

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



**Evaluación de Fuentes de Nitrógeno y Potasio
en Maíz (*Zea mays*) y Tomate (*Lycopersicon esculentum*)
en Tres Suelos Bajo Condiciones de Invernadero**

Trabajo de graduación presentado por
Silvia María Palma Monzón para optar al grado académico de
Licenciada en Ciencias Agrícolas

Guatemala
2005

**Evaluación de Fuentes de Nitrógeno y Potasio
en Maíz (*Zea mays*) y Tomate (*Lycopersicon esculentum*)
en Tres Suelos Bajo Condiciones de Invernadero**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

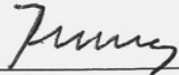


Evaluación de Fuentes de Nitrógeno y Potasio en Maíz (*Zea mays*) y Tomate (*Lycopersicum esculentum*) en Tres Suelos Bajo Condiciones de Invernadero

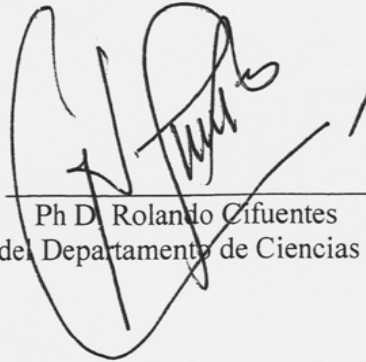
Trabajo de graduación presentado por
Silvia María Palma Monzón para optar al grado académico de
Licenciada en Ciencias Agrícolas

Guatemala
2005

Vo. Bo:

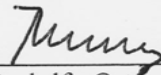


Ing. Rodolfo Ortiz Quevedo
Asesor

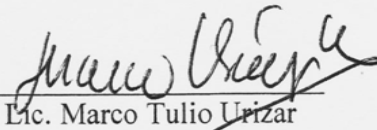


Ph D. Rolando Cifuentes
Director del Departamento de Ciencias Agrícolas

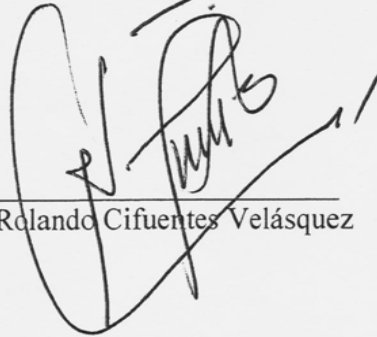
Tribunal:



Ing. Rodolfo Ortiz Quevedo



Lic. Marco Tulio Urizar



Ph D. Rolando Cifuentes Velásquez

Fecha de aprobación:
2 de noviembre de 2005 ✓

PREFACIO

Este estudio fue realizado en el invernadero de investigación de la Universidad del Valle de Guatemala, en el periodo de enero a mayo de 2005 con el interés de evaluar el impacto en la producción de biomasa y la acumulación de nutrientes en Maíz (*Zea mays*) y Tomate (*Lycopersicum esculentum*) por la aplicación de nuevas fuentes comerciales de nitrógeno y potasio, ambos elementos esenciales y requeridos en gran cantidad para el desarrollo adecuado de los cultivos.

Agradezco al Dr. Rolando Cifuentes y al Ing. Agr. Rodolfo Ortiz por su enseñanza y colaboración para la elaboración de este trabajo. Agradezco también a la Lic. Araceli Bolvito, a mis compañeros y amigos por la motivación y apoyo brindados durante toda la carrera y en esta etapa final, y a mis padres, hermanos y mis hijos por ser mi inspiración. A Dios agradezco la vida maravillosa que me ha dado.

