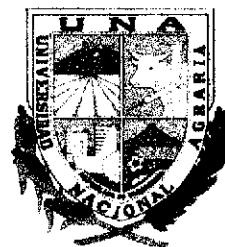


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

(U.N.A)



FACULTAD DE AGRONOMIA

TRABAJO DE DIPLOMA

EFEECTO DE DIFERENTES NIVELES DE NPK EN EL COMPORTAMIENTO AGRONOMICO DEL TOMATE, EN EL VALLE DE SEBACO. NICARAGUA.

Bachiller: Sergio A Cuadra C.

Bachiller: Norvin J Ramos P.

TUTOR: ING. M.Sc. Leonardo García C.

ASESOR: ING. M.Sc. José Rugama U.

Managua - Nicaragua.

ENERO, 23-2002

INDICE GENERAL

Contenido	Pagina
Dedicatoria-----	2
Agradecimiento-----	3
Indice de laminas-----	4
Indice de cuadros-----	5
Indice de figuras-----	7
Indice de anexos-----	8
Resumen-----	9
I. Introducción-----	10
II. Objetivos-----	12
III. Hipótesis-----	12
IV. Revisión de literatura-----	13
V. Materiales y Métodos-----	18
VI. Resultados y Discusión-----	28
VII. Conclusión-----	49
VIII. Recomendación-----	51
IX. Referencias Bibliográficas-----	52
X. Anexos-----	53

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo:

A mis padres, Sergio R. Cuadra y Magdalena Castillo; quienes con su esfuerzo y sacrificio desmedido, depositaron enteramente su confianza en mí, guiándome por el camino del saber y de ser una persona de bien y útil a la sociedad.

A la honorable y recordada memoria del abuelo, Cruz Antonio Castillo Valdivia (qepd); que con su admirable vida ejemplar, es el faro que ilumina mi destino en la escuela de la vida y del conocimiento.

A mis hijos; Sergio Miguel, Kelly Valeska, Alondra Belén y Sergio Antonio, fuentes de inspiración y superación para cumplir y realizar mis propósitos académicos.

Sergio A. Cuadra C.

A Dios; Por haberme hecho hombre y posteriormente un hombre al servicio de mis semejantes.

En segundo lugar y como reconocimiento admirable y muy merecido lo dedico a mis queridos padres: **Aurelia Pérez y Carmen Ramos.**

No menos importante fue el gran aporte moral a que me hice merecedor de parte de mis hermanos: **Ariel, Thelma y Tomy.**

Y a mis hijos: **Dery, Odelky y Norvín José.**

Norvín J. Ramos P.

AGRADECIMIENTO

A nuestros asesores:

Quienes constituyen el alma y nervio de este trabajo de tesis.

M.Sc. José Angel Rugama Urrutia; Coordinador del Proyecto INTA-FAO.

M.Sc. Leonardo García; Docente Investigador de la Universidad Nacional Agraria (UNA). Nicaragua.

Al Dr. Michel Eresue; ATP del Proyecto INTA-FAO (GCP/NIC/025/NOR), quien con sus consejos y colaboración respaldo decididamente para que se financiara y ejecutara este estudio de investigación.

Al personal del Proyecto de Sistema Integrado de Manejo de la Fertilidad del Suelo.

Al personal técnico y secretarías del INTA Zonal B5 (Matagalpa-Jinotega), quienes pacientemente colaboraron en la elaboración de este estudio.

A los trabajadores de campo de la cooperativa Leonel Valdivia de la comunidad de Chaguitillo-Sebaco; quienes brindaron su apoyo en la ejecución de este experimento y sin ellos no hubiese sido posible realizar el presente estudio.

Índice de Láminas

Lámina	Descripción	Página
1	Distribución, aplicación e incorporación de la fertilización NPK, evaluada en el experimento del tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).	22
2	Trasplante de postura de tomate, en el experimento de evaluación de niveles de NPK, en el Valle de Sebaco (1998-99).	22
3	Visita de seguimiento técnico al experimento de fertilidad en tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).	24
4	Aplicación del tercer fraccionamiento de Nitrógeno en el experimento de tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).	24
5	Recolección de tomate (tercer corte), en el experimento de evaluación de niveles de NPK, en el Valle de Sebaco (1998-99).	27
6	Toma de datos de cosecha del tomate, realizado en el experimento de evaluación de niveles de NPK, en el Valle de Sebaco (1998-99).	27

Indice de Cuadros

Cuadro	Descripción	Pagina
1	Arreglo de los tratamientos evaluados en el experimento de niveles de NPK en tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).	19
2	Dimensiones del ensayo de niveles de NPK en tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).	20
3	Efecto de la fertilización NPK en la altura de planta del tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).	29
4	Efecto de la fertilización NPK en el diámetro del tallo del tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).	30
5	Efecto de la fertilización NPK en el numero de racimos por planta en el tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).	32
6	Efecto de la fertilización NPK sobre la población final en el tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).	34
7	Efecto de la fertilización NPK en el numero de frutos por categoría en el tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).	35
8	Respuesta del cultivo del tomate a niveles crecientes de Nitrógeno con P y K en el numero de frutos por hectárea.	36
9	Respuesta del cultivo del tomate a niveles crecientes de Fósforo con N y K en el numero de frutos por hectárea.	36
10	Efecto de la Interacción NxP en el numero de frutos del tomate producidos por hectárea.	37
11	Efecto de la fertilización NPK sobre el rendimiento del fruto por categoría y total en el tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).	39

12	Respuesta del cultivo del tomate a niveles crecientes de Nitrógeno con P y K en el rendimiento. Valle de Sebaco (1998-99).	41
13	Respuesta del cultivo del tomate a niveles crecientes de Fósforo con N y K en el rendimiento. Valle de Sebaco (1998-99).	41
14	Efecto de la Interacción NxP en el rendimiento del cultivo del tomate.	42
15	Influencia de la fertilización NPK sobre el peso promedio del fruto por categoría y total (fruto/g) en tomate. Valle de Sebaco (1998-99).	44
16	Resultado del análisis económico efectuado al experimento de niveles de NPK en tomate, cv. Río Grande. En el Valle de Sebaco (1998-99).	46

Índice de Figuras

Figura	Descripción	Página
1	Comportamiento de la altura de la planta de tomate en función del tiempo con diferentes dosis de fertilizante NPK, en el Valle de Sebaco (1998-99).	29
2	Comportamiento del diámetros del tallo en la planta de tomate en función del tiempo con diferentes dosis de fertilizante NPK, en el Valle de Sebaco (1998-99).	31
3	Comportamiento de la producción de racimos en la planta de tomate en función del tiempo con diferentes dosis de fertilizante NPK, en el Valle de Sebaco (1998-99).	33
4	Respuesta a la fertilización potásica en el rendimiento del tomate con 0 kg/N y 0 kg/P ₂ O ₅ .	39
5	Respuesta a la fertilización potásica en el rendimiento del tomate con 120 kg/N y 80 kg/P ₂ O ₅ . En el Valle de Sebaco (1998-99).	40
6	Curva de respuesta a las aplicaciones crecientes de nitrógeno (N), en el rendimiento por categoría y total del tomate. En el Valle de Sébaco.	43
7	Curva de respuesta a las aplicaciones crecientes de fósforo (P ₂ O ₅), en el rendimiento por categoría y total del tomate. En el Valle de Sébaco.	43
8	Respuesta económica del rendimiento del tomate a diferentes niveles de NPK. En el Valle de Sebaco (1998-99).	47
9	Respuesta de niveles crecientes de nitrógeno (N), con 40 y 80 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ y K ₂ O en el incremento de la utilidad neta del tomate. En el Valle de Sebaco (1998-99).	48
10	Respuesta de niveles crecientes de fósforo (P ₂ O ₅), con 60 y 80 kg ha ⁻¹ de N y K ₂ O en el incremento de la utilidad neta del tomate. En el Valle de Sebaco (1998-99).	48

Índice de Anexos

Anexo	Descripción	Página
1	Datos climáticos prevalecientes en el periodo de la ejecución del experimento de niveles de NPK en tomate, cv. Río Grande.	54
2	Resultados del análisis Químico y Físico del suelo.	55
3	Resultados del ANDEVA para la variable altura de planta (cm), a los 14, 28, 42 y 56 ddt del tomate cv. Río Grande, en el Valle de Sebaco.	56
4	Resultados del ANDEVA efectuado para la variable diámetro del tallo de planta (mm) a los 14, 28, 42 y 56 ddt en el cultivo del tomate cv. Río Grande, en el Valle de Sebaco.	57
5	Resultados del ANDEVA efectuado para la variable numero de racimos por planta a los 28, 42 y 56 ddt del tomate cv. Río Grande, en el valle de Sebaco..	58
6	Resultados del ANDEVA efectuado para la variable numero de plantas de tomate cosechadas por hectárea cv. Río Grande, en el Valle de Sebaco.	59
7	Resultados del ANDEVA efectuado para la variable numero de frutos totales y por categoría del tomate cv. Río Grande, en el Valle de Sebaco.	60
8	Resultados del ANDEVA efectuado para la variable rendimiento total y por categoría del tomate cv. Río grande, en el Valle de Sebaco.	61

EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE NPK EN EL COMPORTAMIENTO AGRONOMICO DEL TOMATE, EN EL VALLE DE SEBACO. NICARAGUA.

RESUMEN

Se realizo un estudio sobre niveles de fertilización NPK en el cultivo del tomate cv. Rio Grande, en terrenos de la cooperativa "Leonel Valdivia" del Valle de Sebaco, Nicaragua, en el periodo comprendido de Noviembre 1998 a Marzo de 1999, con el objetivo de determinar las curvas de respuesta optimas a la fertilización N,P y la respuesta a la fertilización con potasio en la producción de tomate, los niveles de fertilizantes evaluados fueron: 0, 60, 120 y 180 kg ha⁻¹ de Nitrógeno; 0, 40 y 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 0 y 80 kg ha⁻¹ de K₂O. Los tratamientos evaluados fueron trece incluyendo tratamientos con y sin potasio para determinar su respuesta. El diseño experimental usado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones con un arreglo factorial 3x3 (N*P), para estudiar los efectos individuales y las interacciones a nitrógeno y fósforo. Las variables evaluadas fueron: altura, diámetro del tallo, numero de racimos por planta, población final y rendimiento. Los resultados evidencian que aportes de 180 kg ha⁻¹ de nitrógeno combinadas con aplicaciones de fósforo y potasio inducen a un mayor crecimiento, diámetro y numero de racimos en la planta del tomate: sin embargo aplicaciones de 60-40-80 y 60-80-80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y K₂O respectivamente garantizan rendimientos significativos mayores de las 52 t ha⁻¹, utilidades netas que alcanzan los 20000 Córdobas por hectárea, relación valor costo de al menos C\$ 19.00 por cada Córdoba invertido en fertilización e índices de productividad máximos de 68.0 kg de tomate por cada kg aportado en fertilizantes.

I. INTRODUCCION

El cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum. Mill*) de la familia de las solanaceas y oriundo de la región andina del Perú y Bolivia, es hoy día la hortaliza más extensamente cultivada en el mundo. La importancia alimenticia se basa en su contenido de minerales y vitaminas, elementos indispensables para el desarrollo y funcionamiento de los diferentes órganos humanos (Huerres y Caraballo 1988), además de destinarse al consumo fresco de la población (INCA 1987).

En Nicaragua, se cultiva en una amplia diversidad de ambientes, ocupando el primer lugar de la producción hortícola nacional, suministrando la mayor parte de la materia prima a la industria conservera, donde se elabora: puré, salsa, pasta, jugo y encurtidos.

El potencial de este cultivo en los trópicos es grande pudiendo ampliarse, generando empleo tanto rural como urbano, aumentando las exportaciones, mejorando la nutrición de las personas e incrementando el ingreso de los agricultores (Villareal, 1982)

Según FAO (1994) la producción nacional alcanzó 34,000 toneladas métricas cultivadas en aproximadamente 1,000 hectáreas con rendimientos promedio de 44,660 kg ha⁻¹.

El departamento de Matagalpa es la zona de mayor producción de hortalizas en Nicaragua, el cual produce 14,000 toneladas de tomate, de estas 12,700 toneladas proceden del Valle de Sébaco representando el 90.5 % de la producción total de Matagalpa (Escorcía 1994).

La productividad de este cultivo puede incrementarse sin afectar los costos de producción al hacer un uso más eficiente de los fertilizantes, riego, control de plagas y enfermedades, variedades adecuadas y laboreo del suelo.

Diagnósticos realizados en el valle de Sebaco indican que el costo del fertilizante y su aplicación, representa del 10 al 12 % de los costos totales de producción, donde generalmente se aplican cantidades de 180-80-25 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente de aplicaciones dirigidas al suelo y foliares. En general estas aplicaciones están mas sustentadas en la experiencia local y empirica de los agricultores, que en criterios técnicos y económicos basados en los resultados generados en la investigación.

La eficiencia del uso de fertilizantes es un aspecto complejo, el mismo interactúa con otros factores como: la dosis o cantidad a aplicar, la densidad de siembra, el fraccionamiento, el método de aplicación, el tipo de suelos y otros. (Salmeron - García 1994).

Los nutrimentos NPK, son los que mas extraen del suelo las plantas del cultivo del tomate. Siendo los primeros dos elementos, los que presentan mayor respuesta en las condiciones de suelo de Centroamérica.

Por lo antes planteado, revisten importancia los estudios de respuesta en la producción del cultivo del tomate a la aplicación de fertilizantes de NPK en vista de obtener los parámetros químicos de suelo que permitan formular recomendaciones de fertilizantes.

II. OBJETIVOS

2.1 General:

Contribuir al incremento de la producción del tomate, por medio del uso eficiente de los fertilizantes minerales, con la finalidad de mejorar la rentabilidad y disminuir los riesgos económicos de los agricultores.

