

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en suelos clasificados como Dystropept. Se estudió el efecto, en producción de ajo (Allium sativum L.) con la fertilización en base a azufre y magnesio como elementos secundarios y los microelementos boro, cobre, zinc y molibdeno, aplicados independientemente y en conjunto con NPK en base a 10-30-10 en dosis de 200 Kg/Ha.

Se utilizaron parcelas de 3 x 3 m con surcos espaciados a 50 cm y 8 cm entre plantas.

Los resultados obtenidos permiten concluir que los subtratamientos de más alta producción fueron respectivamente: Testigo + NPK y NPK + Todos (10.860 y 9.922 Kg/Ha), respectivamente. Los subtratamientos con elementos menores tuvieron una respuesta intermedia y los subtratamientos con azufre y magnesio, arrojaron una baja producción.

ABSTRACT

The effect of fertilization with S and Mg as secondary elements and the micronutrients B, Cu, Zn and Mo, independently applied as well as in combination with N-P-K (10-30-10 grade, at rates of 200 Kg/Ha, on production of garlic (Allium sativum L.) was studied in a Dystropept soil.

Plots of 3 x 3 m, with 50 cm between rows and about 8 cm between plants.

According to the results, it can be concluded that the best treatments were: Check + NPK and NPK - All micronutrients (10,860 and 9,922 Kg/Ha, respectively). Treatments with micronutrients had an intermediate response and those with S and Mg showed the lowest production.

INTRODUCCION

Dentro de los cultivos hortícolas establecidos en el Departamento de Nariño, el ajo ocupa un lugar importante, principalmente en el área de producción, en las regiones del sur, donde se ha constituido en una alternativa de sustitución de los cultivos tradicionales, a pesar de las fluctuaciones de precio en el mercado, ocasionadas por la variación de la ley de la oferta y la demanda.

La constante demanda del producto, está asegurada tanto a nivel nacional como internacional, gracias a sus propiedades medicinales, como también a su aplicación culinaria e industrial.

Actualmente existe cierta tendencia a mantener el área de producción, aunque se hace necesario dar al agricultor nuevas técnicas de cultivo con el fin de aumentar los rendimientos y por ende incrementar sus ingresos; por ello, se han planeado y ejecuta

* Resumen de la Tesis de Grado presentada por el primer autor para optar al título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad de Nariño

** Profesor Asistente, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

do-diferentes ensayos tendientes a obtener semilla de calidad, controlar plagas y enfermedades, determinar prácticas eficientes de fertilización, evaluar variedades de buenas características agronómicas.

Si bien es cierto que en el campo de la fertilización se han realizado investigaciones sobre el efecto de los macronutrientes, es notorio que se ha dejado a un lado el estudio de los elementos menores y secundarios, menospreciando el hecho de que en un momento determinado pueden tornarse en limitantes del desarrollo y producción de los cultivos.

Por lo anotado anteriormente, este trabajo pretendió determinar el efecto de la fertilización con azufre, magnesio y los elementos menores boro, cobre, zinc y molibdeno.

REVISION DE LITERATURA

El ajo responde bien a la aplicación de potasio y fósforo. El nitrógeno no debe adicionarse en exceso puesto que favorece el crecimiento de ramas, disminuyendo la calidad de los bulbos. En los suelos donde la fertilidad sea mediana basta con una aplicación de 300 Kg/Ha (9).

Caicedo (5) sugiere la aplicación al voleo, de 200 Kg/Ha de 10-30-10 luego de 35 a 40 días de la siembra y un mes más tarde agregar un suplemento foliar. Además, reporta que según la OPSA del Ministerio de Agricultura de Colombia, para el año de 1979, el promedio de producción del ajo fue de 5 Ton/Ha.

Heredia y López (11) recomiendan aplicaciones de 70 g de nitrógeno y 60 g de fósforo por planta en el momento de la siembra, aplicados en banda, 10 cm abajo y a un lado de la semilla, y otros 70 g de nitrógeno, por planta, 6 a 8 semanas después, al momento del riego.

Leeper, Blackhurst y Singletary (13) explican que la mayoría de los suelos a-

propiciados para el cultivo del ajo necesitan 56 Kg/Ha de nitrógeno, mientras que las necesidades de fósforo varían entre 90 y 112 Kg/Ha, según las cantidades de fósforo disponibles en el suelo.