CONTENIDO

	Página
PREFACIO	vi
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
A. El suelo y la nutrición de la planta	5
B. Características físicas y químicas de los productos usados en la evaluación de potasio	9
C. Características físicas y químicas de los productos usados en la evaluación de nitrógeno	10
V. MATERIALES Y MÉTODOS	12
A. Localización del estudio	12
B. Suelos	12
C. Cultivos y variedades	12
D. Fuentes de nitrógeno y potasio	12
E. Riego	14
F. Prácticas fitosanitarias y control de plagas	14
G. Plan experimental	15
H. Análisis	15
VI. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	16
VII. RESULTADOS	17
A. Evaluación de potasio	17
B. Evaluación de nitrógeno	30
VIII. DISCUSIÓN	41

IX.	CONCLUSIONES	45
X.	RECOMENDACIONES	46
XI.	BIBLIOGRAFÍA	47
XII.	ANEXOS	48

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Características físicas y químicas del nitrato de potasio utilizado en la evaluación de potasio	9
2. Características físicas y químicas de la urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio utilizados en la evaluación de nitrógeno	10
3. Cantidad de fertilizante utilizado en el ensayo de Potasio	13
4. Cantidad de fertilizante utilizado en el ensayo de Nitrógeno	13
5. Riego semanal de maíz y tomate para las evaluaciones de Nitrógeno y Potasio	14
6. pH y conductividad eléctrica de las soluciones aplicadas	15
7. Cronograma de actividades del estudio	16
8. Altura promedio (cm) de plantas de tomate obtenida en el suelo de Petén según la fuente de potasio	17
9. Altura promedio (cm) de plantas de maíz obtenida en el suelo de Petén según la fuente de potasio	18
10. Altura promedio (cm) de plantas de tomate obtenida en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio	18
11. Altura promedio (cm) de plantas de maíz obtenidas en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio	19
12. Promedios de peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, acumulación de K en tomate, en el suelo de Petén según la fuente de potasio	20
13. Promedios de peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración y acumulación de K en maíz, en el suelo de Petén según la fuente de potasio	22
14. Promedio de peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración y acumulación de K en tomate en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio	24
15. Promedios de peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración y acumulación de K en maíz, en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio	26
16. Resultados del análisis de varianza de la variable de peso fresco total en la evaluación de potasio	29
17. Resultados del análisis de varianza de la variable de peso seco total en la evaluación de potasio	29
18. Resultados del análisis de varianza de la variable de acumulación total de potasio en la evaluación de potasio	30
19. Altura promedio (cm) de plantas de tomate obtenidas en el suelo de Masagua según fuentes de nitrógeno	30

20.	Altura promedio (cm) de plantas de tomate obtenidas en el suelo de Masagua según fuentes de nitrógeno	31
21.	Promedios de peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración y acumulación de nitrógeno en plantas de tomate en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno	33
22.	Promedios de peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración y acumulación de nitrógeno en maíz en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno	36
23.	Resultados del análisis de varianza de la variable de peso fresco total en la evaluación de nitrógeno	39
24.	Resultados del análisis de varianza de la variable de peso seco total en la evaluación de nitrógeno	39
25.	Resultados del análisis de varianza de la variable de acumulación total de nitrógeno en la evaluación de nitrógeno	40

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura		
1.	Altura promedio de las plantas de tomate en el suelo de Petén según la fuente de potasio ..	17
2.	Altura promedio de las plantas de maíz en el suelo de Petén según la fuente de potasio	18
3.	Altura promedio de las plantas de tomate en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio	19
4.	Altura promedio de las plantas de maíz en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio	19
5.1.	Peso fresco promedio de hoja y tallo de tomate en el suelo de Petén según la fuente de potasio	21
5.2.	Peso seco promedio de hoja y tallo de tomate en el suelo de Petén según fuente de potasio	21
5.3.	Porcentaje de humedad promedio en plantas de tomate en el suelo de Petén según fuente de potasio	21
5.4.	Concentración de potasio (p/p) en plantas de tomate en el suelo de Petén según la fuente de potasio	22
5.5.	Acumulación de potasio en plantas de tomate en el suelo de Petén según la fuente de potasio	22
6.1.	Peso fresco promedio de hoja y tallo de maíz en el suelo de Petén según fuente de potasio	23
6.2.	Peso seco promedio de hoja y tallo de maíz en el suelo de Petén según fuente de potasio ...	23
6.3.	Porcentaje de humedad promedio en plantas de maíz en el suelo de Petén según fuente de potasio	23
6.4.	Concentración de Potasio (p/p) en plantas de maíz en el suelo de Petén según la fuente de potasio	24
6.5.	Acumulación de potasio en plantas de maíz en el suelo de Petén según la fuente de potasio	24
7.1.	Peso fresco promedio de hoja y tallo de tomate en el suelo de San Raymundo según fuente de potasio	25
7.2.	Peso seco promedio de hoja y tallo de tomate en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio	25
7.3.	Porcentaje de humedad en plantas de tomate en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio	25
7.4.	Concentración de potasio (p/p) en plantas de tomate en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio	26
7.5.	Acumulación de potasio en plantas de tomate en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio	26