2.2 Específicos:

- Determinar el efecto de la fertilización N, P₂O₅ y K₂O sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate.
- Identificar las dosis de fertilización N, P₂O₅ y K₂O con los que se obtengan los mejores rendimientos, calidades (tamaño) y beneficios económicos en el cultivo del tomate.
- Evaluar la curva de respuesta para N y P₂O₅ y el efecto de interacción N, P₂O₅ sobre el rendimiento del cultivo del tomate.
- Determinar la respuesta a la fertilización potásica en el rendimiento del cultivo del tomate.

III. HIPOTESIS

3.1 Ho (Hipótesis nula): No existen diferencias significativas entre los tratamientos con fertilizantes y el tratamiento sin fertilizantes.

3.2 Ha (Hipótesis alternativa): Existen diferencias significativas entre al menos un par de los tratamientos estudiados.

IV. REVISION DE LITERATURA

El uso adecuado de los fertilizantes, es uno de los factores que puede contribuir al aumento de la productividad. Pero por si solos, los fertilizantes no resuelven todos los problemas de la producción agrícola.

Existen otros factores o prácticas que pueden limitar o afectar el rendimiento de los cultivos, entre los más importantes tenemos factores del medio ambiente (suelo, clima, etc.) y aquellos relacionados al manejo del cultivo (humedad suficiente, densidad de siembra, malezas, plagas, enfermedades), todos estos son factores determinantes para la obtención de buenos rendimientos, (FAO 1980).

Los tres principios fundamentales en la fertilización son:

Estimular el crecimiento (Nitrógeno)

Estimular el desarrollo radical y la formación de frutos (Fósforo)

Estimular la calidad (Potasio) (Garner, 1956).

En las distintas fases de su desarrollo, las plantas tienen diversas exigencias tanto en la cantidad como en la forma y correlación de las sustancias nutritivas. Durante sus fases tempranas todas las plantas consumen pocas sustancias nutritivas, incluso las plantas que son mas exigentes en cuanto al balance nutricional, el consumo es mayor durante el periodo en que ocurre el mayor crecimiento y se acumulan reservas (Guenkov, 1971).

En base a experimentos llevados a cabo, se ha determinado que los fertilizantes nitrogenados se pueden aplicar antes de la siembra, al momento de la siembra, después de la siembra, o en la combinación de estas prácticas.

El método más efectivo depende de factores tales como, temperatura del suelo y condiciones de humedad. Estos factores pueden influenciar marcadamente las pérdidas de nitrógeno por volatilización y lixiviación. (Barber y Olson, 1968).

La extracción de nutrientes por las plantas de tomate, varía según la disponibilidad de ellos en la solución del suelo, la edad de la planta y el cultivar sembrado. Este último determina la capacidad de absorción del sistema radical, la eficiencia fotosintética y la producción de biomasa total.

La asimilación del nitrógeno, es uno de los factores característicos de la actividad vital de las plantas, se toma del suelo en forma de Nitrato (NO_3^-), o de Amonio (NH_4^+) y una vez absorbido por el nitrógeno por la planta, es reducido a la forma (NH_2), se combina con los hidratos de carbono del metabolismo de la planta y forma aminoácidos y proteínas. El nitrógeno es importante porque favorece una mejor asimilación del Fósforo y Potasio. (FAO, 1980).

El Fósforo participa en la composición de combinaciones vitalmente importante para las plantas (ácidos nucleicos, lecitinas, etc.) y contribuye a contrarrestar los efectos desfavorables causados por la nutrición unilateral con Nitrógeno y favorece la mejor formación y crecimiento del sistema de raíces.

El Potasio tiene gran importancia para la formación y el transporte de los hidratos de carbono, de unos órganos de la planta hacia otros (Guenkov, 1969).

Huerres y Caraballo (1988), citando a Passoni, plantea que para una cosecha de 50 t ha^{-1} , la planta extrae las siguientes cantidades de nutrientes : $\text{N}=133,7 \text{ kg}$; $\text{P}_2\text{O}_5=50,7 \text{ kg}$; $\text{K}_2\text{O}=256,6 \text{ kg ha}^{-1}$.

Diferentes experimentos realizados en Centroamérica indican que comienzan a presentarse los problemas nutricionales, cuando los rendimientos bajan entre 5 y 7 ton/ha. Estos rendimientos muestran baja fertilidad de los suelos tomateros de la región, si se comparan con los de las zonas templadas. En América Central los elementos críticos son P, Ca, Mg, Zn, B y el N, que es el elemento faltante en cualquier suelo agrícola. Una buena fertilización no implica solamente aplicar el elemento faltante, sino también mantener un balance adecuado entre los elementos, tanto en el suelo como en el follaje (MIP-CATIE, 1990).

El fósforo y el nitrógeno son los elementos en los cuales ocurre mayor respuesta de la planta en condiciones centroamericanas. En la mayoría de los suelos los niveles de fósforo son insuficientes para suplir las necesidades del cultivo del tomate; en suelos altamente deficientes (menos de 10 ppm), la fertilización debe oscilar entre 400-600 kg de P_2O_5 /ha; en suelos de nivel intermedio se necesita aplicar 200-400 kg, debido a que existe la posibilidad de que el P no este disponible para la planta en los puntos críticos de absorción. Debido a que el nitrógeno es un elemento de fácil lixiviación o volatilizaron en el suelo. Siempre debe aplicarse pues la planta lo absorbe en grandes cantidades. La dosis de nitrógeno por aplicar depende de las condiciones ambientales, del cultivar y de las practicas culturales utilizadas. Para Centroamérica la cantidad necesaria de este elemento oscila entre 200-400 kg ha⁻¹ (MIP-CATIE, 1990).

Referente al potasio, la mayoría de los suelos centroamericanos presentan buenos niveles de fertilidad, de acuerdo con los trabajos realizados en tomate, en que se ha encontrado respuesta a este elemento. Por lo general el agricultor lo aplica debido a que se incluye en los fertilizantes compuestos disponibles en la región. Es deseable aplicar las cantidades de potasio que son extraídas por la cosecha para mantener la condición de buena fertilidad del suelo. Cuando existen niveles inferiores a 0.2 meq/100 g de suelo se recomienda aplicar 300 kg K_2O /ha, fraccionándose en 2/3 a la siembra y 1/3 a la floración. En suelos con fertilidad intermedia y alta, son suficientes 200 y 150 kg K_2O /ha, respectivamente (MIP-CATIE, 1990).

Resultados experimentales obtenidos en Cuba, en evaluaciones de niveles de NPK, realizados en suelos ferralíticos rojos, con contenidos medios y altos de P_2O_5 y K_2O demuestran que los mejores rendimientos se obtienen con los niveles de 125-42-72 Kg de N, P_2O_5 y K_2O (Huerres y Caraballo. 1988).

Soto (Datos sin publicar) encontró que condiciones de fertilidad de 33-ppm de P y 0.4 meq/100 g de suelo y con el cultivar Hayslip, la aplicación de fertilizantes no produjo ningún aumento en los rendimientos, aun cuando se aplicaron hasta 200 kg/N, 450 kg/ P_2O_5 y 200 kg/ K_2O por hectárea respectivamente.

En el estado de California, para cultivares de crecimiento determinado, plantados en suelos con concentraciones de P menores a 6 ppm, se recomienda aplicar el equivalente a 130 kg/ P_2O_5 , mientras en suelos con contenidos mayores a 12 ppm de P, la recomendación es aplicar únicamente 18 kg/ P_2O_5 . Para el K, se estima que si el suelo tiene menos de 80 ppm, a la siembra se debe aplicar entre 60 y 112 kg/ K_2O y si la concentración es mayor a 120 ppm no se requiere aplicar. (Bolaños A. 1998).

La cantidad de nutrientes absorbidos por las plantas de tomate, varía según la fase fenológica en que se encuentren. Esta información nos sirve para planificar cuándo se deben aplicar los fertilizantes, para que la aplicación concuerde con las épocas de mayor demanda.

Una forma de visualizar la absorción de nutrientes a través del ciclo de vida del tomate, es con las curvas de absorción de nutrientes. Estas curvas corresponden bastante bien con la curva de crecimiento del cultivo, por lo que en su defecto, se podría recurrir a una curva de este tipo para planificar la aplicación de fertilizantes en una zona tomatera nueva o con cultivares nuevos de ciclos de crecimiento marcadamente diferentes a los cultivares con que estamos familiarizados. Durante la primera fase, los elementos que se absorben con mayor rapidez son el nitrógeno y el potasio. Este último es el elemento que más absorben las plantas de tomate durante su ciclo de vida, llegando a alcanzar un total de 227 kg ha⁻¹ (Bolaños A. 1998).

Luego del N y el K, es el Ca el elemento que se absorbe en mayor cantidad y su velocidad de absorción es mayor durante la segunda fase del ciclo del cultivo. Esto nos indica que es necesario saber cual es la disponibilidad de Ca en la solución del suelo y, si esta es baja, aplicar el calcio con suficiente anticipación a la siembra, para que este nutrimento este disponible a partir de los 45 días después del trasplante (Bolaños A. 1998).

El fósforo es uno de los elementos que se absorben en menor cantidad durante todo el ciclo de la planta, lo cual no significa que este macroelemento no sea importante en el metabolismo de la planta. El patrón de absorción si nos indica que, probablemente se puede manejar la primera fertilización con formulas bajas en fósforo y con contenidos altos de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y azufre, y adicionar el resto del P en una segunda fertilización, junto con parte del N (Bolaños A. 1998).

Debido a que la demanda de N permanece alta durante todo el ciclo del cultivo y a la inestabilidad de este elemento en el suelo, se recomienda fraccionar el volumen total de N en varias aplicaciones de igual volumen: una a la siembra y, por lo menos, tres aplicaciones mas, a los 30, 60 y 75 días después del trasplante. Para los cultivares de ciclo de vida largo y que mantienen la producción por periodos prolongados, se puede hacer una aplicación adicional de fertilizante nitrogenado, para favorecer el llenado de los frutos (Bolaños A. 1998).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Descripción del sitio experimental.

El experimento se estableció en terrenos de la Cooperativa Leonel Valdivia, comunidad de Chaguitillo, municipio de Sébaco, departamento de Matagalpa. La localización es de 12° 15' Latitud norte y 86° 14' Longitud Oeste.

Según **HOLDRIDGE**, el Valle de Sébaco esta clasificado dentro del bosque sub tropical seco.

La zona se caracteriza por estar a 470 m.s.n.m., con precipitaciones promedio de 623 mm anuales y con una temperatura media anual de 25.96 °C.

Los datos agrometeorológicos prevalecientes en el periodo que se realizó el experimento se presentan en el anexo 1.

Los resultados experimentales se obtuvieron en condiciones de suelos negros, con pH de 7, franco- arcilloso, profundos (60 cm), con buen drenaje y planos (pend.=3%). Los suelos de esta cooperativa pertenecen a la serie Chaguitillo- Clase II. Según clasificación de Quintana et al, 1983, se encontraron contenidos medios, pobres y altos en Nitrógeno, Fósforo y Potasio respectivamente, en los primeros 20 cm del suelo (anexo 2).

5.2. Descripción del experimento.

5.2.1 Tratamientos.

La base de la propuesta de los niveles y tratamientos evaluados, que corresponden a un factorial incompleto, se sustentó en los siguientes criterios:

- Demandas nutritivas del cultivo. Según Pasoni, para una producción de 50 t ha⁻¹, el cultivo del tomate extrae 133, 50 y 256 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente.
- Experiencias de los agricultores de la zona con las aplicaciones de fertilizantes.
- Estudios sobre fertilidad efectuados en otras regiones y países.

Los Niveles evaluados en kg ha⁻¹ fueron:

N : 0-60-120-180; **P₂O₅** : 0-40-80; **K₂O** : 0-80

Cuadro 1. Arreglo de los tratamientos evaluados en el experimento de niveles de NPK en tomate, en el Valle de Sébaco (1998-99).

Tratamiento Nº	Niveles (kg ha ⁻¹)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	0
2	0	0	80
3	0	40	80
4	60	0	80
5	60	40	80
6	60	80	80
7	120	0	80
8	120	40	80
9	120	80	80
10	180	0	80
11	180	40	80
12	180	80	80
13	120	80	0

Nota: A los tratamientos del 4 al 12 se les efectuó análisis Bifactorial NxP.

5.2.2 Diseño Experimental

Los tratamientos fueron distribuidos de acuerdo al sorteo de azarización y el diseño realizado fue el de Bloques Completos al Azar (B.C.A), con 4 repeticiones, en el cual se incluyó un arreglo combinatorio de un Bifactorial N x P (3x3) para determinar el efecto del Nitrógeno, Fósforo y la interacción NxP en el rendimiento. Además se agregan el tratamiento testigo absoluto (0-0-0) y tres tratamientos exploratorios para determinar la respuesta a Fósforo y Potasio.

Cada tratamiento se estableció en 6 surcos de 6 m de longitud cada uno separados a 1 m entre sí. Para la evaluación de la cosecha se utilizó el área de la parcela útil, que fue constituida por los 4 surcos centrales dejando bordes de 0.8 m en los extremos de los surcos.

Para la evaluación de los parámetros de crecimiento y desarrollo se utilizó el área de la parcela útil, haciéndose un muestreo de 10 plantas al azar escogidas en el primer muestreo y marcadas para la siguiente lectura.

Cuadro 2. Dimensiones del ensayo de niveles de NPK en tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).

