1972. Crop. Physiology. Combridge University.
- Fabiani, L. 1967. La Patata. Editorial Aedos. Barcelona, España.
- Finck, A. 1985. Fertilizantes y Fertirrigación, fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos. Editorial Reverté. España.
- García, C.I. y S. G. Briones. 1986. Diseño y evaluación de sistemas de riego por aspersión y goteo. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista. Saltillo. Coahuila, México.
- García, A. J. 1992. Evaluación de ácidos húmicos (Humiplex plus) a diferentes dosis en el desarrollo del cultivo de la papa, en la región de Galeana, N.L. Tesis de Licenciatura, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Garcidueñas, R. M. 1993. Fisiología vegetal aplicada. Editorial MacGraw-Hill. 4° Edición. México, D.F.
- GBM. 1992. Primera reunión para la organización y programación del desarrollo y servicio técnico. Saltillo. Coahuila. México.
- Gómez, P.P. 1975. La técnica y tecnología del riego por aspersión. Publicaciones Agrarias. España.
- González, G.E. 1994. Respuesta del pepino a los ácidos húmicos en condiciones de acolchado, riego por goteo semiforzado. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Gordon, H.R. y I.A. Barden. 1984. Horticultura. Editorial AGT. México, D.F.
- Guravich, L.A. 1983. Fundamentos y Diseños de sistemas de Riego. Editorial Texto Ltda. San José. Costa Rica.

- Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. Studies in Biology. Editorial Arnold E. Gran Bretaña.
- INIFAP. 1999. Nuevas perspectivas de la fertirrigación en México. Productores de hortalizas. Abril, 1992.
- Isaki, H. 1995. Efecto de las sustancias húmicas en el cultivo de la papa y rábano. Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Jones, *et al.* 1991. Plant Analysis Handbook a practical sampling preparation, analysis and interpretation guide. Micro-Macro Publishing, Inc. Athens. Ga. U.S.A.
- Kasatochkin, V.I. y M.M. Kononova. 1958. Espectros infrarrojos de absorción de las sustancias húmicas del suelo. Dki. ANSSSR. Vol 119.
- Luque, A. A. Y P.J. Dario. 1974. Operación de riego. Editorial Hemisferio Sur. Argentina.
- MacCarthy, P; C.E. Clapp; R.L. Maleam; Y. Chen; T. Avid; y P.R. Bloom
. 1990 Humic substances in soil and crop sciences American Society of
Agronomy, In. Soil Science of America, In. Wisconsin. U.S.A.
- Martínez, S. J. 1992. Ácidos húmicos y fertilización en cultivos de Brocoli.
Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Medina, E. 1977. Introducción a la ecofisiología vegetal. Serie biológica.
Monografía 16. Departamento de Asuntos Científicos de la Secretaría
General. U.S.A.

- Montaldo, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica.
- Munguia, L. J. P. 1985. El acolchado y la práctica de riego en el cultivo de espinacas. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Narro, F. E. A. 1994. Física de Suelos con enfoque agrícola. Editorial Trillas. México.
- , F. E. A. 1995. Nutrición y sustancias humicas en el cultivo de papa. Memorias del VI Congreso Nacional de Productores de Papa, Saltillo, Coahuila, México.
- Omega Agroindustrial, S.A de C.V. 1989. Humitron, Humiplex. Boletín técnico. Saltillo, Coahuila, México.
- Palomares, R. 1990. Revista Frutos. No.12, año 4.C,N, P, H. México.
- Pastor, F. *et al.* 1967. Diez temas sobre la Patata. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- Robledo, P.F. y V.L. Martín. 1988. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Editorial Mundi-Prensa. 2° Edición. España.

Rodríguez, S.F. 1996. Fertilizantes, Nutrición Vegetal. Editorial AGT. 3^a
Reimpresión. México. D.F.

SEP. 1987. Manual para la producción agropecuaria. Papas. Editorial Trillas.
México. D.F.

SEP. 1988. Manual para la producción agropecuaria. Suelos y Fertilizantes.
Editorial Trillas. México. D.F.

Thamane, R. V. et al. 1986. Suelos, su química y fertilidad en zonas tropicales.
Editorial Diana. 4^a Edición. México.

Thedal Internacional, S.A. de C.V. 2000. Nutrición vegetal.

Valadez, L. A. 1988. Producción de hortalizas. Editorial LIMUSA.
México.

Worren, W. J. 1980. Analysis of growth, photosynthesis and light interpretation
for simple plants and stands. Ann. Bot.

Yamaguchi, M. 1983. World vegetables. Principles, production and nutritive
values. AUL. Publishing Company. Inc. Westport, Connecticut. U.S.A.

APENDICE

Figura 1. Curva polinomial del contenido de P en relación con el rendimiento.