8.1.	Peso fresco promedio de hoja y tallo de maíz en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio	27
8.2.	Peso seco promedio de hoja y tallo de maíz en el suelo de San Raymundo según fuente de potasio	27
8.3.	Porcentaje de humedad en plantas de maíz en el suelo de San Raymundo según fuente de potasio	27
8.4.	Porcentaje de humedad en plantas de maíz en el suelo de San Raymundo según fuente de potasio	28
8.5.	Acumulación de potasio en plantas de maíz en el suelo de San Raymundo según fuente de potasio	28
9.	Altura promedio de las plantas de tomate según la fuente de nitrógeno	31
10.	Altura promedio de las plantas de maíz según la fuente de nitrógeno	32
11.1.	Peso fresco promedio de hoja y tallo de tomate en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno	33
11.2.	Peso seco promedio de hoja y tallo de tomate en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno	34
11.3.	Porcentaje de humedad de las plantas de tomate en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno	34
11.4.	Concentración de nitrógeno (p/p) en plantas de tomate en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno	35
11.5.	Acumulación de nitrógeno en plantas de tomate en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno	35
12.1.	Peso fresco promedio de hoja y tallo de maíz en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno	36
12.2.	Peso seco promedio de hoja y tallo de maíz en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno	37
12.3.	Porcentaje de humedad de las plantas de maíz en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno	37
12.4.	Concentración de nitrógeno (p/p) en plantas de maíz en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno	38
12.5.	Acumulación de nitrógeno en plantas de maíz en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno	38

RESUMEN

Este estudio se llevó a cabo para evaluar el impacto de la aplicación de nuevas fuentes de Nitrógeno (N-Total) y Potasio (Pro-K) sobre la producción de biomasa y la acumulación de estos nutrientes en maíz y tomate en comparación con fuentes convencionales de estos minerales. El experimento se realizó en un invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala y se dividió en dos proyectos:

- 1) Evaluación de Potasio: Se realizó en un diseño de parcela subdividida con distribución en bloques al azar. Se utilizó 2 suelos provenientes de Petén y San Raymundo (Guatemala) y se evaluó en tomate y maíz.
- 2) Evaluación de Nitrógeno: Se realizó en un diseño de parcela dividida con distribución en bloques al azar. Se utilizó un suelo proveniente de Masagua (Escuintla) y se evaluó en tomate y maíz.

En ambos ensayos se utilizó tres repeticiones y el período de cultivo fue de 73 días (11 semanas). En la evaluación de potasio se incluyó dos fertilizantes convencionales (nitrato de potasio soluble y granulado) y dos nuevas fuentes líquidas de potasio (Pro-K A y Pro-K B). En la evaluación de nitrógeno se incluyó tres fertilizantes convencionales (urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio) y dos nuevas fuentes de nitrógeno solubles en agua (N-Total A y N-Total B). En cada evaluación se agregó además un último tratamiento sin fertilizante. Los cultivos se regaron manualmente y se aplicó Ridomil® y Sevin® para el control de plagas. Se realizaron análisis de los suelos originales y de algunos tratamientos al final del estudio.