En cebolla, cultivo similar al ajo, para obtener una producción promedio por hectárea de 62,5 Ton, es necesario adicionar durante el ciclo del cultivo 130 Kg de nitrógeno, 25 Kg de fósforo, 90 Kg de potasio y de 30 a 40 Kg de azufre.

Sindh, et al (16) obtuvieron mayor crecimiento en plantas de ajo suplidas con 18,14 Kg/Ha de potasio, que con dosis superiores. La mayor tasa de crecimiento ocurrió a los 35 días después de la siembra, para decrecer a los 65, 95 y 125 días.

Vidal (17) señala que el ajo responde a las aplicaciones de estiércol, pero éste no debe ser fresco; además menciona, que una cosecha de 10 Ton/Ha extrae del terreno como término medio 45 a 50 Kg de nitrógeno, 15 Kg de fósforo, 25 a 30 Kg de potasio y 10 Kg de calcio.

Bernardi (4) anota que en suelos de fertilidad mediana, se obtienen resultados satisfactorios con la adición de 100 Ton/Ha de estiércol, 300 Kg/Ha de sulfato de amonio, 2 Ton/Ha de superfosfato simple y 20 Kg/Ha de K_2O aplicados 8 a 10 días antes de la siembra. El mismo investigador (4) obtuvo, en un suelo arcilloso de pH 4,5, un aumento significativo en producción al aplicar nitrógeno, fósforo y potasio, sin embargo con los micronutrientes no encontró respuesta.

Pimpini (15) al evaluar los macronutrientes N, P_2O_5 y K_2O cada uno de ellos en dosis de 0, 80 y 160 Kg/Ha, encontró que el nitrógeno y el potasio mejoraron el peso y el número de los bulbos; por el contrario el fósforo dió efecto negativo sobre dichas características; debido a ello recomienda aplicar 160 Kg/Ha de N y 160 Kg/Ha de K_2O .

García, mencionado por Caicedo (5), indica que una cosecha de 10 Ton/Ha de ajo, extrae del suelo : nitrógeno (N), 45 a 50 Kg; fósforo (P_2O_5), 15 Kg; potasio (K_2O), 25 a 30 Kg y calcio (CaO), 10 Kg.

Según estudios realizados por Osío citado por Caicedo (5), los niveles de suficiencia de algunos elementos en el tejido foliar del ajo, corresponde a las siguientes concentraciones :

N-total	: 3,75%
P-total	: 0,36%
Potasio	: 1,89%
Calcio	: 0,23%
Magnesio	: 0,27%.

Los mayores contenidos de nutrientes en el tejido foliar se encuentran entre los 45 y los 75 días después de la germinación; existe una correlación entre el contenido de potasio en el tejido foliar y la producción (8).

Zink, citado por Aguilar (1), al estudiar la tasa de crecimiento y absorción de elementos, encontró los siguientes requerimientos : nitrógeno 204,5 Kg/Ha, fósforo 42,7 Kg/Ha, potasio 188,7 Kg/Ha, calcio 148,3 Kg/Ha y magnesio 17,9 Kg/Ha.

También detectó, que en la planta, el nitrógeno y el potasio aumentaron durante la primera fase de desarrollo, para luego disminuir agudamente en la época final del crecimiento; el fósforo tiene tendencia a disminuir con el período de crecimiento; el calcio se incrementó durante el desarrollo del cultivo de 0,32 a 1,14%. El magnesio permaneció constante durante el crecimiento de la planta. En total el contenido de nutrientes en las plantas, para una población de 270.000 plantas/Ha fue el siguiente :

Nitrógeno	: 2,43%
Fósforo	: 0,35%
Potasio	: 0,91%
Calcio	: 0,49%

El ajo, al igual que la cebolla, requiere de un alto tenor de azufre en el suelo, puesto que este elemento es importante en la formación del compuesto orgánico sulfurado $C_3H_5S_2$ de color amarillo, que le comunica al bulbo su olor característico.(9).