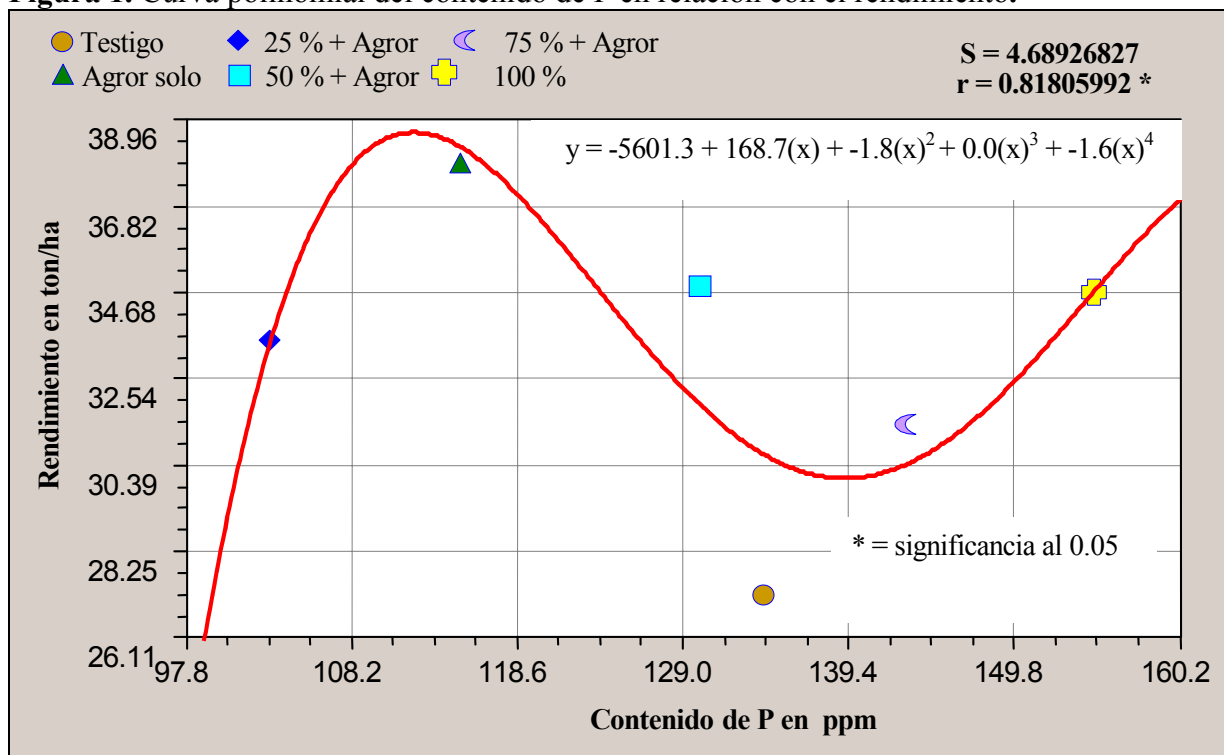


Figura 2. Curva polinomial del efecto de K en relación con el rendimiento.