Descripción	Largo por ancho(m)	Area(m²)
Area de la parcela experimental.	6x6	36
Area de la parcela útil.	4x4.4	17.6
Area de una repetición.	36x13	468
Area de 4 repeticiones.	468x4	1872
Area entre repeticiones.	2x78x3	468
Area total del experimento.	1872+468	2340

5.2.3 Descripción del manejo del experimento.

La variedad de tomate sembrada fue Río Grande, variedad industrial de ciclo intermedio, crecimiento determinado y de aceptación por los productores y el mercado.

El semillero fue establecido el 6 de Noviembre de 1998. Se utilizaron 60 gr de semilla, en un área de 30 m². El suelo se desinfectó con Vitavax y la semilla con Gaucho. La fertilización empleada fue de 50 gr por m² de la formula 12-30-10. El semillero fue protegido con telón, a la emergencia de las plantulas para evitar la infección del virus del mosaico amarillo del tomate, del cual es vector la mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

En el área donde se estableció el experimento se tomó una muestra de suelo compuesta por 20 sub muestras, a 20 cm de profundidad, para realizar análisis químico y físico del suelo.

La preparación del terreno requirió de un pase de arado y 2 de grada, luego con el surcador se construyeron los lomillos de siembra.

La fertilización se realizó de acuerdo al diseño de los tratamientos, todo el Fósforo y el Potasio, mas un 33% de Nitrógeno, fue aplicado según el respectivo diseño del tratamiento antes del trasplante. Para completar la fertilización Nitrogenada se realizaron dos fraccionamientos en bandas, uno a los 20 ddt (33%) y el ultimo a los 40 ddt (33%).

El trasplante se realizó el primero de Diciembre de 1998, a los 25 días después del establecimiento del semillero. La postura de tomate fue desinfectada con Vitavax y el suelo fue desinfectado con Lorsban (G) al 5%, incorporado a razón de 15 kg ha⁻¹. Las distancias de siembra fueron de 1m entre surco y 0.3 m entre planta, para una densidad poblacional inicial de 33,333 plantas por hectárea.

Lamina 1. Distribución, aplicación e incorporación de la fertilización N-P-K, evaluados en el experimento del cultivo del tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).



Lamina 2. Trasplante de postura de tomate, en el experimento de evaluación de niveles de NPK, en el Valle de Sebaco (1998-99).



El control de malezas se realizó mediante métodos manuales, mecánicos (azadón) y químicos (Flex y Fusilade), logrando mantener el área experimental libre de malezas durante los 60 días posteriores al trasplante. Previo a la fertilización se realizó control de malezas, utilizando escardillo halado con tracción animal.

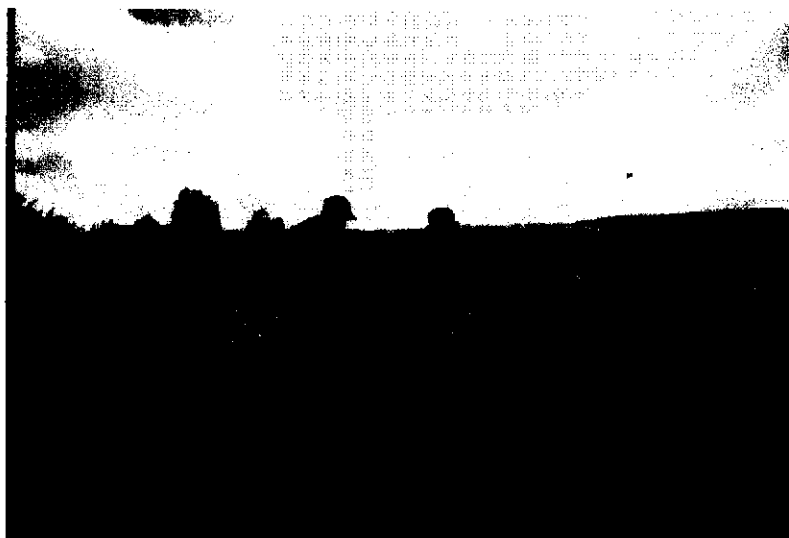
El suministro de agua fue a través del sistema de riego por gravedad, con riegos escalonados en dependencias a los requerimientos hídricos demandados por el cultivo y a la capacidad de retención de agua del suelo.

El control de plagas y enfermedades se maneja de acuerdo a muestreos periódicos que consideraron las aplicaciones de pesticidas basadas en los umbrales de daño económico, recomendados por los especialistas MIP del INTA. Para el control de mosca blanca, se aplicó Confidor y Vydate. Para el control del gusano del fruto se usó Sun Fire, Nudrin y Endosulfan de manera alternada. Se realizaron aplicaciones preventivas con Trimiltox Forte y Mancozeb, contra el tizón temprano y tardío.

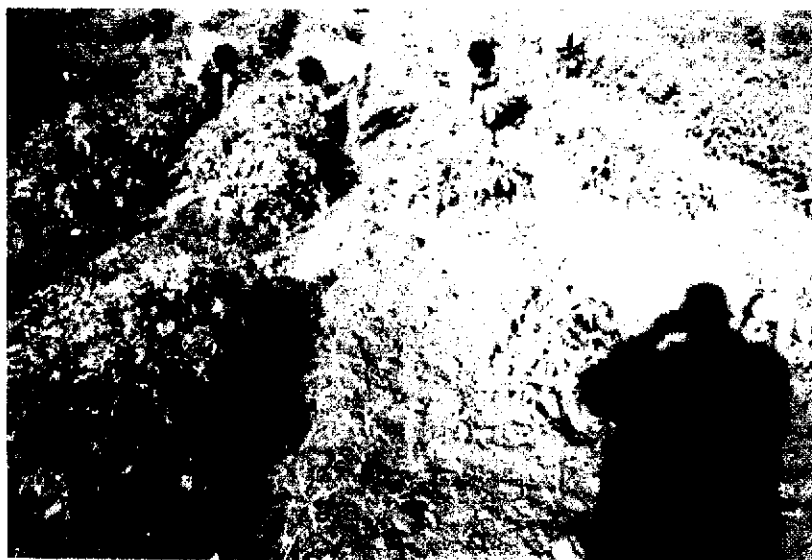
El tutoreo realizado fue del tipo espaldera de dos alambres, que consistió en colocar estacas gruesas (7-8 cm) en los extremos y centro del surco (cada 3 m) luego se tendieron dos líneas de nylon, al cual fue amarrado al tomate conforme al crecimiento.

La cosecha se hizo manual, en estado de pintón avanzado y maduro, en total se realizaron 8 cosechas en un periodo comprendido entre el 5 de febrero y el 9 de marzo de 1999.

Lamina 3. Visita de seguimiento técnico al experimento de fertilidad en tomate, en el Valle de Sébaco (1998-99).



Lamina 4. Aplicación del tercer fraccionamiento de Nitrógeno en el experimento de tomate, en el Valle de Sébaco (1998-99).



5.2.4 Variables medidas.

❖ Crecimiento y desarrollo.

En 10 plantas tomadas al azar, del área útil de cada tratamiento, se registro el crecimiento y desarrollo de la planta, iniciando la primer toma de datos a los 14 días después del trasplante (ddt) con intervalos de 14 días, registrando la ultima medida a los 56 ddt.

- a. **Altura de planta (cm):** Las medidas se realizaron en cm, desde la base del tallo principal hasta el ápice del mismo.
- b. **Diámetro del tallo de planta (mm):** Las medidas se realizaron en mm, a partir de la parte media del tallo principal.
- c. **Número de racimos por planta (uds):** Se contaron los racimos que correspondían a cada planta muestreada, iniciando a los 28 ddt.

❖ **Población final (pts/ha).** Se registró el número de plantas por parcela útil de cada tratamiento y repetición, posteriormente se realizó el respectivo calculo en hectárea.

❖ Rendimiento (kg/ha).

En cada parcela útil, se registró el peso y el número de frutos obtenidos según clasificación. Posteriormente se realizó el respectivo calculo en hectárea.

Clasificación según Diámetro Polar(DP) y Ecuatorial(DE) del fruto:

Categoría 1: > 70 mm de DP y >60 mm de DE.

Categoría 2: De 50 a 70 mm de DP y De 40 a 60 mm de DE.

Categoría 3: < 50 mm de DP y < 40 mm de DE.

5.2.5 Análisis estadístico.

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA), considerando significativo* el 5% y altamente significativo** el 1%. Se realizó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 90% de probabilidades. Además se realizó el rendimiento relativo, para determinar la respuesta a potasio, siendo esta la relación del rendimiento del tratamiento sin potasio entre el tratamiento con potasio (Sin K₂O/Con K₂O).

5.2.6 Análisis económico.

Los resultados del rendimiento, se sometieron a un análisis económico, para evaluar la rentabilidad de los factores estudiados y esta consistió en determinar:

- **El Índice de Productividad (IP);** Que es la cantidad de producto incrementado por cada kilogramo de fertilizantes NPK aplicados. (Incremento del rendimiento en kg / Nutrientes aplicados de NPK).
- **El Incremento de la Utilidad Neta (IUN);** Incremento en Córdobas debido a la fertilización con respecto al tratamiento control 0-0-0. (Incremento del ingreso bruto en dinero - costo del fertilizante en dinero).
- **La Relación Valor/Costo (RVC);** Relación en dinero entre el valor del incremento de la producción debido a la fertilización. (Incremento del ingreso bruto en C\$ / Costo del fertilizante en C\$).

Lamina 5. Recolección de tomate (tercer corte), en el experimento de evaluación de niveles de NPK, en el Valle de Sebaco (1998-99).



Lamina 6. Toma de datos de cosecha del tomate, realizado en el experimento de evaluación de niveles de NPK, en el Valle de Sebaco (1999-99).



VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Altura de planta (cm)

El análisis de varianza efectuado a la variable altura de planta (anexo 3), evidenció que únicamente existen diferencias significativas a los 28 ddt, no así a los 14, 42 y 56 días después del trasplante (ddt). A los 28 ddt, la prueba de Tukey encontró 2 categorías estadísticas diferentes, siendo la dosis 120-0-80 la que induce las máximas alturas de planta y la dosis 0-40-80 la que induce un menor crecimiento. A los 56 ddt, Tukey determinó 2 categorías diferentes, destacando los tratamientos 11, 10, 13 y 9 los que se caracterizan por altas aplicaciones de nitrógeno (120 y 180 kg/N) y por inducir alturas superiores a los 70.0 cm, lo cual está relacionado con el fraccionamiento del nitrógeno aplicado a los 20 y 40 ddt. La dosis 0-0-80, con 60.8 cm de altura ocupa el último lugar.

La tendencia es de que a mayores dosis de nitrógeno, mayor altura de planta; lo cual podría ocasionar un consumo de lujo en la planta, con consecuencias negativas en la producción de tomate.

Caracterizándose la altura por un crecimiento acelerado a partir de los 14 hasta los 56 ddt, que de graficarse como función del tiempo, correspondería a una curva logarítmica (figura 1). La importancia de esta curva de crecimiento, es que proporciona información, sobre como planificar los fraccionamientos de nitrógeno a través del tiempo. Hay que considerar la demanda de este nutrimento durante el ciclo de vida del cultivo, además se debe tomar en cuenta que el nitrógeno es inestable, por su fácil lixiviación y volatilización.

Se observa en la figura 1, un crecimiento similar en las diferentes dosis hasta los 42 ddt, mientras que al llegar a los 56 ddt la dosis 180-40-80 de NPK continúa su crecimiento logrando un máximo de 71.2 cm, no permitiendo determinar el punto de inflexión.

Cuadro 3. Efecto de la fertilización NPK en la altura de planta del tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).

Tratamiento	Descripción N P ₂ O ₅ K ₂ O Kg ha ⁻¹	Alturas de planta (cm)			
		14 ddt	28 ddt	42 ddt	56 ddt
1	0-0-0	15,9 a ¹	34,6 ab	54,2 a	67,6 ab
2	0-0-80	17,3 a	34,8 ab	59,6 a	60,8 b
3	0-40-80	15,2 a	31,8 b	56,4 a	66,4 ab
4	60-0-80	16,2 a	35,1 ab	55,8 a	67,5 ab
5	60-40-80	14,7 a	33,7 ab	53,0 a	65,0 ab
6	60-80-80	16,6 a	34,9 ab	51,2 a	64,0 ab
7	120-0-80	19,0 a	39,5 a	61,9 a	67,3 ab
8	120-40-80	18,4 a	36,8 ab	55,5 a	66,3 ab
9	120-80-80	17,2 a	38,4 ab	59,0 a	70,0 ab
10	180-0-80	16,9 a	36,2 ab	58,2 a	70,1 ab
11	180-40-80	17,4 a	36,8 ab	54,7 a	71,2 a
12	180-80-80	17,8 a	38,5 ab	60,6 a	66,8 ab
13	120-80-0	16,3 a	37,6 ab	58,5 a	70,4 ab

¹Cifras con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha=0.1$)

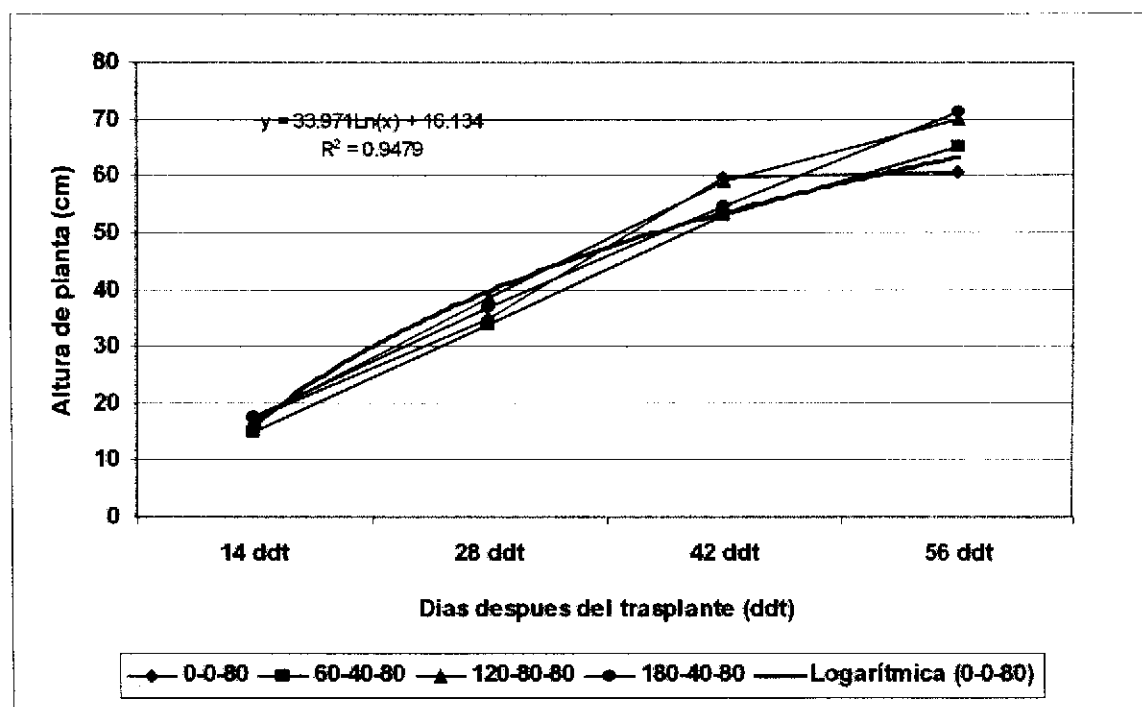


Figura 1. Comportamiento de la altura de la planta de tomate en función del tiempo con diferentes dosis de fertilizante NPK, en el Valle de Sebaco (1998-99).