Choudhury (7) confirma lo anterior diciendo, que en el ajo, el sabor fuerte y picante se encuentran asociados al contenido de sulfuro de alilo. En su trabajo de evaluación del efecto de varios nutrientes, dosis y distancias de siembra en el contenido de sulfuro de alilo en los bulbos, encontró que la máxima concentración se obtiene con una mezcla de 26, Kg de sulfato de amonio; 3 Kg de superfosfato y 4,4 Kg de sulfato de potasio; además de una mezcla de 2,268 Kg de microelementos boro, zinc y molibdeno, con distancias de 12,7 cm entre hileras y 10,16 cm entre plantas.

Según Cásseres (6), la cebolla y el ajo tienen requerimientos similares en cuanto a nutrientes, anotando que la deficiencia de magnesio se reconoce cuando las puntas de las hojas se tornan prematuramente café y que según Shoemaker, se puede corregir aplicando piedra calcárea dolomítica o mediante aspersion con sulfato de magnesio a razón de 2 Kg en 80 lt de agua/Ha.

El mismo autor (6), indica que en los orgánicos puede escasear el cobre, hecho que se manifiesta por un color deficiente de los bulbos y con escamas frías y delgadas. La aplicación de 100 hasta 300 Kg/Ha de sulfato de cobre, en polvo, puede reducir eficientemente el problema.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en los predios de Torobajo, de propiedad de la Universidad de Nariño, en el Municipio de Pasto. La zona en referencia tiene una altura de 2.534 msnm, con temperatura promedio de 13°C y una precipitación anual

de 750 mm, situada en la faja climática de bosque seco montano bajo según el sistema de Holdridge (14).

Los suelos en estudio, se han clasificado como Typic Dystropept y presentan las siguientes características: topografía ligeramente inclinada, casi plana (5-10%), interna y externamente bien drenados, con bloques subangulares débiles en los horizontes A y B, límites difusos, color negro en el primer horizonte y café oscuro en el siguiente; presencia de películas verticales discontinuas de humus en el horizonte B, de la misma manera con ligeros contenidos de gravilla.

Se utilizó semilla de ajo (*Allium sativum* L.) variedad Peruana tratada previamente con Vitavax 300 en dosis de 1,5 g de producto por 1 Kg de semilla. La siembra se realizó en parcelas de 3 x 3 m separadas entre sí por 1 m. En cada parcela se establecieron 7 surcos espaciados entre sí 50 cm y con una distancia entre plantas de 8 cm.

El fertilizante completo 10-30-10, el azufre, el hidróxido de magnesio y el bórax se aplicaron en el momento de la siembra, en el fondo del surco y debajo de la semilla. Los quelatos de zinc y cobre, así como el klip molibdeno se aplicaron foliarmente a los 45 y 60 días después de la siembra.

Se utilizó el diseño de parcelas divididas con 4 replicaciones para dos tratamientos (sin y con fertilización NPK) y con 8 subtratamientos (Testigo, S, Mg, B, Cu, Zn y Mo y el conjunto de todos los anteriores). Las fuentes y dosis de los elementos mencionados están indicados en el Cuadro 1. Al momento de la cosecha se pesaron 100 bulbos, a los que previamente se les cortó el tallo a una altura de 1 cm después del cuello. Los bulbos se tomaron al azar de los cinco surcos centrales y la producción se analizó en Kg/Ha.

RESULTADOS Y DISCUSION

Tratamiento sin fertilización

De acuerdo con las producciones obtenidas (Cuadro 2 y Figura 1) y con el

análisis estadístico, no hubo diferencias estadísticas significativas entre los subtratamientos boro, molibdeno, zinc, cobre, magnesio, Todos y Testigo sin N-P-K; pero sí se encontraron diferencias significativas al 5% de los subtratamientos boro, Todos, molibdeno y zinc, con respecto al subtratamiento con azufre.

La baja producción con la aplicación de azufre (5.844 Kg/Ha) menor aún que la del Testigo (6.641 Kg/Ha) (Cuadro 2), se puede explicar por el hecho de ser los suelos donde se instaló el ensayo de carácter ácido (pH 5,5), la asimilación de sulfatos se inhibió por efectos de adsorción, tal como lo afirmaron Guerrero y Burbano (10). Por otro lado, el corto período vegetativo del ajo, y el haber empleado como fuente de azufre el estado elemental de éste, puede hacer pensar en una baja y lenta oxidación hasta llegar a la formación de SO_4^{2-} que es la forma asimilable; más aun cuando Ayala (12) reporta que en los suelos del Altiplano de Pato, las bajas cantidades de azufre aprovechable existentes, se deben a una cierta inhibición de los procesos de mineralización propia de estos suelos.