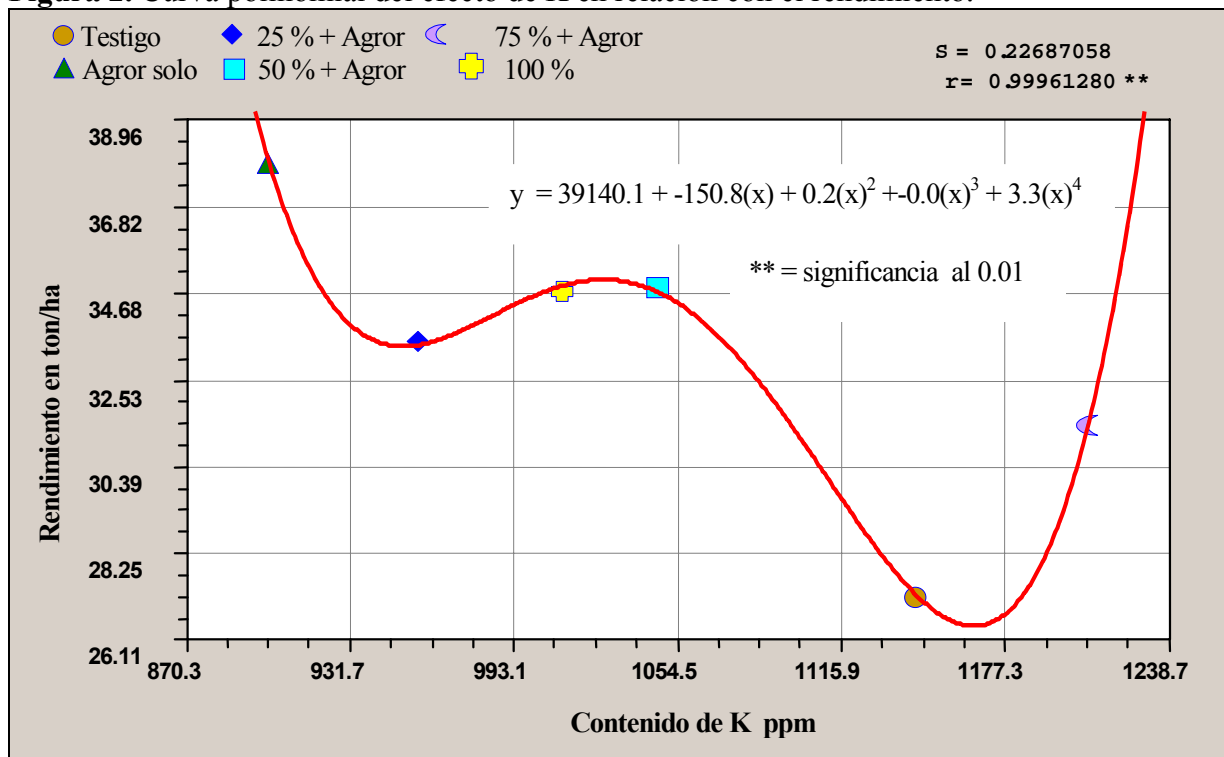


Figura 3. Curva polinomial del efecto de Ca en relación con el rendimiento.

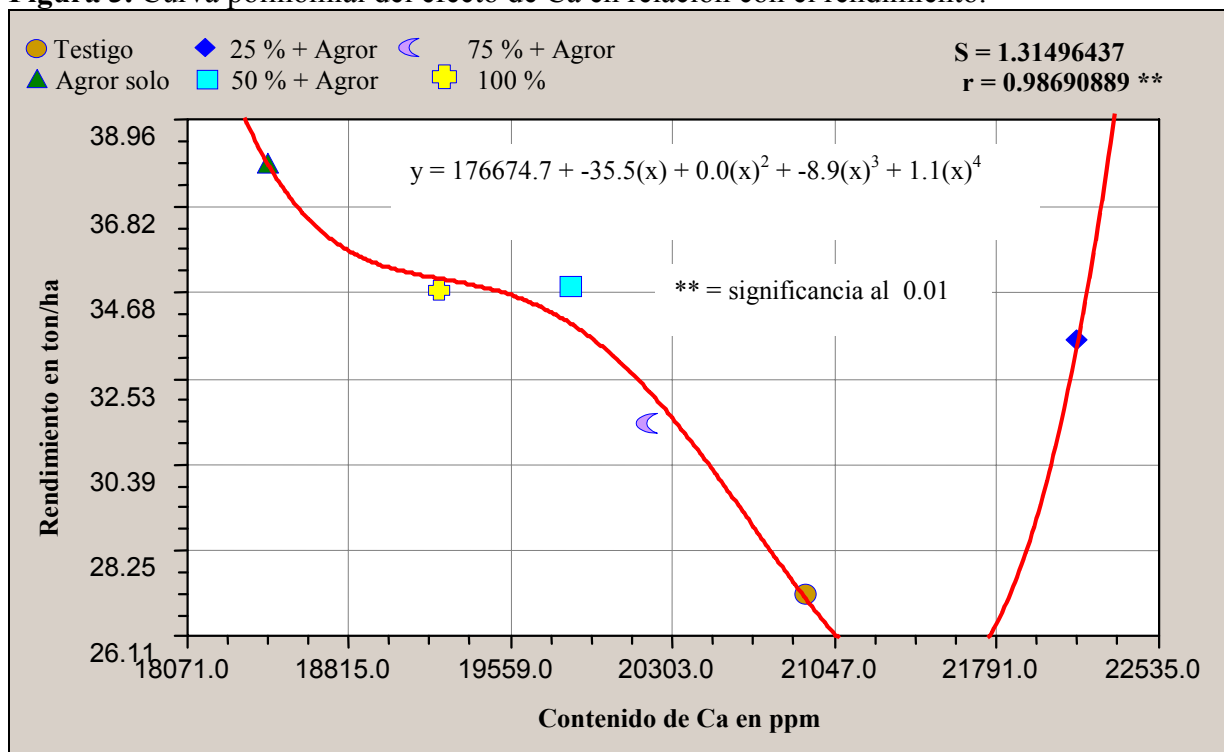


Figura 4. Curva polinomial del contenido de Mg en relación con el rendimiento.