6.2 Diámetro del tallo (mm)

El análisis de varianza efectuado evidencia que no existen diferencias significativas a los 14, 28, 42 y 56 ddt. (anexo 4). El análisis estadístico, según Tukey, permite separar la medias de los resultados obtenidos a los 28 ddt en dos grupos diferentes, resultando el tratamiento 12 como el que induce el mayor crecimiento de tallo con 11.1 mm; los tratamientos 2 y 3 fueron los que presentaron el menor diámetro, ocupando los últimos lugares. A los 56 ddt no se detecto diferencias significativas, aunque las dosis con 180 kg/N inducen a formar los mayores diámetros, destacando la formula 180-40-80 con 12.2 mm. El comportamiento del crecimiento del tallo se caracteriza por un marcado aumento en el periodo comprendido de los 14 a los 28 ddt que es donde ocurre el mayor incremento, de los 28 a los 42 ddt el crecimiento continua pero con menor magnitud que en el periodo anterior y por ultimo de los 42 a los 56 ddt periodo en el cual prácticamente el crecimiento del diámetro del tallo es mínimo y hasta incluso se detiene.

Cuadro 4. Efecto de la fertilización NPK en el diámetro del tallo del tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).

Tratamiento	Descripción N P ₂ O ₅ K ₂ O Kg ha ⁻¹	Diámetro del tallo (mm)			
		14 ddt	28 ddt	42 ddt	56 ddt
1	0-0-0	4,6 a ¹	10,1 ab	11,0 a	11,7 a
2	0-0-80	4,9 a	10,0 b	11,5 a	11,8 a
3	0-40-80	4,8 a	10,0 b	11,6 a	12,0 a
4	60-0-80	4,8 a	10,5 ab	11,1 a	12,1 a
5	60-40-80	5,0 a	10,4 ab	11,4 a	11,7 a
6	60-80-80	5,1 a	10,5 ab	11,4 a	11,6 a
7	120-0-80	5,2 a	10,7 ab	11,4 a	11,9 a
8	120-40-80	5,2 a	10,4 ab	11,9 a	11,9 a
9	120-80-80	5,0 a	10,7 ab	11,4 a	11,7 a
10	180-0-80	4,9 a	10,4 ab	11,6 a	11,8 a
11	180-40-80	5,0 a	10,5 ab	11,6 a	12,2 a
12	180-80-80	5,1 a	11,1 a	11,6 a	12,0 a
13	120-80-0	4,9 a	10,6 ab	12,0 a	12,0 a

¹Cifras con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha=0.1$)

Se observa en la figura 2, que no existe suficiente evidencia para determinar que las diferentes dosis de NPK evaluadas, influyen en el diámetro del tallo de la planta del tomate, mostrando un marcado aumento en diámetro del tallo en el periodo comprendido de los 14 a los 28 ddt, lo que podría estar asociado a la curva de absorción de nutrientes demandados por el cultivo. Esta información es relevante, por cuanto ratifica la importancia de los aportes de NPK al momento del trasplante, de manera que estos nutrientes estén disponibles por las plantas en las épocas de mayor demanda, cumpliéndose así con la Ley del Anticipo.

En el gráfico se observa, que después de los 28 ddt el crecimiento del diámetro del tallo continua pero en menor proporción; corroborando lo planteado por Bolaños A(1998), de que en la etapa inicial las plantas requieren mayores cantidades de nutrientes para satisfacer las necesidades de las hojas y ramas en crecimiento y expansión, terminando esta fase con la floración.

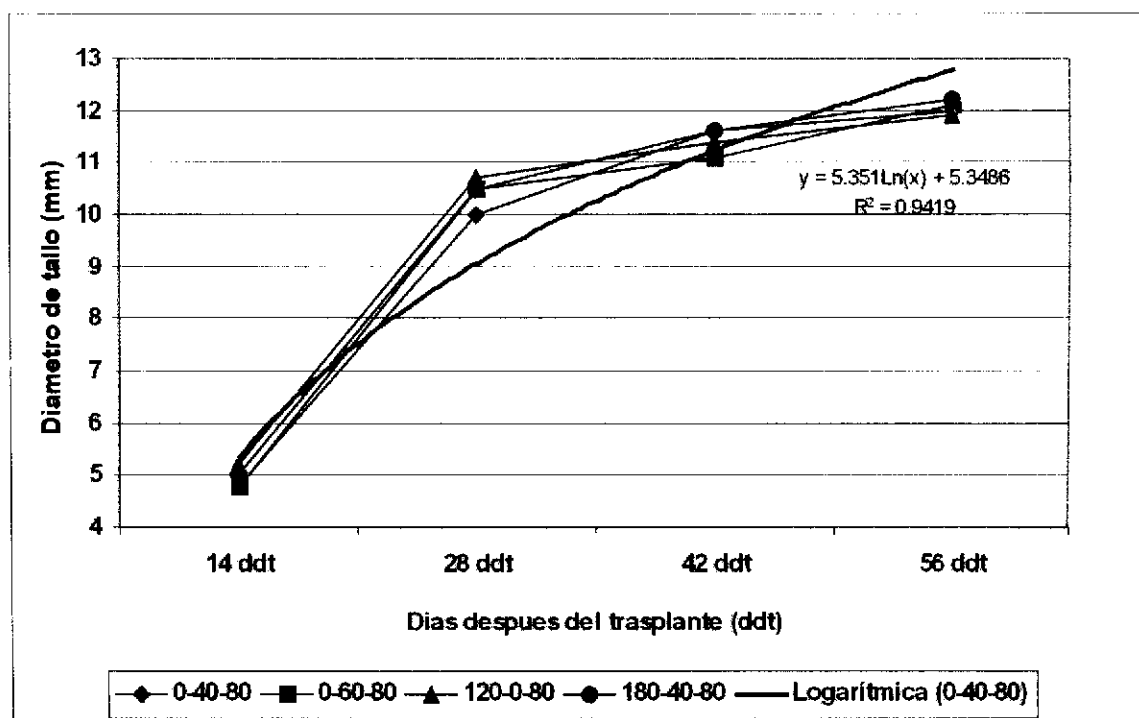


Figura 2. Comportamiento del diámetro del tallo en la planta de tomate en función del tiempo con diferentes dosis de fertilizante NPK, en el Valle de Sebaco (1998-99).

6.3 Número de racimos por planta.

El análisis de varianza efectuado al número de racimos por planta (anexo 5), evidencia diferencias significativas a los 28 ddt no así a los 42 y 56 ddt. Los resultados a los 56 ddt (cuadro 5), permiten separar las medias en dos categorías estadísticas diferentes, siendo el tratamiento 12 el que induce a formar el mayor número de racimos por planta con 21 y la dosis 1 se ubica con 15.7 racimos por planta, ocupando el último lugar. Estos resultados permiten suponer que existe algún efecto en la formación de racimos por planta entre aportar y no aportar nitrógeno al encontrarse todos los tratamientos sin nitrógeno con cantidades menores a los 18 racimos por planta en cambio los tratamientos con aplicaciones de nitrógeno se encuentran en la mayoría de los casos con cantidades superiores a los 18 racimos por planta a los 56 ddt. Situación similar ocurre cuando se aplica potasio al inducir a formar más racimos cuando se aplica este nutrimento.

Cuadro 5. Efecto de la fertilización NPK en el número de racimos por planta en el tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).

Tratamiento	Descripción N P ₂ O ₅ K ₂ O Kg ha ⁻¹	Número de racimos por planta		
		28 ddt	42 ddt	56 ddt
1	0-0-0	3,2 ab ¹	9,1 a	15,7 b
2	0-0-80	3,3 ab	10,0 a	17,4 ab
3	0-40-80	3,0 b	10,6 a	17,8 ab
4	60-0-80	3,4 ab	10,2 a	19,9 ab
5	60-40-80	3,7 ab	10,3 a	19,4 ab
6	60-80-80	3,6 ab	11,0 a	18,7 ab
7	120-0-80	4,1 ab	11,8 a	19,7 ab
8	120-40-80	4,2 ab	11,3 a	17,8 ab
9	120-80-80	3,7 ab	11,2 a	19,9 ab
10	180-0-80	3,5 ab	11,3 a	20,6 ab
11	180-40-80	3,8 ab	11,7 a	19,5 ab
12	180-80-80	4,3 a	10,8 a	21,0 a
13	120-80-0	3,9 ab	11,5 a	17,8 ab

¹Cifras con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha=0,1$)

Se observa en la figura 3, que la mayor formación de racimos se presenta en el periodo de los 28 a los 56 ddt, y que estos son influenciados por las aplicaciones nitrogenadas, al inducir a formar mayor racimos cuando se realizan aportes de nutrientes.

Según estos resultados, se sugiere, que para futuras investigaciones se evalúe el fraccionamiento del fósforo, al momento del trasplante el primero y a los 20 ddt el segundo fraccionamiento. De forma que coincida con el segundo fraccionamiento de nitrógeno, y de esta forma poder determinar el efecto del fraccionamiento del fósforo, en cuanto a la fructificación y la calidad comercial del fruto.

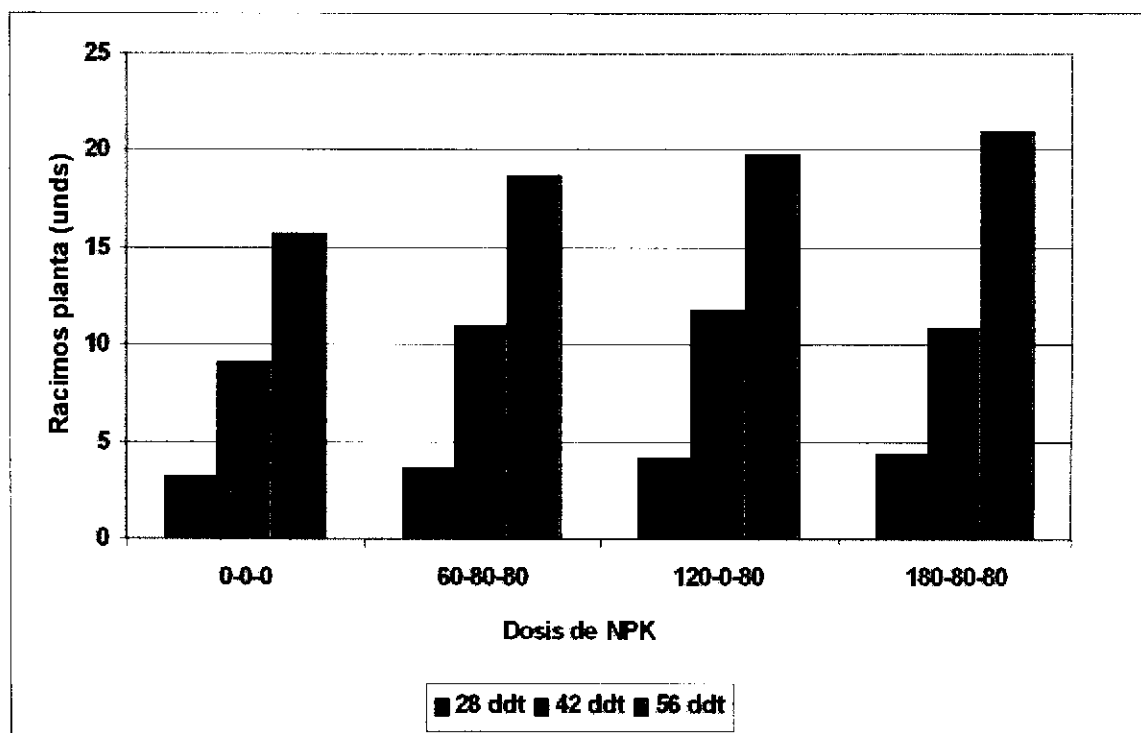


Figura 3. Comportamiento de la producción de racimos en la planta de tomate en función del tiempo con diferentes dosis de fertilizante NPK en el Valle de Sebaco (1998-1999).

6.4 Número de plantas cosechadas por hectárea.

Se evaluó esta variable para determinar si existía alguna influencia de los diferentes tratamientos de NPK en cuanto al número de plantas cosechadas.