En lo que respecta al subtratamiento con magnesio, su bajo rendimiento (6.641 Kg/Ha) parece deberse a una interacción negativa con el calcio ocasionada por un desbalanceamiento de la relación Ca/Mg, que presentan los suelos en cuestión que es de 8:1.

Tratamiento con fertilización N-P-K

Para el tratamiento con fertilización N-P-K, según los resultados analizados estadísticamente por medio de la prueba de Tukey, se observa que el tratamiento Testigo + NPK presenta diferencias significativas al 1% con todos los subtratamientos (NPK + Cu, NPK + S, NPK + Mo, NPK + B, NPK + Zn y NPK + Mg) menos con el subtratamiento NPK + Todos, con el que no presentó diferencia estadística.

Teniendo en cuenta la producción, consignada en el Cuadro 2, como también el significado económico que ella representa para el productor, los subtratamientos pertenecientes a este tratamiento se pueden

reunir en tres grupos de respuesta a saber : el primero con una alta producción conformado por los subtratamientos Testigo + NPK (10.860 Kg/Ha) y NPK + Todos (9.922 Kg/Ha); el segundo con un rendimiento intermedio y formado por los subtratamiento NPK + Cu (8.063 Kg/Ha), NPK + S (7.688 Kg/Ha), NPK + Mo (7.625 Kg/Ha), NPK + B (7.500 Kg/Ha) y NPK + Zn (7.391 Kg/Ha) y el tercero con una producción baja, pero que aún así supera el promedio nacional constituido por el subtratamiento NPK + Mg (5.930 Kg/Ha).

Con el apoyo de los resultados obtenidos en la presente investigación, para suelos de las condiciones de los de Torobajo, y para el cultivo del ajo, se puede decir que la fertilización con 200 Kg/Ha de 10-30-10 al momento de la siembra es suficiente para obtener una buena producción, hecho que concuerda con la recomendación dada por Caicedo (5).

También es notorio el hecho de que no se encontraron diferencias estadísticas entre los subtratamientos Testigo + NPK y NPK + Todos, de tal modo que se sugiere seguir investigando en este campo con dosis y fuentes diferentes de elementos menores con el fertilizante completo, que puede ser 10-30-10.

En general, la adición de elementos menores resultó con tendencia detrimental sobre la producción, respecto al Testigo + NPK; tal situación puede deberse a una

interacción negativa o antagonismo entre los microelementos y los macroelementos NPK aplicados en conjunto.

CONCLUSIONES

1. El mejor rendimiento de ajo (10.860 Kg/Ha), se obtuvo con la aplicación de NPK (y no a la adición de los demás elementos en estudio), con la dosis de 200 Kg/Ha de 10-30-10.

2. El boro, molibdeno, zinc y cobre son nutrientes que deben tenerse en cuenta, al fertilizar el cultivo del ajo, como complementarios al estado nutricional de estos suelos.

3. Todos los tratamientos superaron el promedio nacional de producción de 5 Ton/Ha, hecho éste que permite catalogar a estos suelos como de aceptable nivel de fertilidad.

4. Los subtratamientos con dosis de 200 Kg/Ha de magnesio, presentaron una baja respuesta en producción. Así mismo, la aplicación individual de 40 Kg/Ha de azufre elemental, arrojó una producción inferior a la del Testigo o sea sin NPK.

5. Aun cuando el nivel de concentración de molibdeno, en el suelo, se encontró sujestamente alto, la adición suplementaria de 2 lt/Ha de KMo, incrementó la producción respecto al Testigo absoluto.

LITERATURA CITADA

1. AGUILAR, V.M. Respuesta del ajo (*Allium sativum* L.) a la fertilización potásica. Tesis Inq. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, 1974. 47 p.
2. AYALA, H.F. Estudio del azufre en algunos suelos del Departamento de Nariño y la Intendencia del Putumayo. Tesis Inq. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1971. 67 p.
3. BELGER, E.L. El magnesio la quinta sustancia nutritiva principal. Alemania Federal Reportes Agrícolas BASF 3(78) : 8 - 10, 1978.