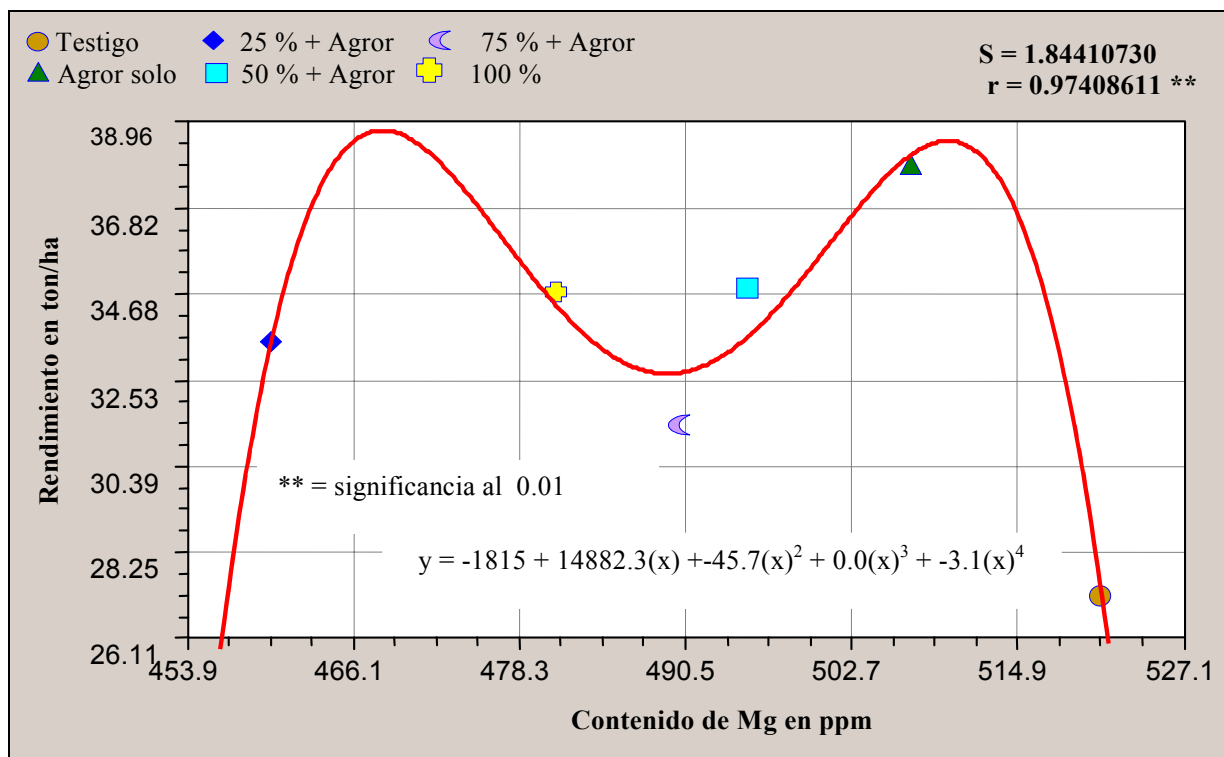


Figura 5. Curva polinomial del contenido de S en relación con el rendimiento.

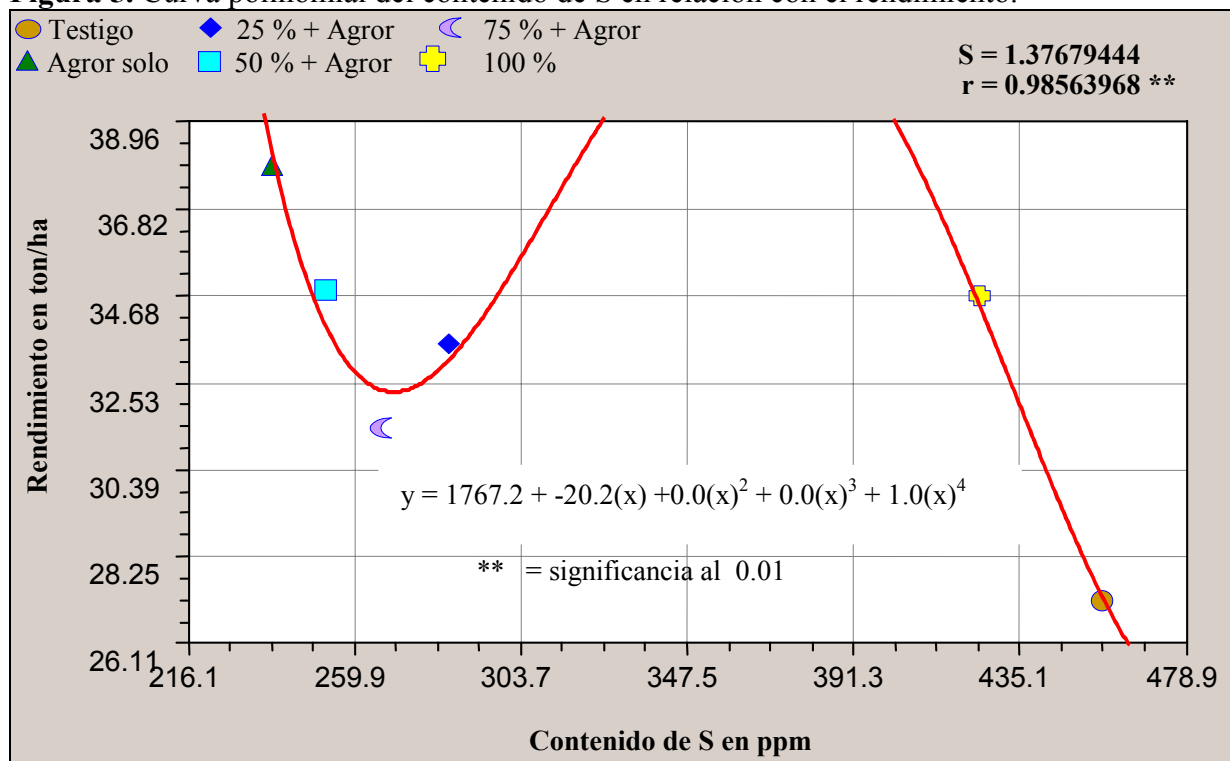


Figura 6. Curva polinomial del contenido de B en relación con el rendimiento.