Las variables de respuesta que se midieron en ambas evaluaciones fueron peso fresco total, peso seco total y la acumulación total de nitrógeno (para la evaluación de N) y de potasio (para la evaluación de K). También se observó la apariencia de las plantas durante el período completo de cultivo y se hizo la medición de la altura de las plantas para su análisis junto con las otras características. Se realizó un análisis de varianza de las variables de respuesta utilizando el paquete MSTATC. Los resultados de dicho análisis para la evaluación de potasio comprobaron que el efecto de la aplicación del fertilizante Pro-K en diferentes suelos fue determinante en la producción de biomasa en maíz y tomate y en la acumulación de potasio en estos cultivos y que fue diferente al efecto de la aplicación de las fuentes convencionales de potasio. También, en la evaluación de nitrógeno, el efecto de la aplicación de N-Total sobre la producción de biomasa y la acumulación de nitrógeno en maíz y tomate fue diferente en comparación con la aplicación de las fuentes convencionales de nitrógeno.

En general, en la evaluación de potasio, las plantas de maíz y tomate fertilizadas con Pro-K B, nitrato de potasio soluble y granulado presentaron mayor peso fresco y seco y mayor acumulación de potasio a diferencia de las fertilizadas con Pro-K A. En la evaluación de nitrógeno, en la mayoría de los casos se presenta un mayor peso fresco y seco y mayor acumulación de nitrógeno en las plantas fertilizadas con N-Total A y urea. Por el contrario, las plantas tratadas con N-Total B se comportaron similares al tratamiento sin fertilizante.

I. INTRODUCCIÓN

El nitrógeno y el potasio son dos de los elementos esenciales requeridos en mayor cantidad para el desarrollo de los cultivos. Debido a que la mayoría de suelos no provee las cantidades necesarias para una buena producción y mucho menos un cultivo continuado por varios ciclos, la aplicación de fertilizantes convencionales es una práctica común y necesaria para una agricultura rentable. Como resultado de la intensificación de la agricultura y el consiguiente deterioro de los suelos, la respuesta agroindustrial ha sido la producción de fertilizantes líquidos, los que constituyen una fuente de nutrientes eficazmente accesibles a las plantas (FAO, http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/y5210s/5210s07.htm).

El nitrógeno es el nutriente más común y ampliamente aplicado por medio de los fertilizantes. Es producido principalmente como NH_3 y puede ser aplicado en una gran variedad de fertilizantes líquidos y sólidos procesados. El fertilizante nitrogenado sólido más popular es la urea, los productos nitrogenados más dominantes en el mercado internacional son la urea y el amonio anhidro (Hauck, 1984).

Los datos más recientes de consumo y producción de fertilizantes nitrogenados no están registrados pero es interesante mencionar que en 1985 se estimaba un consumo total mundial de nitrógeno de 31.8 millones de toneladas para 1970 y creció a 60.3 millones de toneladas para el año 1980 (FAO), lo que hace una tasa de crecimiento promedio del 7% al año, y el consumo en 1985 de 73.1 millones de toneladas. La producción se mantuvo levemente sobre el nivel de consumo en estos años. (Hauck, 1984). UNIDO (United Nations Industrial Development Organization) desarrolló en 1980 una proyección estimada para el año 2000 de la demanda de nitrógeno en 111 millones de toneladas (UNIDO, 1980).

Por otro lado, la mayoría del potasio es consumido como KCl en la manufactura de fertilizantes granulados. Se espera que la demanda de materiales granulados de potasio para usarlos en mezclas físicas y para la aplicación directa a los cultivos crezca porque estos métodos están ampliando su popularidad, al igual que los fertilizantes líquidos de potasio. Estos últimos representaban para 1985 alrededor de 4.5 millones de toneladas de productos en circulación del mercado y una cantidad significativa de potasio se utiliza en su producción y es debido a su facilidad de manejo y uniformidad en su aplicación, que los fertilizantes líquidos seguirán teniendo una alta tasa de crecimiento (Munson, 1985).

En las regiones tropical y subtropical se utiliza mucho más el nitrógeno que el fósforo y el potasio en la adición de fertilizantes, aunque el fósforo es a veces aplicado en mayores cantidades, como en Brasil. El uso actual de los fertilizantes puede mostrar una agricultura en desarrollo que todavía es muy inmadura. No solamente el potasio, sino también los otros dos elementos, deben ser usados en mayores tasas para ayudar a estas regiones a elevar la producción de fibras y alimentos a niveles compatibles con el crecimiento poblacional. Así como se intensifique en el futuro la producción agrícola, la proporción del potasio en los programas de fertilización se elevarán (Munson, 1985).