4. BERNARDI, J.B. Cultura do alho. Agronómico. Boletín Informativo del Instituto Agronómico (Brasil) 19(1-2) : 19-39. 1967.
5. CAICEDO, L.A. Horticultura. 4a. ed. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1982. 247 p.
6. CASSERES, E. Producción de hortalizas. 2a. ed. México, Herrera Hnos. Sucesores, S.A., 1971. 310 p.
7. CHOUDHURY, S.K. Allyl sulphide content of garlic. Current Science (India) 29(9): 351-352. 1960.
8. DEVELIN, R.M. Fisiología Vegetal. Trad. del inglés por Xavier Llimona Fagés. Barcelona, Omega, 1970. 387-399.
9. EL AJO. Tierra (México) 33(7): 298, 322-325. 1978.
10. GUERRERO, R.R. y BURBANO, O.H. Fracciones de azufre y niveles críticos de disponibilidad para la planta en los suelos de los Llanos Orientales y de la Sabana de Bogotá. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (Colombia) 19(2): 232-244. 1979.
11. HEREDIA, Z.A. y LOPEZ, L.F. El cultivo del ajo en El Bajío. El Campo (México) 50 (993): 15-22. 1974.
12. HUTTON, K.M. Deficiencia de azufre en suelos ácidos tropicales de América Latina. Trad. por Francisco Silva Mojica. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (Colombia) 19(2): 196-199. 1979.
13. LEAPER, W.P., BLACKHURST, H.T. y SINGLETARY, C.C. El cultivo moderno del ajo. La Hacienda (Estados Unidos) 6(9): 22-23. 1979.
14. NARVAEZ, J.A. Ecología vegetal. Pasto, Universidad de Nariño. 1972. 250 p.
15. PIMPINI, F. Ricerche sulla conzimazione mineral dell'aglio (*Allium sativum* L.) Revista de Agronomía, Università di Padova 3 : 182-188. 1970.
16. SINGH, J.R., et al. Effect of N, P, K and their combinations on growth rate, growth efficiency, plant rations, leaf area and moisture content at different stages of life cycle. Jour. Sci. Res. 12(2): 73-86. 1967.
17. VIDAL, M.D. El cultivo del ajo. Ministerio de Agricultura. Madrid (España) 12:56. 1956.

Cuadro 1. Fuentes y dosis de los elementos empleados

Elemento	Compuesto	Kg/Ha compuesto	Kg/Ha elemento
N-P-K	10-30-10	200	20-60-20
Azufre	Elemental	40	40
Magnesio	Mg(OH) ₂ (95%)	50	20,68
Cobre	Kelatex (56%)	10	0,56
Zinc	Kelatex (55%)	10	0,55
Boro	Bórax (11,3%)	20	3,3
Molibdeno	Klip Mo (4%)	2*	0,08*

* 1t/Ha

Cuadro 2. Producción de ajo en Kg/Ha para los tratamientos (sin y con fertilización NPK) y ocho subtratamientos (Testigo, S, Mg, B, Cu, Zn, Mo y el conjunto de todos los anteriores)

Bloques	Tratamientos	Testigo	S	Mg	Subtratamientos				Todos	Parcelas Pnales.	Sumatoria bloques
					B	Cu	Zn	Mo			
I	S	7.313	5.125	5.125	7.250	6.875	7.500	7.750	8.625	55.563	120.814
	C	10.438	7.250	5.125	9.313	9.000	8.000	6.625	9.500	65.251	
II	S	8.000	5.313	6.875	8.125	8.500	8.250	11.125	7.063	63.251	133.689
	C	12.750	8.250	7.250	7.750	7.375	7.313	8.375	11.375	70.438	
III	S	5.625	6.250	7.563	9.500	8.625	9.375	7.188	9.188	63.314	129.878
	C	10.125	7.750	5.438	7.063	9.625	7.125	8.750	9.688	66.564	
IV	S	5.625	6.680	7.000	8.813	8.313	8.063	7.250	8.625	60.377	118.065
	C	10.125	7.500	4.938	5.875	6.250	7.125	6.750	9.125	57.688	
		70.001	54.126	50.314	63.689	64.563	62.751	63.813	73.189		502.446