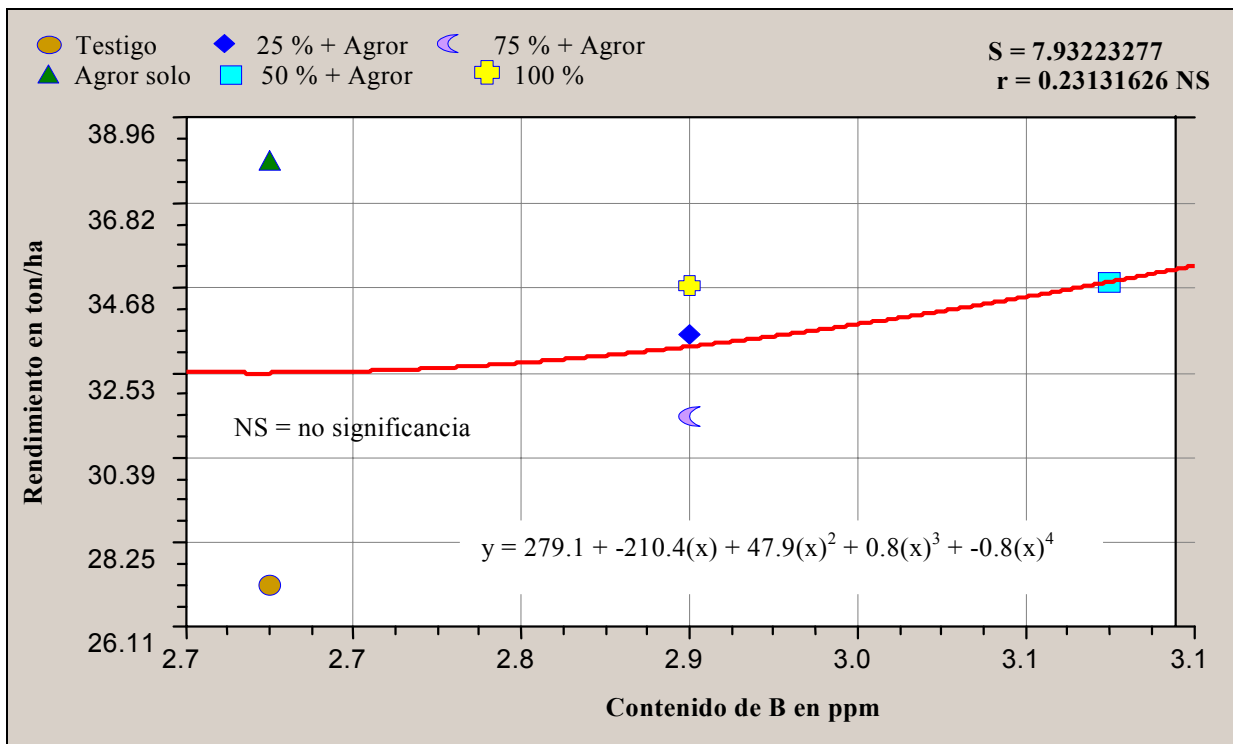


Figura 7. Curva polinomial del contenido de Cu en relación con el rendimiento.