Los resultados del Análisis de varianza (anexo 6), evidencian que no existen diferencias significativas entre las poblaciones al momento de la cosecha con las diferentes formulas de NPK evaluadas, por lo que se puede inferir que los resultados de los rendimientos están influenciados por el efecto de cualquier tratamiento y no por la cantidad de plantas manejadas en el experimento que fue similar entre todas las dosis. En el cuadro 6, se observa que las diferentes poblaciones fluctúan entre las 30000 y 33333 plantas por hectárea siendo todos los tratamientos estadísticamente iguales entre si.

Cuadro 6. Efecto de la fertilización NPK sobre la población final en el tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).

Tratamiento	Descripción			Plantas/ha
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1	0	0	0	32187 a ¹
2	0	0	80	31979 a
3	0	40	80	31146 a
4	60	0	80	32083 a
5	60	40	80	29687 a
6	60	80	80	33333 a
7	120	0	80	30937 a
8	120	40	80	31146 a
9	120	80	80	31250 a
10	180	0	80	32604 a
11	180	40	80	32291 a
12	180	80	80	30000 a
13	120	80	0	30312 a

¹Cifras con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha=0.1$)

6.5 Número de frutos por hectárea.

El análisis de varianza realizado a la variable número de tomates producidos de categoría 1, evidencio que no existe diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. En cambio para las variables frutos de segunda y tercer categoría, se determino diferencias significativas. En los frutos totales, la diferencia fue altamente significativa (anexo 7).

Se aprecia en el cuadro 7, que los tratamientos 3, 8, 4 y 6 inducen a producir la mayor cantidad de frutos en la categoría 1, estando constituidos en un 50% por dosis de 60 kg/N.

En la categoría 2, los tratamientos 4 y 5 inducen a formar la mayor cantidad de frutos siendo estadísticamente superiores al tratamiento 2, este ultimo forma la menor cantidad de frutos de esta calidad.

En la tercer categoría, el tratamiento 6 induce a producir la mayor cantidad de frutos y el tratamiento 1 la menor cantidad, siendo estadísticamente diferentes entre si.

Al sumar la cantidad de frutos producidas en las tres categorías los tratamientos 4, 6, 5 y 8 inducen producciones mayores de los 660000 frutos. Estas aplicaciones se caracterizan por emplear la dosis de 60 kg/N principalmente, el fósforo varió de 0 a 80 kg/P₂O₅ y el potasio a dosis constante de 80 kg/K₂O. Las dosis 0-0-0 y 0-0-80, inducen las menores producciones de frutos totales.

Los resultados del análisis estadístico practicado a los tratamientos que conformaban el factorial N y P₂O₅, se presentan en los cuadros 8 y 9, demostrando que no existe diferencia en el número de tomates producidos con los niveles de nitrógeno y fósforo. Sin embargo cabe señalar que el nivel 60 kg/N induce las mayores cantidades de frutos producidos en todas las categorías estudiadas, al evaluar el factorial fósforo los resultados indican que los niveles 0, 40 y 80 inducen producciones similares en cada una de las categorías.

Cuadro 7. Efecto de la Fertilización NPK en el número de frutos por categoría en el tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).

Tratamiento	Descripción N P ₂ O ₅ K ₂ O kg ha ⁻¹	Número de frutos por hectárea			
		Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Frutos totales
1	0-0-0	60728 a ¹	415910 ab	32083 b	508721 b
2	0-0-80	73332 a	399244 b	34999 ab	507575 b
3	0-40-80	92186 a	465826 ab	41041 ab	599053 ab
4	60-0-80	88228 a	540075 a	55938 ab	684240 a
5	60-40-80	79894 a	530700 a	56249 ab	666843 a
6	60-80-80	84790 a	519783 ab	64270 a	668843 a
7	120-0-80	84374 a	471450 ab	49166 ab	604991 ab
8	120-40-80	91665 a	520617 ab	48228 ab	660510 a
9	120-80-80	74999 a	495617 ab	59374 ab	629990 ab
10	180-0-80	74061 a	506534 ab	55624 ab	636219 ab
11	180-40-80	73957 a	510825 ab	60207 ab	644989 ab
12	180-80-80	72395 a	470284 ab	54582 ab	597261 ab
13	120-80-0	82394 a	500409 ab	45208 ab	628011 ab

¹Cifras con misma letra en una columna no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha=0.1$)

Cuadro 8. Respuesta del cultivo del tomate a niveles crecientes de Nitrógeno con P y K en el número de frutos por hectárea.

Niveles de Nitrógeno (kg ha ⁻¹)	Número de frutos por hectárea			
	Cat.1	Cat. 2	Cat. 3	Total
N 60	84304 a ¹	530208 a	58821 a	673333 a
N 120	83679 a	495904 a	52258 a	631841 a
N 180	73471 a	495904 a	56804 a	626179 a

Cuadro 9. Respuesta del cultivo del tomate a niveles crecientes de Fósforo con N y K en el número de frutos por hectárea.

Niveles de Fósforo (kg ha ⁻¹)	Número de frutos por hectárea			
	Cat.1	Cat.2	Cat.3	Total
P ₂ O ₅ 0	82221 a ¹	506042 a	53575 a	641838 a
P ₂ O ₅ 40	81841 a	520729 a	54896 a	657466 a
P ₂ O ₅ 80	77395 a	495241 a	59408 a	632044 a

¹Cifras con misma letra en una columna no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha=0.1$)

Al evaluar la interacción de los diferentes niveles de nitrógeno y fósforo (cuadro 10), los resultados demuestran que no existen diferencias estadísticas en el número de tomates por categoría. Esto indica que la influencia de ambos factores son independientes entre si.

Cuadro 10. Efecto de la interacción N*P en el número de frutos del tomate producidos por hectárea.

Interacción N*P (kg ha ⁻¹)	Número de frutos por hectárea			
	Cat.1	Cat.2	Cat.3	Total
60-0	88229 a ¹	540075 a	55937 a	684240 a
60-40	79894 a	530700 a	56249 a	666843 a
60-80	84790 a	519783 a	64270 a	668843 a
120-0	84374 a	471451 a	49166 a	604991 a
120-40	91665 a	520617 a	48228 a	660510 a
120-80	74999 a	495617 a	59374 a	629990 a
180-0	74061 a	506534 a	55624 a	636219 a
180-40	73957 a	510825 a	60207 a	644989 a
180-80	72395 a	470284 a	54582 a	597261 a

¹Cifras con misma letra en una columna no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha=0.1$)

6.6 Rendimiento de frutos (kg ha^{-1})

Los análisis de varianza evidencian que no existe diferencias significativas en el rendimiento del fruto para las diferentes categorías; no así para el rendimiento total (anexo 8).

Cabe destacar que los rendimientos superiores a los 9000 kg en la categoría 1 están constituidos por dosis que presentan 60 kg/N (trat. 4, 5 y 6) y dosis con 120 kg/N (trat. 8, 7 y 13). El tratamiento 3 presentó el mayor rendimiento en esta categoría con 10847 kg. En la categoría 2, los tratamientos 6 y 5 con dosis de 60 kg/N inducen producciones superiores a los 40000 kg superando en más del 27.8% a los rendimientos obtenidos por el tratamiento control (1). En la categoría 3 los rendimientos superiores a los 1500 kg se obtienen siempre que se aplica nitrógeno y los rendimientos menores de 1500 kg cuando no se aplica este nutrimento.

Con respecto a los rendimientos totales se observa en el cuadro 11, que los rendimientos mayores de las 52 toneladas se obtienen con los tratamientos 60-40-80 y 60-80-80, siendo estadísticamente superiores al obtenido por el tratamiento 1 (0-0-0), que induce rendimientos menores de las 40 toneladas. Estas producciones significan incrementos del 30.5 y 12.0% al compararlo con los rendimientos del tratamiento control (1) y el tratamiento promedio empleado por los agricultores (12) respectivamente.

En cuanto a la respuesta a los aportes de fósforo, el cuadro 11 muestra que al comparar los tratamientos con y sin este elemento (trat. 2 y 3) la tendencia es a incrementar hasta en un 20.5% el rendimientos de la primer categoría. En el rendimiento total este incremento representa el 14%. Bolaños A (1998), recomienda que en suelos con concentraciones de fósforo menor de 6 ppm se debe aplicar el equivalente a 130 kg/ P_2O_5 .

Soto (datos sin publicar), encontró que con 0.4 meq/100 g de s de K, los aportes de K_2O no producen incrementos en el rendimiento. Bolaños, recomienda no aplicar potasio cuando las concentraciones de este nutrimento excedan los 0.2 meq/100 g de s de K.

Cuadro 11. Efecto de la fertilización NPK sobre el rendimiento del fruto por categoría y total en el tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).

Tratamiento	Descripción N P ₂ O ₅ K ₂ O Kg ha ⁻¹	Rendimiento del fruto por categoría en kg ha ⁻¹			
		Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	total
1	0-0-0	6955 a ¹	31638 a	1397 a	39990 b
2	0-0-80	8622 a	30407 a	1207 a	40236 ab
3	0-40-80	10847 a	34530 a	1397 a	46774 ab
4	60-0-80	10554 a	36363 a	2164 a	49081 ab
5	60-40-80	9900 a	40454 a	1832 a	52186 a
6	60-80-80	9417 a	40647 a	2202 a	52266 a
7	120-0-80	9796 a	34634 a	1539 a	45969 ab
8	120-40-80	10573 a	38412 a	1941 a	50926 ab
9	120-80-80	8579 a	35359 a	1828 a	45766 ab
10	180-0-80	8821 a	35558 a	2192 a	46571 ab
11	180-40-80	8906 a	36657 a	1989 a	47552 ab
12	180-80-80	7855 a	36461 a	1657 a	45973 ab
13	120-80-0	9512 a	37533 a	1941 a	48986 ab

¹Cifras con misma letra en una columna no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha=0.1$)

Para evaluar la respuesta a potasio se determino el rendimiento relativo, como resultado de dividir el rendimiento de los tratamientos sin K₂O (trat. 1 y 13) entre los tratamientos con K₂O (trat. 2 y 9). Estos resultados evidencian que no existe respuesta a los aportes de 80 kg ha⁻¹ de K₂O, al presentar rendimientos relativos próximos a 1 (figura 4).

En la figura 5, se comparan formulas sin y con potasio (80 kg/K₂O), combinadas con nitrógeno y fósforo (120-80-0 vs. 120-80-80) en la que se obtienen siempre resultados inferiores cuando el tratamiento presenta potasio y presentar rendimientos relativos superiores a 1.

La Ley del máximo dice que; el exceso de un elemento asimilable en el suelo reduce la eficiencia de los otros elementos y por consiguiente disminuye el rendimiento de la cosecha.

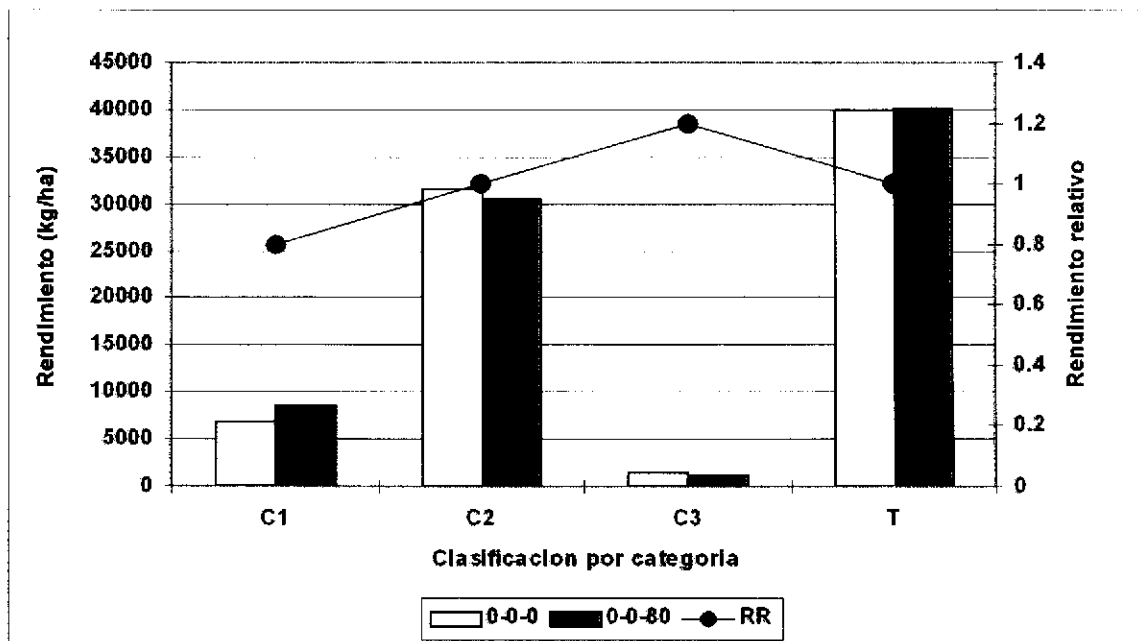


Figura 4. Respuesta a la fertilización potásica en el rendimiento del tomate con 0 kg/N y 0 kg/P₂O₅. En el Valle de Sebaco (1998-99).