El sector de los fertilizantes está ahora en su mayor estado de cambios ya que los países están siendo obligados a producir sus propias fuentes de fertilizantes debido al crecimiento poblacional en los países en vías de desarrollo, a la necesidad de alimentar a esta población, al alto y cambiante costo energético y de los materiales fertilizantes, al cambio en la mentalidad ambientalista y las modificaciones en el manejo de la agricultura moderna.

La aplicación del potasio junto con el nitrógeno vía agua de riego, es una práctica bastante utilizada en la agricultura moderna, esto debido a que presentan una alta solubilidad. El nitrógeno es el

elemento más frecuentemente aplicado vía agua de riego debido a su alta movilidad en el suelo, por tanto, también existe un alto potencial de pérdida por lixiviación como nitrato (NO_3^-). El potasio es menos móvil que el nitrato y su distribución en el suelo puede ser más uniforme ya que se distribuye lateralmente y en profundidad simétricamente (Sánchez, J., http://www.fertitec.com/informaciones/fer_prind_fac_apl.htm#up).

La eficiencia de los fertilizantes y la respuesta de los rendimientos en un suelo particular puede fácilmente ser analizada agregando diferentes cantidades de fertilizantes en parcelas adyacentes, midiendo y comparando los rendimientos de los cultivos consecuentemente. Estos cálculos proveen una herramienta para ofrecer a los agricultores las mejores recomendaciones económicas posibles para el uso de fertilizantes (FAO e IFA, 2002).

II. OBJETIVOS

A. GENERAL

Evaluar diferentes productos para el manejo de la nutrición de maíz y tomate en tres tipos de suelo diferentes bajo condiciones de invernadero.

B. ESPECÍFICOS

1. Evaluar el efecto de la aplicación de Pro-K, en diferentes suelos, sobre la producción de biomasa y acumulación de potasio en maíz y tomate en comparación con las fuentes convencionales.
2. Evaluar el efecto de la aplicación de N-Total sobre la producción de biomasa y la acumulación de nitrógeno en maíz y tomate en comparación con las fuentes convencionales.

III. HIPÓTESIS

Al aplicar diferentes fertilizantes como fuente de nitrógeno y potasio en plantas de Maíz y Tomate en tres diferentes tipos de suelo, no presentan diferenciación estadísticamente significativa en la producción de biomasa y acumulación de nitrógeno y potasio.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

A. El suelo y la nutrición de la planta

Todo ser viviente crece y se reproduce en respuesta a la interacción dinámica de diferentes factores en su medio ambiente. Las máximas cosechas se obtienen sólo cuando las plantas poseen completamente los medios esenciales para la vida. Los medios para desarrollar la eficiencia biológica óptima incluye los siguientes factores (Follett, Murphy y Donahue, 1981):

- Temperaturas favorables del suelo y el aire.
- Disponibilidad óptima del agua y aire del suelo.
- Luz adecuada como fuente de energía para las plantas clorofílicas para la fotosíntesis.
- Los elementos esenciales para una adecuada nutrición de las plantas, disponibles en momento necesario y suplementados en proporciones adecuadas (Follett, Murphy y Donahue, 1981).

Cuando los elementos esenciales para una adecuada nutrición de la planta y producción económica se encuentran desbalanceados y poco disponibles en el suelo, es necesario la adición de fertilizantes y enmiendas (Follett, Murphy y Donahue, 1981). Con el fin de ajustar lo mejor posible un programa de fertilización en el terreno de cultivo, es primordial conocer la proporción en que los elementos nutritivos se encuentran en el suelo. De ahí la importancia que tiene poseer un análisis de los principales componentes del suelo en el manejo de un cultivo (Maroto, 2000).

Las determinaciones analíticas más frecuentes e importantes en los suelos, además de la textura y estructura, son el pH, la materia orgánica, la capacidad de cambio de cationes y las relacionadas con la riqueza en los elementos nutritivos (Primo y Carrasco, 1973).