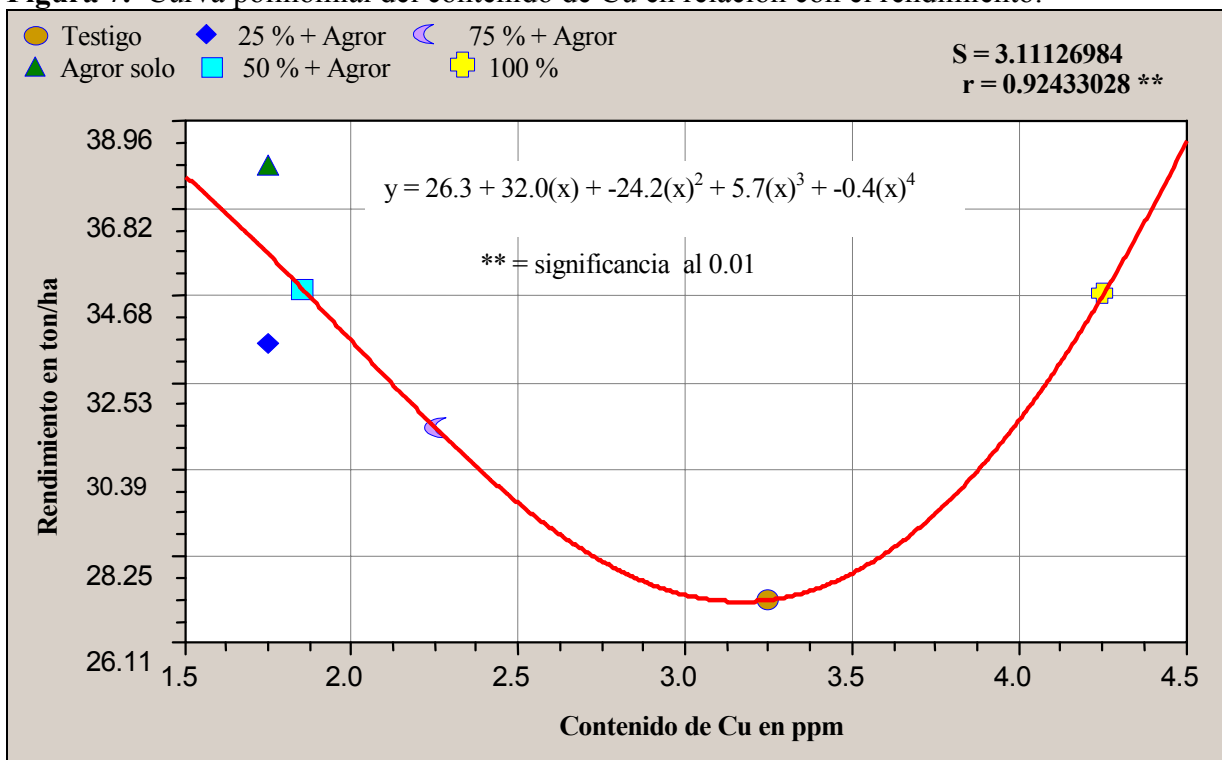


Figura 8. Curva polinomial del contenido de Fe en relación con el rendimiento.

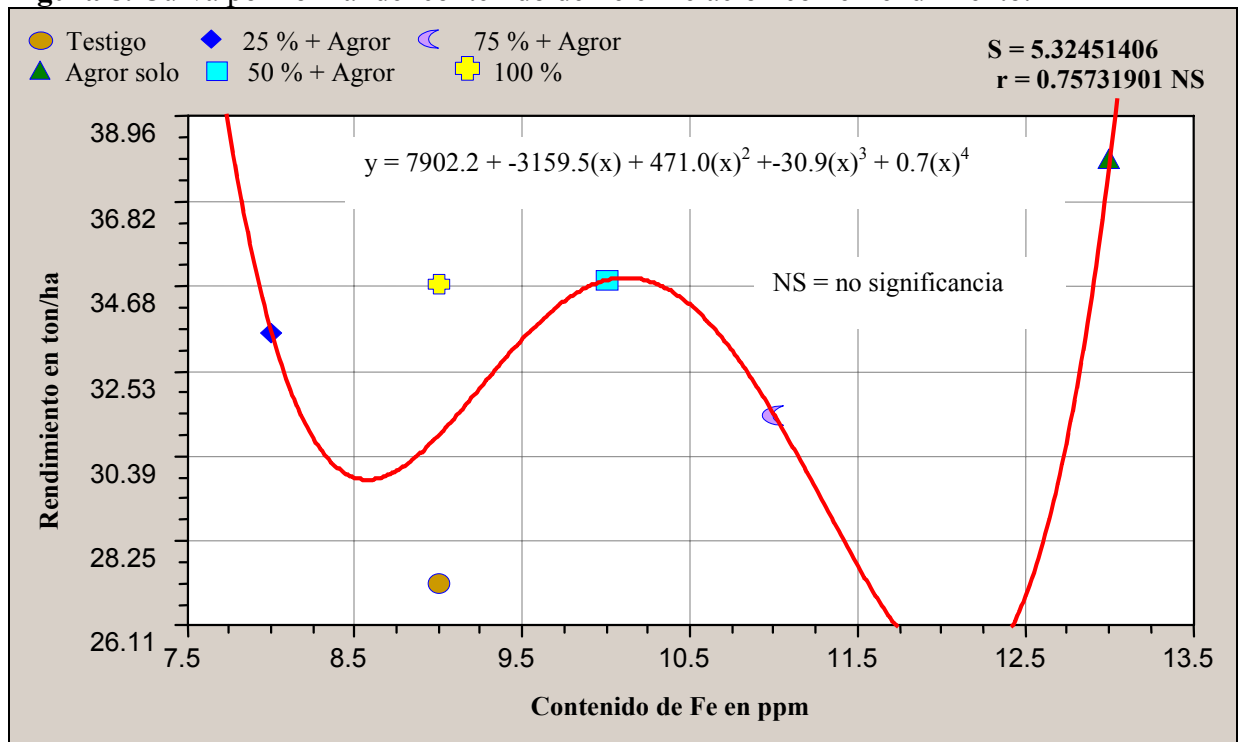


Figura 9. Curva polinomial del contenido de Mn en relación con el rendimiento.