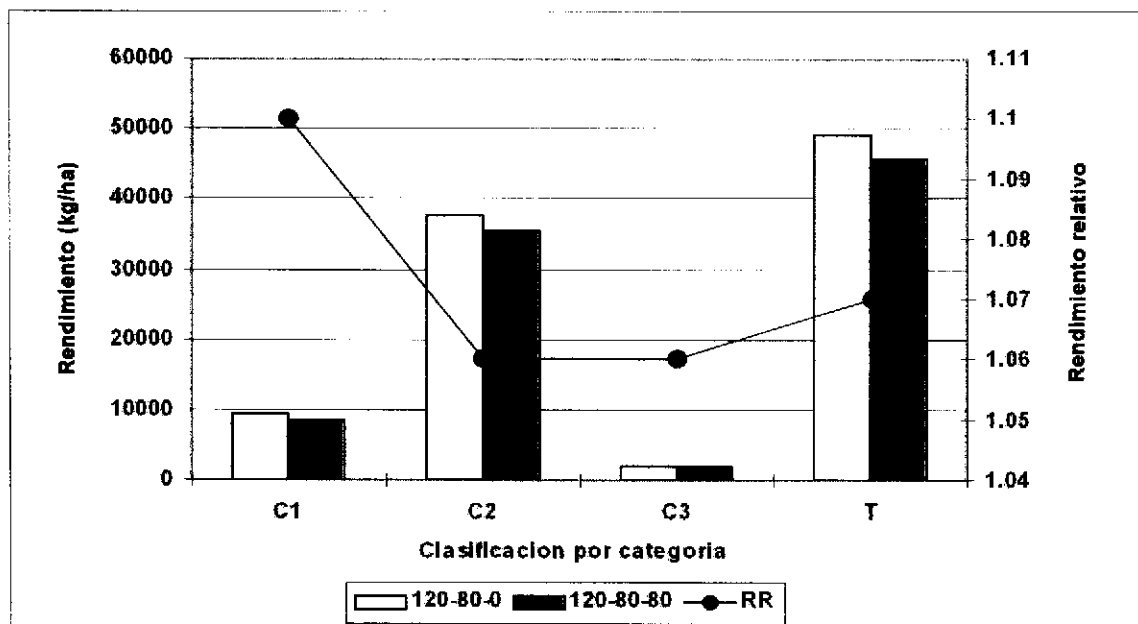


Figura 5. Respuesta a la fertilización potásica en el rendimiento del tomate, con 120 kg/N y 80 kg/P₂O₅. En el Valle de Sebaco (1988-99).

Los resultados del análisis estadístico realizados a los tratamientos que conformaban el factorial NP en las categorías 1, 2, 3 y total, se presentan en los cuadros 12 y 13. Estos resultados muestran que únicamente existe diferencia estadística en el rendimiento total ocasionado por el efecto de los niveles de nitrógeno, superando la dosis de 60 kg/N en un 7.1% y 8.7% respectivamente a los rendimientos obtenidos por los niveles 120 y 180 kg/N. Cabe destacar que el nivel 60 kg/N induce a obtener los mayores rendimientos en las categorías 1, 2 y 3, aunque estadísticamente es igual a los niveles 120 y 180 kg/N.

En cuanto al efecto de los niveles de fósforo los resultados evidencian que no existe diferencias estadísticas (cuadro 13), en el rendimiento entre aplicar 0, 40 y 80 kg/P₂O₅. Sin embargo cabe mencionar que aun sin aplicar fósforo se obtienen los mejores rendimientos en la primer categoría comercial; no así cuando se aplica 40 kg/P₂O₅ se induce a obtener los mejores resultados en la segunda categoría comercial y total.

Cuadro 12. Respuesta del cultivo del tomate a niveles crecientes de Nitrógeno con P y K en el rendimiento. Valle de Sebaco (1998-99).

Niveles de Nitrógeno (kg ha ⁻¹)	Rendimiento por hectárea			
	Cat.1	Cat. 2	Cat. 3	Total
N 60	9957 a ¹	39155 a	2066 a	51178 a
N 120	9650 a	36137 a	1769 a	47556 ab
N 180	8527 a	36227 a	1946 a	46700 b

Cuadro 13. Respuesta del cultivo del tomate a niveles crecientes de Fósforo con N y K en el rendimiento. Valle de Sebaco (1998-99).

Niveles de Fósforo (kg ha ⁻¹)	Rendimiento por hectárea			
	Cat.1	Cat. 2	Cat. 3	Total
P ₂ O ₅ 0	9793 a ¹	35520 a	1965 a	47209 a
P ₂ O ₅ 40	8617 a	38510 a	1921 a	50224 a
P ₂ O ₅ 80	8617 a	37490 a	1895 a	48002 a

¹Cifras con misma letra en una columna no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha=0.1$)

Al evaluar la interacción de los niveles de nitrógeno y fósforo, los resultados evidencian (cuadro 14), que no existen diferencias en el rendimiento total y por categoría. Esto permite concluir que el efecto de ambos factores son independientes entre si. Por otra parte, cabe destacar, que las combinaciones que inducen un incremento en el rendimiento y la calidad del fruto son 60-80 y 60-40 kg de N y P₂O₅ respectivamente.

Cuadro 14. Efecto de la interacción N*P en el rendimiento del cultivo del tomate.

Interacción N*P (kg ha ⁻¹)	Rendimiento por hectárea			
	Cat.1	Cat.2	Cat.3	Total
60-0	10554 a ¹	36363 a	2164 a	49081 a
60-40	9900 a	40454 a	1832 a	52186 a
60-80	9417 a	40647 a	2202 a	52266 a
120-0	9796 a	34634 a	1539 a	45969 a
120-40	10573 a	38412 a	1941 a	50926 a
120-80	8579 a	35359 a	1828 a	45766 a
180-0	8821 a	35558 a	2192 a	46571 a
180-40	8906 a	36657 a	1989 a	47552 a
180-80	7855 a	36461 a	1657 a	45973 a

¹Cifras con misma letra en una columna no difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha=0.1$)

La Ley del Mínimo dice que, la insuficiencia de un elemento reduce la eficiencia de los otros y que por consiguiente disminuye el rendimiento. La ley de los aumentos crecientes de Mitscherlich dice, que cuando se aportan al suelo dosis crecientes de un elemento fertilizante, a aumentos iguales corresponden aumentos cada vez menores de rendimiento a medida que la cosecha se acerca a su máximo.

En las figuras 6 y 7, se ilustra la curva de respuesta a la fertilización NP. El máximo rendimiento total conseguido por la fertilización Nitrogenada es de 51 toneladas y corresponde a una dosis de 60 kg/N, posteriormente se observa una tendencia a disminuir los rendimiento a medida que los niveles de nitrógeno se incrementan. A su vez, la dosis de 40 kg/P₂O₅ induce los mayores rendimientos totales con una producción de hasta 50 toneladas, al incrementar la dosis de fósforo los rendimientos disminuyen.

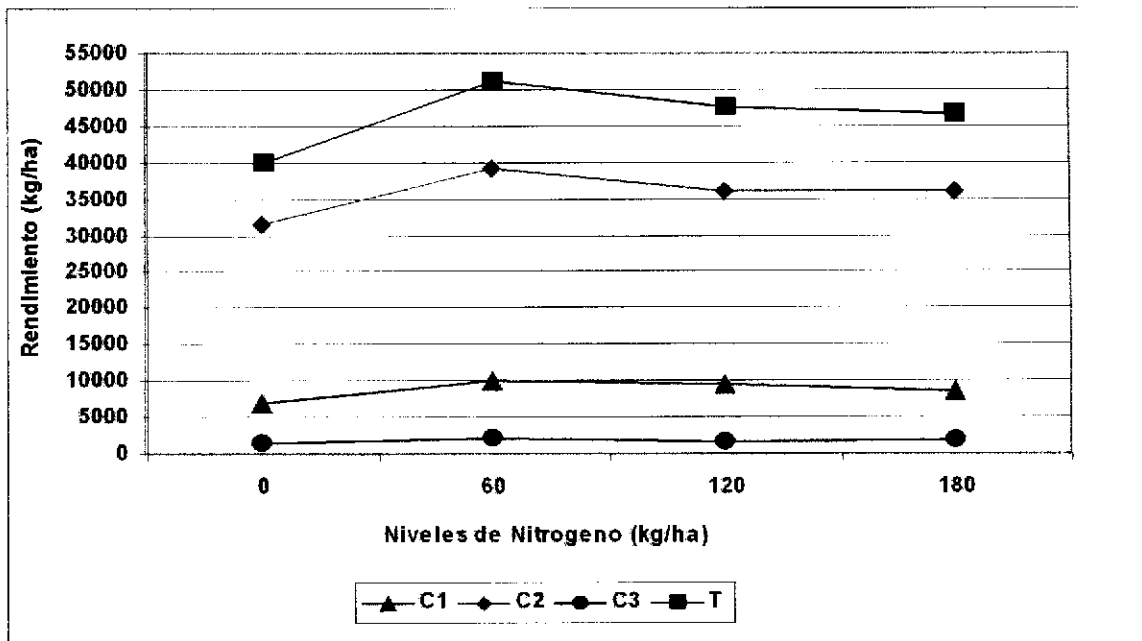


Figura 6. Curva de respuesta a las aplicaciones crecientes de nitrógeno (N), en el rendimiento por categoría y total del tomate. En el Valle de Sebaco (1998-99).

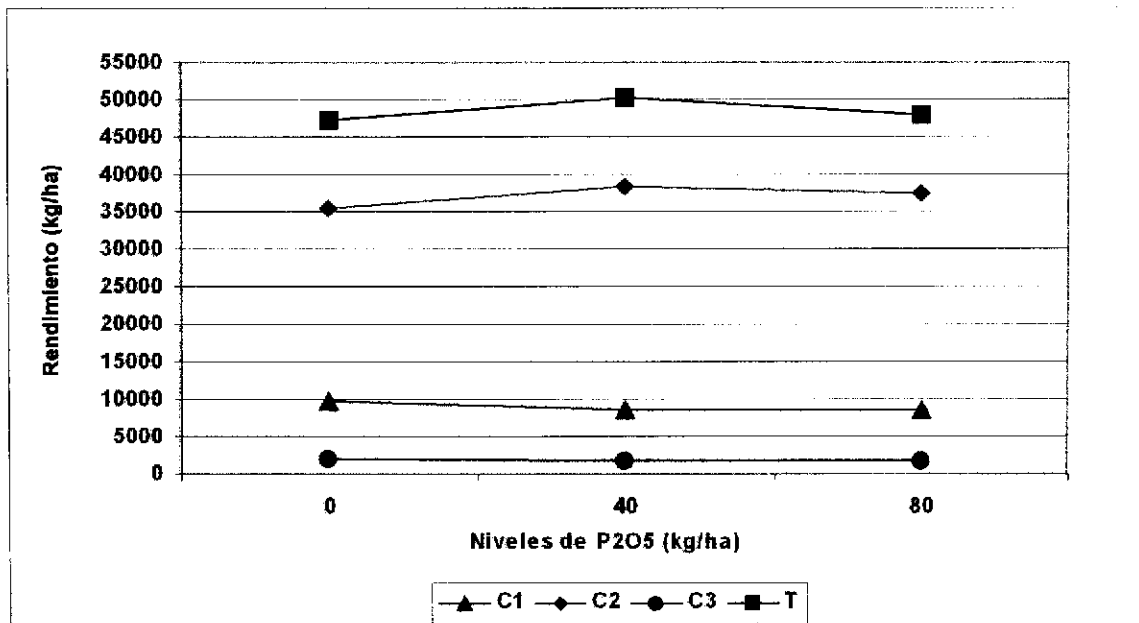


Figura 7. Curva de respuesta a las aplicaciones crecientes de fósforo (P₂O₅), en el rendimiento por categoría y total del tomate. En el Valle de Sebaco (1998-99).

6.7 Peso promedio del fruto (g)

Los resultados del peso promedio del fruto en gramos (cuadro 15), como resultado de dividir el rendimiento entre el número de frutos; muestra que para la categoría 1, el mejor resultado lo presenta el tratamiento 5 con 123,9 g, seguido por los tratamientos 11 y 4 con pesos promedios de 120,4 y 119,2 g respectivamente. En la segunda categoría los mejores pesos promedio del fruto son inducido por los tratamientos 6, 12 y 5 con 78,2, 77,5 y 76,2 g respectivamente. En la tercer categoría, el mejor promedio fue para la dosis 0-0-0 (T1) con 43,5 g; sin embargo fue capaz de formar la menor cantidad de frutos, por lo que se encuentra ocupando, los últimos lugares en el rendimiento de esta categoría con menor valor comercial. En el peso promedio total, la fórmula 0-0-80 (T2) presentó el mejor promedio con 79,3 g; sin embargo formó la menor cantidad de frutos totales, que lo obliga a ocupar el penúltimo lugar en rendimiento total. El segundo lugar fue para la fórmula 0-0-0 (T1), promediando 78,6 g por fruto; pero ocupó el penúltimo lugar en frutos totales producidos por lo tanto ocupó el último lugar en el rendimiento total. El tercer lugar en peso promedio por fruto, fue para la fórmula 60-40-80 (T5) con 78,3 gramos, produciendo un total 666843 frutos (tercer lugar) y rendimiento total de 52186 kg (segundo lugar).

Cuadro 15. Influencia de la fertilización NPK sobre el peso promedio del fruto por categoría y total (fruto/g) en tomate, en el Valle de Sebaco (1998-99).

Tratamiento	Descripción N P ₂ O ₅ K ₂ O kg ha ⁻¹	Peso promedio del fruto en gramos (g)			
		Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	TOTAL
1	0-0-0	114,5	76,1	43,5	78,6
2	0-0-80	117,6	72,2	34,5	79,3
3	0-80-80	117,7	74,1	34,0	78,1
4	60-0-80	119,2	67,3	38,7	71,7
5	60-40-80	123,9	76,2	32,6	78,3
6	60-80-80	111,1	78,2	34,2	78,1
7	120-0-80	116,1	73,5	31,3	76,0
8	120-40-80	115,3	73,8	40,2	77,1
9	120-80-80	114,4	71,3	30,8	72,6
10	180-0-80	119,1	70,2	39,4	73,2
11	180-40-80	120,4	71,8	33,0	73,7
12	180-80-80	108,5	77,5	30,4	77,0
13	120-80-0	115,4	75,0	42,9	78,0

6.8 Análisis económico

Los resultados económicos expuestos en el cuadro 15, reflejan que los máximos rendimientos totales se obtienen con los tratamientos 6, 5 y 8, al presentar producciones que exceden los 50000 kg ha⁻¹.