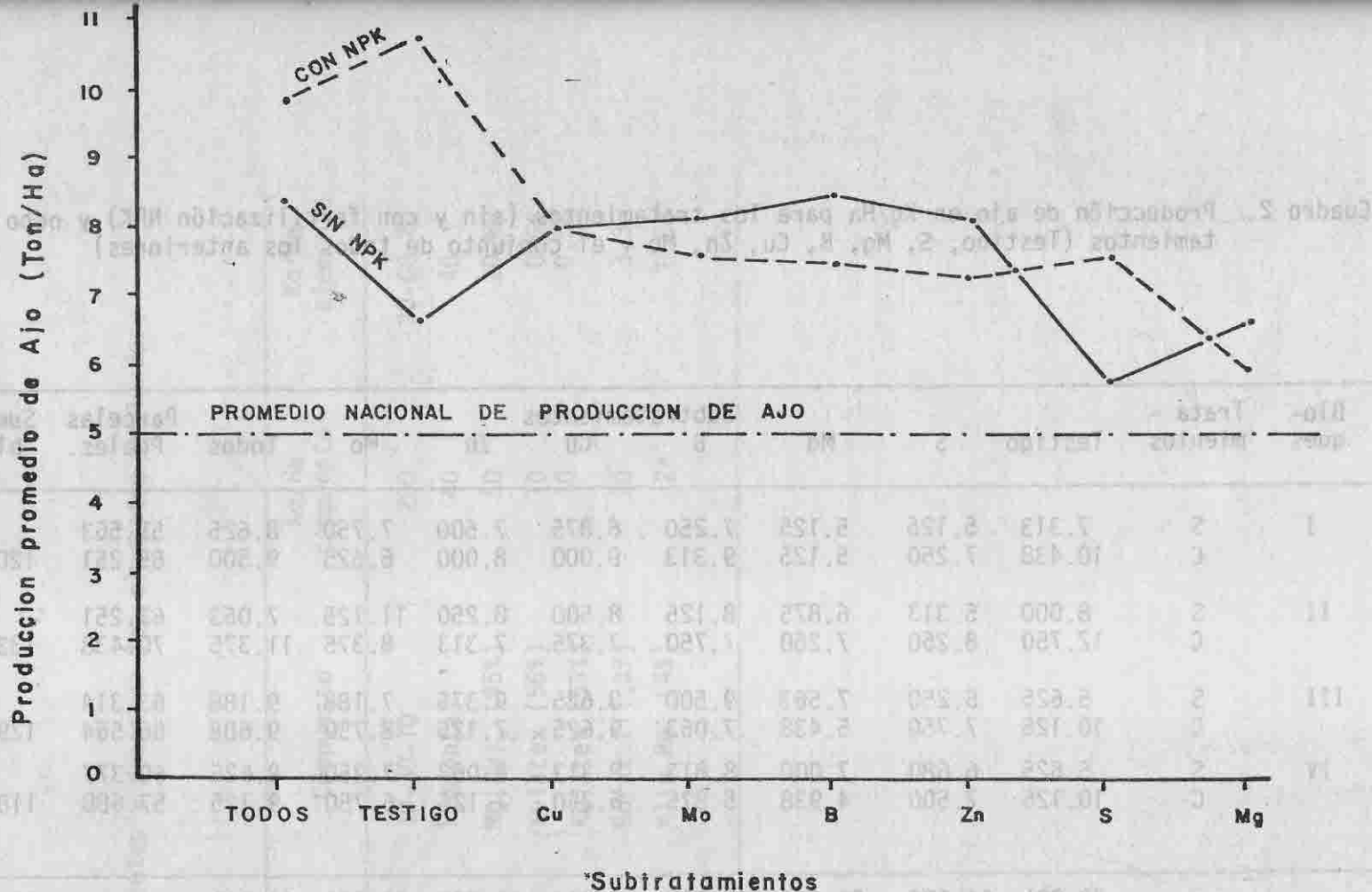


Figura 1. Producción de Ajo, fertilizado con S, Mg, B, Cu, Zn, Mo y el conjunto de todos ellos, aplicados independientemente y en mezcla con NPK (10-30-10) interacción significativa (1.982 A)