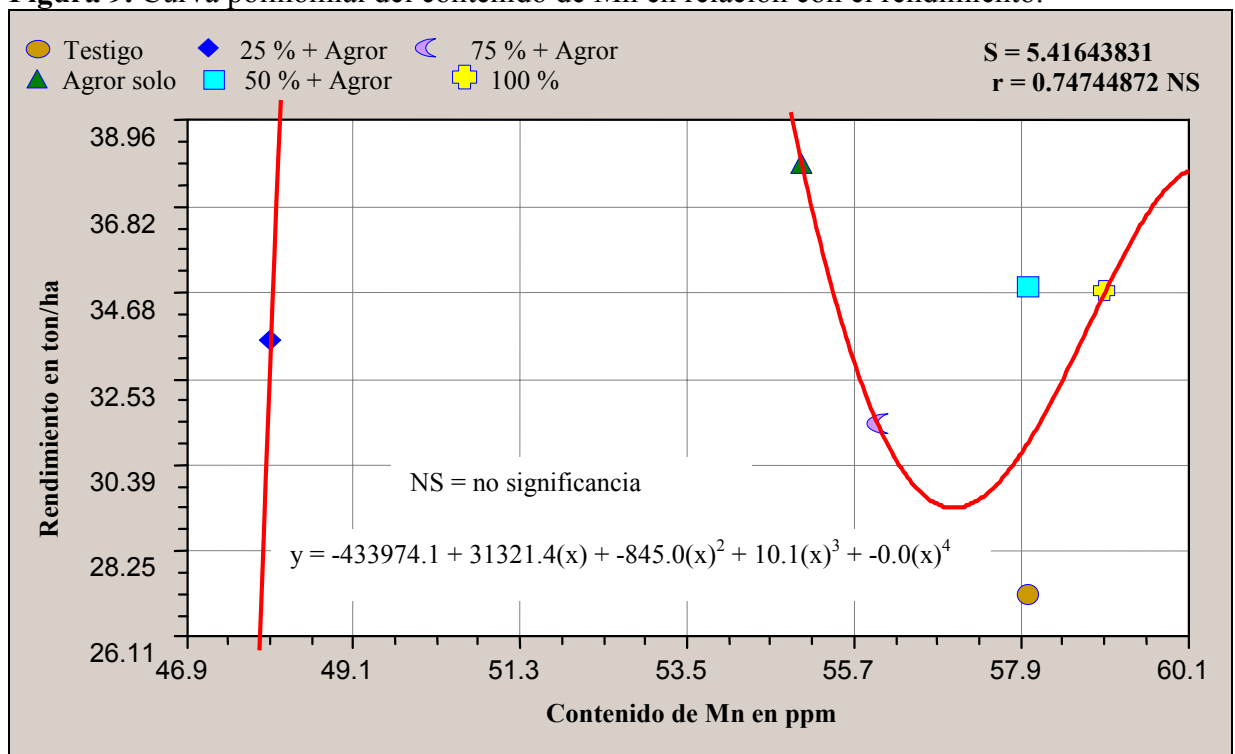


Figura 10. Curva polinomial del contenido de Zn en relación con el rendimiento.