El mejor índice de productividad lo presenta el tratamiento 5 (60-40-80), con 67.7 kilogramos de producción total de tomate incrementado, por cada kilogramo de nutrientes NPK aportados al suelo.

También estos resultados evidencian que los mayores ingresos brutos se producen cuando se aportan al suelo las dosis de 60-40-80 (T5), 60-80-80 (T6) y 120-40-80 (T8), con ingresos superiores a los 90000 córdobas.

Incrementos de las utilidades netas mayores de los 19000 córdobas, se logran con aplicaciones de 60-40-80 (T5), 60-80-80 (T6) y 120-40-80 (T8) kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O respectivamente, siendo estos resultados muy atractivos por cuanto se genera ganancias a costos medios lo que implica disminuir el riesgo de la inversión en fertilizantes.

En la última columna del cuadro 16, están los resultados de la relación valor costo (RVC), que es la relación entre el valor del incremento de la producción (en dinero) y el costo del fertilizante aportado al suelo (en dinero), revelando las mejores RVC obtenidas por las formulas 60-0-80 (T4), 60-40-80 (T5) y 60-80-80 (T6), con 26.7, 24.8 y 18.9 córdobas por cada córdoba invertido en fertilizantes; para la formula 60-0-80 se debe hacer mención que esta dosis presenta menor cantidad de kilogramos de nutrimentos aportados que los otros dos tratamientos, por lo que al disminuir la cantidad de nutrimentos (NPK), los costos del fertilizante disminuyen con mayor rapidez que el incremento del valor de la utilidad neta y por lo tanto, los rendimientos económicos por dinero invertido en fertilizantes aumentan .

Cuadro 16. Resultados del análisis económico efectuado al experimento de niveles de NPK en tomate, cv. Rio Grande. En el Valle de Sebaco (1998-99).

Descripción N P ₂ O ₅ K ₂ O kg ha ⁻¹		Rendim. promedio (kg ha ⁻¹)	Incremento del rendimiento		Indice de product. (kg)	Ingreso bruto (C\$/ha)	Incrementos (C\$/ha)			RVC (C\$)
Tratamiento	Nutrien- tes		(kg)	%			Costo del fertilizante	Ingreso bruto	Utilidad neta	
(1) 0-0-0	-	39990	-	-	-	72520,5	-	-	-	-
(2) 0-0-80	80	40236	246	0,61	3,1	73812,4	381,4	1291,9	910,5	3,38
(3) 0-40-80	120	46774	6784	16,96	56,5	86172,9	764,0	13652,4	12888,4	17,90
(4) 60-0-80	140	49081	9091	22,73	64,9	89598,0	639,6	17077,5	16437,9	26,70
(5) 60-40-80	180	52186	12196	30,49	67,7	94994,2	904,7	22473,7	21569,0	24,84
(6) 60-80-80	220	52266	12276	30,69	55,8	94678,3	1168,6	22157,8	20989,2	18,96
(7) 120-0-80	200	45969	5979	14,95	29,9	84199,9	897,9	11679,4	10781,5	13,00
(8) 120-40-80	240	50926	10936	27,34	45,6	93000,8	1162,9	20480,3	19317,4	17,61
(9) 120-80-80	280	45766	5776	14,44	20,6	83336,4	1426,8	10595,9	9169,1	7,42
(10) 180-0-80	260	46571	6581	16,45	25,3	84399,5	1556,0	11879,0	10323,4	7,63
(11) 180-40-80	300	47552	7562	18,90	25,2	86297,4	1421,1	13776,9	12355,8	9,69
(12) 180-80-80	340	45973	5983	14,96	17,6	83275,3	1685,0	10754,8	9069,8	6,38
(13) 120-80-0	200	48986	8996	22,49	45	89119,6	1032,2	16599,1	15566,9	16,08

Precio del fertilizante **Precio del Kg de tomate por Categoría** **Tasa de cambio oficial**
 1 Kg Urea (46%) = C\$ 1.98 Cat. 1 = C\$ 2.2 1 US Dólar = C\$ 10.7
 1 Kg 18-46-0 = C\$ 3.74 Cat. 2 = C\$1.76
 1 Kg 12-30-10 = C\$ 2.97 Cat. 3 = C\$1.1
 1 Kg MOP (0-0-60) = C\$ 2.86
 1 Kg SFT (0-46-0) = C\$ 4.4

Se observa en la figura 8, que las dosis con 60 kg/N presentan los mejores beneficios económicos. Los tratamientos 5 y 6 (60-40-80 y 60-80-80) obtienen las mayores utilidades netas con beneficios que superan los 20000 córdobas y el tratamiento 4 obtiene la mayor eficiencia por córdoba invertido en fertilizantes NPK con 26,70 córdobas, lo que se debe a que no existe inversión en fósforo, por lo tanto la RVC se incrementa mas que en los tratamiento 5 y 6, que si tienen aportes de este nutrimento (40 y 80 kg/P₂O₅).

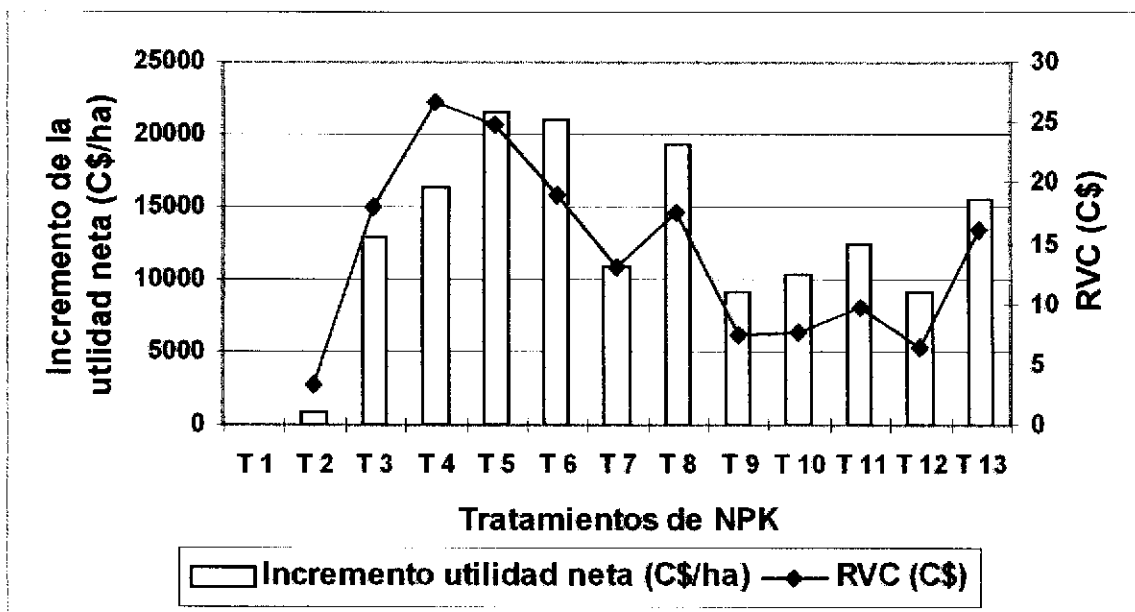


Figura 8. Respuesta económica del rendimiento del tomate a diferentes niveles de NPK. En el Valle de Sebaco (1998-99).

Se observa en la gráfica de la figura 9, que el punto de inflexión se presenta a partir del nivel 60 kg/N, a dosis de 120 y 180 kg/N los beneficios económicos decrecen, obteniendo mayor utilidad al aplicar 60 kg/N. En la figura 10 se observa, que el mayor beneficio económico se obtiene con 40 kg/P₂O₅, al aplicar 80 kg/P₂O₅ la curva económica tiende a decrecer, y cuando no se aporta fósforo las utilidades son aun menores.

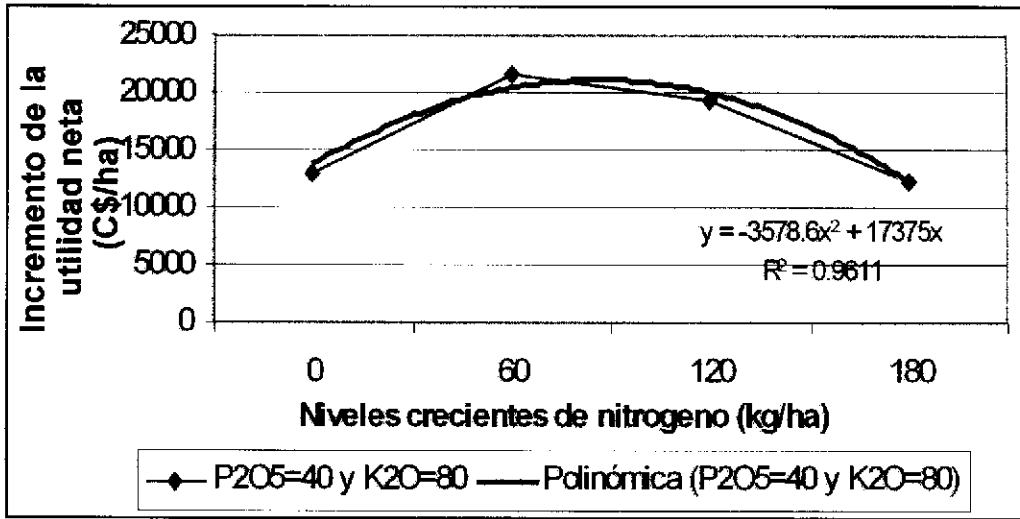


Figura 9. Respuesta de niveles crecientes de nitrógeno (N), con 40 y 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y K₂O en el incremento de la utilidad neta del tomate. En el Valle de Sebaco (1998-99).

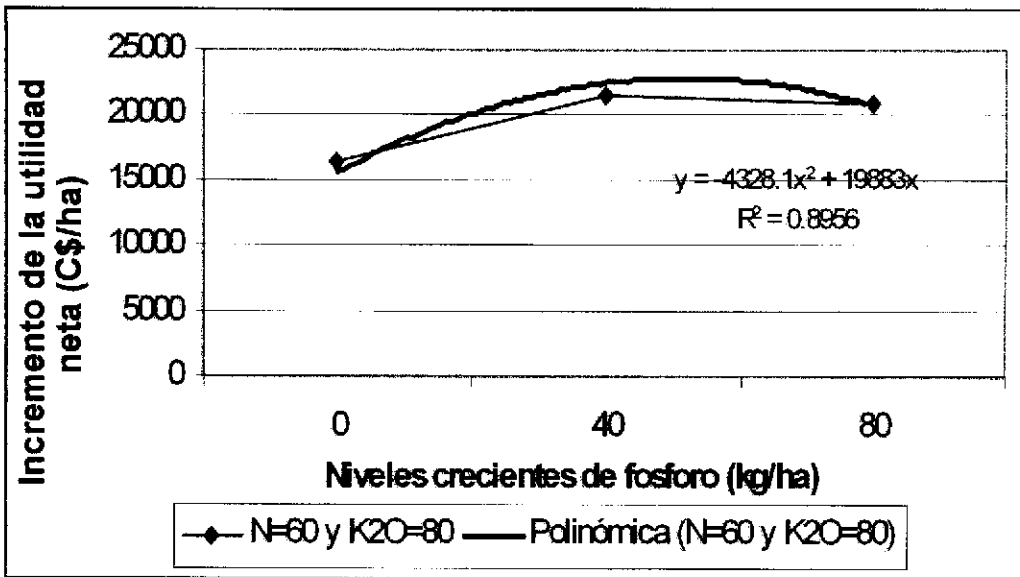


Figura 10. Respuesta de niveles crecientes de fósforo (P₂O₅), con 60 y 80 kg ha⁻¹ de N y K₂O en el incremento de la utilidad neta del tomate. En el Valle de Sebaco (1998-99).

VII. CONCLUSIONES

La densidad de plantas manejada en el experimento fue homogénea en todos los tratamientos, lo que permite concluir que las diferencias encontradas en cada variable evaluada, se deben precisamente a los tratamientos evaluados y no a la densidad de plantas.

Al evaluar el efecto individual de la fertilización N y P, se determinó que la dosis de 60 kg/N por hectárea induce a obtener los mejores rendimientos totales y la mejor calidad comercial del fruto. La tendencia es de una disminución en los rendimientos y la calidad a medida que se aumentan las dosis de Nitrógeno después de los 60 kg/N por hectárea. La mejor respuesta al fósforo en cuanto al rendimiento total y calidad del fruto, se obtiene al aplicar 40 kg/P₂O₅ por hectárea.

Los mejores rendimientos, como resultado del efecto de la interacción N x P, se obtiene al combinar 60-40 y 60-80 kg de N y P₂O₅, respectivamente, induciendo producciones totales mayores de las 52 toneladas.

En cuanto al Potasio, los rendimientos obtenidos tienden a mantenerse o a disminuir cuando aplicamos 80 kg ha⁻¹ de este nutriente, en suelos que contienen 0.42 meq/100 g de s de potasio.

Aportes de 60-40-80 y 60-80-80 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O producen los mejores rendimientos totales y calidades comerciales del fruto, altos índices de productividad, ingresos brutos mayores de 22000 Córdobas, utilidades netas que superan los 20000 Córdobas y RVC de hasta 25 Córdobas.