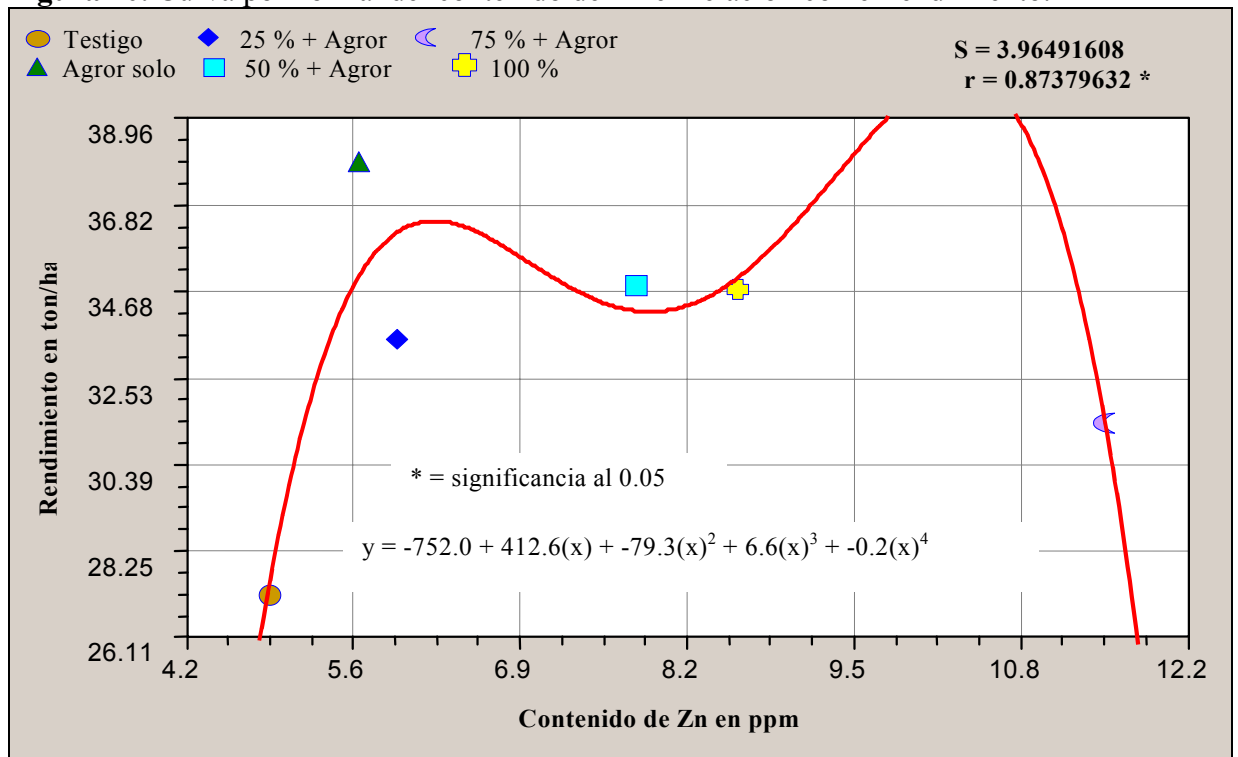


Figura 11. Curva polinomial del contenido de Na en relación con el rendimiento.

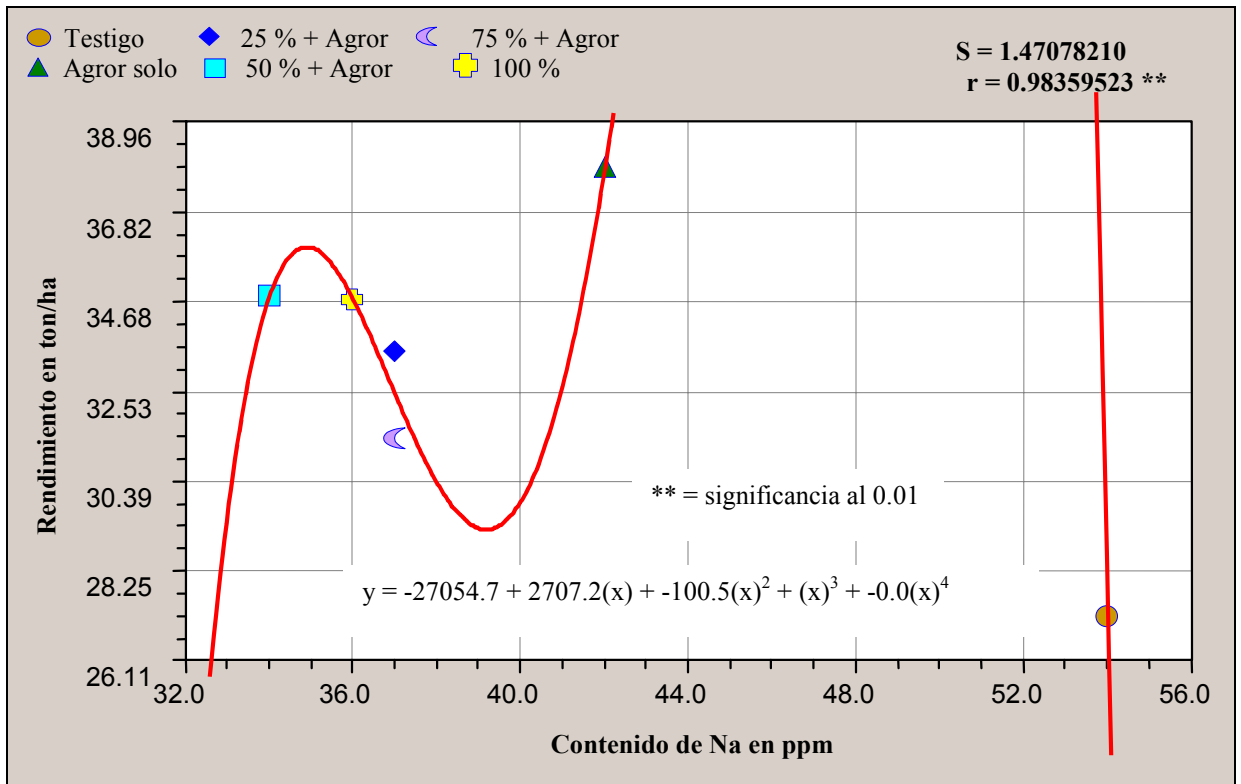


Figura 12. Curva polinomial del contenido de pH en relación con el rendimiento.