Los tratamientos 180-40-80 y 180-80-80, inducen un comportamiento agronómico más estable, induciendo alturas de 71.2 y 66.8 cm, 12.2 y 12.0 mm de diámetro del tallo, 19.5 y 21.0 racimos por planta respectivamente, sin embargo solo fue capaces de producir el sexto y noveno mejor rendimiento total con 47552 y 45973 kg ha⁻¹. Lo que nos permite inferir en que aplicaciones excesivas de Nitrógeno tienen como consecuencia, un desarrollo foliar exagerado con rendimientos totales medios.

El periodo comprendido en los primeros 42 días después del trasplante, se caracteriza por un marcado incremento en la altura y diámetro del tallo de planta, no así en el número de racimos que presenta la mayor formación de racimos entre los 28 y 56 ddt. Esta información es relevante para la planificación de la aplicación de fertilizantes que concuerde con la época de mayor demanda.

VIII. RECOMENDACIONES

Para las condiciones agroecológicas del Valle de Sébaco, en suelos serie Chaguitillo y profundos (60 cm), con medios contenidos de Nitrógeno, bajas concentraciones de Fósforo y altos en Potasio. Se recomienda aplicar temporalmente una fórmula de fertilización correspondiente a 60-40-80 kg ha⁻¹ de NPK con lo cual se pueden obtener óptimos rendimientos económicos.

Una de las formas de fertilización del cultivo del tomate de trasplante utilizando el cv. Rio Grande, es aplicando todo el Fósforo y Potasio mas un 33,3 % del Nitrógeno antes del trasplante y el resto del N aplicarlo fraccionado en iguales proporciones a los 20 y 40 días después del trasplante.

Se sugiere retomar los tratamientos que presentaron los mejores rendimientos y beneficios económicos en el experimento y proceder a pasar a la fase de validación, la que se deberá ejecutar en distintas localidades del Valle de Sébaco y en distintas épocas de siembra a fin de poder definir la norma de fertilización mas adecuada para el cultivo del tomate.

Dada las diferentes exigencias nutritivas de la planta de tomate a través del tiempo, se debe considerar evaluar fraccionamientos de fósforo y potasio a los 0 y 20 ddt, con lo cual se contribuiría a suplir las cantidades demandadas por la curva de absorción de nutrientes en el tomate.

En lo referente al potasio, para futuras investigaciones se recomienda hacer un análisis más exhaustivo de la respuesta del cultivo a este nutrimento evaluando niveles de 20 y 40 kg/K₂O por hectárea.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. BARBER, S. y OLSON, R. 1968. Changing, patterns in fertilizar use. Soil society of América Medison. Wisconsin. USA.
2. BOLAÑOS, A. 1998. El cultivo del Tomate. MAG. San José - Costa Rica.
3. CAIRO y QUINTERO. 1980. Suelos. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
4. MIP-CATIE. 1990. Guía para el manejo integrado de Plagas del cultivo del tomate. Turrialba. Costa Rica.
5. ESCORCIA, B. 1994. Cultivo del tomate. Docente investigador. UNA Managua - Nic.
6. ERESUE, M. 1998. Documento del taller sobre economía de la Fertilización. ATP-FAO.
7. FAO. 1977. Boletín de suelos numero 11. Roma, Italia.
8. FAO. 1980. Los fertilizantes y su empleo. ONU. Roma. Italia.
9. FAO. 1994. Anuario vol. 48 Roma, Italia.
10. GUENKOV, G. 1969. Fundamento de la horticultura Cubana. Editorial pueblo y educación. La Habana, Cuba.
11. GARNER, H. et al. 1956. Utilidad de los fertilizantes. Compañía editorial continental. México.
12. HOLDRIDGE, L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José. Costa Rica. IICA.
13. HUERRES, C. y CARABALLO, N. 1998. Horticultura. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
14. INCA. 1987. Desarrollo del cultivo del tomate, plantado en dos épocas al año. Cultivos tropicales INCA. Vol.9. La Habana. Cuba.
15. PEDROZA, E. 1993. Fundamentos de Experimentación Agrícola. Docente Investigador. UNA. Managua - Nicaragua.
16. QUINTANA, O. 1998. Manual de fertilizantes. FAO-MIDINRA. Nicaragua.
17. SALMERON, F. Y GARCÍA, L. 1994. Fertilidad y fertilización de Suelos. Docentes Investigadores. UNA. Managua - Nicaragua.
18. VILLAREAL. 1982. Tomates. Primera Edición . IICA. San José. Costa Rica.

X. ANEXOS

Anexo 1. Datos climáticos prevalecientes en el periodo de la ejecución del experimento de niveles de NPK en tomate, Chaguitillo – Sébaco.

Condiciones Meteorológicas	Mes/Año				
	Nov./98	Dic./98	Ene./99	Feb./99	Mar./99
Temperatura (°C)	24,3	24,7	24,4	24,3	24,9
Humedad relat. (%)	78	68	68	65	61
Nubosidad (octas)	3	2	3	3	3
Dirección/viento	S.E	N.O	S.E	S.E	S.E
Velocid./viento (m/s)	2,8	4,4	4,1	4,0	3,6
Déficit saturación	5,5	8,3	8,3	9,0	10,4
Precipitación (mm)	65,0	3,2	0,3	0,1	0,0
Evaporación/tanque	3,6	5,6	6,1	6,6	7,3
Evaporación/piche	4,1	7,12	7,8	7,8	-
Insolación	6,0	7,3	8,1	8,0	8,2
Punto de rocío	20,0	17,9	14,4	16,7	16,2
Días con rocío	-	-	-	-	-

Datos proporcionados en la estación meteorológico ubicada en el "C.E.V.A.S". San Isidro- Matagalpa.

Anexo 2. Resultados del análisis Químico y Físico del suelo.

Nombre: Cooperativa Leonel Valdivia

Localidad: Chaguitillo

Profundidad (cm)	pH H ₂ O	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K meq/100 gs	Partículas (%)			Textura
						Limo	arena	arcilla	
20	7.0	2.21	0.11	4.69	0.42	37.5	25	37.5	Fco. arcilloso

Perfil del suelo: Descripción del perfil de suelo donde se estableció el experimento de niveles de NPK en el cultivo del Tomate.

0 cm 20 cm		Textura: Franco arcillosa. Color: Pardo oscuro.
60 cm		Limite de profundidad de capa arable
> 60 cm		Color : Pardo claro Textura: Arcillosa

Anexo 3. Resultados del ANDEVA efectuado para la variable altura de planta (cm), a los 14, 28, 42 y 56 ddt del tomate cv. Rio Grande, en el Valle de Sebaco.

Tabla de ANDEVA a los 14 ddt.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	72.3650	6.0304	0.75	0.6917
Repetición	3	5.1910	1.7305	0.22	0.8845
Error	36	288.2130	8.0059		
Total	51	365.7700			

Coefficiente de variación: 16.7921

Tabla de ANDEVA a los 28 ddt.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	223.1600	18.5966	2.01	0.0529
Repetición	3	464.3607	154.7869	16.72	0.0001
Error	36	333.3292	9.2591		
Total	51	1020.8500			

Coefficiente de variación: 8.4407

Tabla de ANDEVA a los 42 ddt.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	474.0942	39.5078	1.52	0.1631
Repetición	3	561.6067	187.2022	7.19	0.0007
Error	36	936.4057	26.0390		
Total	51	1973.1067			

Coefficiente de variación: 8.9805

Tabla de ANDEVA a los 56 ddt.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	402.6900	33.5575	1.63	0.1258
Repetición	3	427.6800	142.5600	6.94	0.0008
Error	36	739.6600	20.5461		
Total	51	1570.0307			

Coefficiente de variación: 6.7483

Anexo 4. Resultados del ANDEVA efectuado para la variable diámetro del tallo de planta (mm), a los 14, 28, 42 y 56 ddt del tomate cv. Rio Grande, en el Valle de Sebaco.

Tabla de ANDEVA a los 14 ddt.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	402.6907	33.5575	1.63	0.1258
Repetición	3	427.6800	142.5600	6.94	0.0008
Error	36	7.3511	0.2041		
Total	51	21.7882			

Coefficiente de variación: 9.1183

Tabla de ANDEVA a los 28 ddt.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	4.9373	0.4114	1.96	0.0595
Repetición	3	1.1882	0.3960	1.89	0.1496
Error	36	7.5642	0.2101		
Total	51	13.6898			

Coefficiente de variación: 4.3872

Tabla de ANDEVA a los 42 ddt.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	3.4942	0.2911	1.46	0.1842
Repetición	3	2.9761	0.9920	4.98	0.0054
Error	36	7.1688	0.1991		
Total	51	13.6392			

Coefficiente de variación: 3.8790

Tabla de ANDEVA a los 56 ddt.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	1.5023	0.1251	0.58	0.8421
Repetición	3	1.3405	0.4468	2.08	0.1205
Error	36	7.7469	0.2151		
Total	51	10.5898			

Coefficiente de variación: 3.8988

Anexo 5. Resultados del ANDEVA efectuado para la variable numero de racimos por planta (unds), a los 28, 42 y 56 ddt del tomate cv. Rio Grande, en el Valle de Sebaco.

Tabla de ANDEVA a los 28 ddt.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	7.8350	0.6529	2.22	0.0319
Repetición	3	30.7775	10.2591	34.96	0.0001
Error	36	10.5650	0.2934		
Total	51	49.1775			

Coefficiente de variación: 14.7409

Tabla de ANDEVA a los 42 ddt.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	28.7380	2.3948	0.88	0.5741
Repetición	3	18.0723	6.0241	2.21	0.1034
Error	36	98.0126	2.7225		
Total	51	144.8230			

Coefficiente de variación: 15.2237

Tabla de ANDEVA a los 56 ddt.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	107.3676	8.9473	1.71	0.1056
Repetición	3	71.2400	23.7466	4.54	0.0085
Error	36	188.3800	5.2327		
Total	51	366.9876			

Coefficiente de variación: 12.1131

Anexo 6. Resultados del ANDEVA efectuado para la variable numero de plantas de tomate cosechadas por hectárea, cv. Rio Grande, en el Valle de Sebaco.

Tratamiento	Descripción	Repeticiones				
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	I	II	III	IV	Promedio
1	0-0-0	32083	32916	29166	34583	32187
2	0-0-80	32916	32500	31667	30833	31979
3	0-40-80	32083	27083	32500	32917	31146
4	60-0-80	33750	30000	30000	34583	32083
5	60-40-80	29583	28750	25833	34583	29687
6	60-80-80	32916	33333	31250	35833	33333
7	120-0-80	32916	28750	30833	31250	30937
8	120-40-80	29584	28750	30000	36250	31146
9	120-80-80	34167	30833	31666	28333	31250
10	180-0-80	35416	31250	30000	33750	32604
11	180-40-80	35416	30000	31250	32500	32291
12	180-80-80	32083	31250	30000	26667	30000
13	120-80-0	28750	29583	32500	30416	30312

Tabla de ANDEVA

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	318.0000	26.5000	0.94	0.5183
Repetición	3	306.0769	102.0256	3.63	0.0220
Error	36	1012.9230	28.1367		
Total	51	1637.0000			

Coefficiente de variación: 7.0257

Anexo 7. Resultados del ANDEVA efectuado para la variable numero de frutos totales y por categorías del tomate cv. Río Grande, en el Valle de Sebaco.

Tabla de ANDEVA numero de frutos categoría 1.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	22276.4231	1856.3686	0.91	0.5476
Repetición	3	31796.9808	10598.9936	5.19	0.0044
Error	36	73527.2692	2042.4241		
Total	51	127600.6730			

Coefficiente de variación: 23.6971

Tabla de ANDEVA numero de frutos categoría 2.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	503118.269	41926.522	2.32	0.0253
Repetición	3	1484591.846	494863.949	27.42	0.0001
Error	36	49650.6538	18045.8515		
Total	51	2637360.7692			

Coefficiente de variación: 11.4635

Tabla de ANDEVA numero de frutos categoría 3.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	27003.4230	2250.2852	2.38	0.0224
Repetición	3	44616.3653	14872.1217	15.70	0.0001
Error	36	34090.8846	946.9690		
Total	51	105710.6730			

Coefficiente de variación: 25.3716

Tabla de ANDEVA numero de frutos total.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	865372.27	72114.36	3.12	0.0041
Repetición	3	2296493.69	765497.90	33.09	0.0001
Error	36	832888.80	210791.06		
Total	51	3994754.76			

Coefficiente de variación: 10.2506

Anexo 8. Resultados del ANDEVA efectuado para la variable rendimiento total y por categorías del tomate cv. Río Grande, en el Valle de Sebaco.

Tabla de ANDEVA rendimiento categoría 1.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	59581907.2	4965158.9	0.96	0.5023
Repetición	3	64889097.4	21629699.1	4.18	0.0122
Error	36	186161504.8	5171152.9		
Total	51	310632509.4			

Coefficiente de variación: 24.5146

Tabla de ANDEVA rendimiento categoría 2.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	11742.7050	978.5588	1.52	0.1607
Repetición	3	28936.6977	9645.5659	15.02	0.0001
Error	36	23115.4273	642.0952		
Total	51	63794.8300			

Coefficiente de variación: 13.3121

Tabla de ANDEVA rendimiento categoría 3.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	140.2769	11.6897	1.47	0.1819
Repetición	3	225.4251	75.1417	9.44	0.001
Error	36	286.6723	7.9631		
Total	51	652.3744			

Coefficiente de variación: 29.7584

Tabla de ANDEVA rendimiento total.

F de V	G de L	S de C	CM	F	Fc
Tratamiento	12	19796.3681	1649.6973	2.10	0.0424
Repetición	3	40326.8637	13442.2879	17.13	0.0001
Error	36	28243.1888	784.5330		
Total	51	88366.4205			

Coefficiente de variación: 11.2617