El análisis mecánico de suelos tiene como primer objeto la determinación de la textura de los mismos, es decir la distribución por tamaños de las partículas aisladas que los forman y el porcentaje en el que se encuentran las distintas fracciones: arcilla, limo y arena. La determinación de la estabilidad estructural es una evaluación de la resistencia de los diversos agregados de partículas a la acción disgregante de agentes exteriores (Primo y Carrasco, 1973).

1. pH del suelo. Aunque en términos generales la mayor parte de las hortalizas se desarrollan mejor para valores del pH ligeramente ácidos del suelo, la mayor o menor disponibilidad de un nutriente existente en el suelo, por parte de la planta, también está determinada por el valor del pH del terreno. Los intervalos óptimos de pH para la absorción de nitrógeno es de 6.0 a 8.0 y para potasio es de 6.0 a 8.5 (Maroto, 2000).

Cuando un cultivo está siendo afectado por la acidez del suelo es necesario el encalado del suelo para lograr mejores producciones agrícolas. La práctica del encalado es muy antigua y bien conocida por los agricultores y con mucha frecuencia se realiza de una forma totalmente empírica, pero para calcular con mayor exactitud las necesidades de cal de los suelos ácidos es necesario disponer de métodos analíticos adecuados (Primo y Carrasco, 1973).

2. Materia orgánica del suelo. La materia orgánica de los suelos influye decisivamente en sus propiedades físicas y químicas, su determinación es de importancia primordial para la evaluación de la fertilidad (Primo y Carrasco, 1973).

3. Capacidad de intercambio catiónico del suelo. Se llama capacidad de cambio catiónico de un suelo a la cantidad de cationes que pueden situarse en sus posiciones de intercambio, expresada en miniequivalentes por 100 g de suelo. Esta característica del suelo depende de su composición química, fundamentalmente de las arcillas y de la materia orgánica. Su interés reside en que es el factor que determina la posibilidad de retener un depósito de cationes nutritivos, susceptibles de ser cedidos a la solución salina del suelo a medida que son sustraídos de ésta por la planta (Primo y Carrasco, 1973).

4. Salinidad del suelo. A la salinidad de un suelo contribuye el conjunto de todas las sales solubles contenidas en el mismo y está relacionada con la conductividad y con la presión osmótica. Una salinidad excesiva es un factor limitante para el desarrollo de los cultivos; por una parte, a presencia de una gran cantidad de sales puede originar una presión osmótica excesiva en la solución del suelo; por otra parte, alguna de las sales puede resultar fitotóxica a esas concentraciones y, si son alcalinas, conferirán propiedades físicas inadecuadas a los suelos (Primo y Carrasco, 1973).

5. Nitrógeno y su función en la planta. El nitrógeno es un elemento fundamental para conseguir un adecuado desarrollo de cualquier cultivo hortícola; sin embargo, un exceso puede inducir un desarrollo demasiado exuberante y una mayor susceptibilidad a determinadas enfermedades criptogámicas, como *Botrytis*, en numerosas hortalizas. En términos generales se admite que un contenido normal en nitrógeno se establece entre niveles de 0.75 y 0.5 gramos de nitrógeno total por kilogramo de suelo en función de que sea menos o más arcilloso (Maroto, 2000).

La mejor forma de regular el contenido en nitrógeno de los suelos es la de aportar abonos nitrogenados. Como abonado de fondo suelen utilizarse los orgánicos, ureicos o amoniacales, mientras que en cobertura se utilizan en forma nítrica. En fertirrigación debe emplearse abonos solubles. El nitrógeno es tomado por las plantas principalmente en su forma nítrica, lo que ocurre en condiciones naturales a través de la nitrificación de la materia orgánica, posteriormente a su amonificación, a través de la acción de distintos mohos y bacterias aerobia (Maroto, 2000).

Los fertilizantes nitrogenados sólidos más comúnmente utilizados son la urea, el nitrato de amonio y el sulfato de amonio. El sulfato de amonio es producido frecuentemente como un subproducto en las industrias químicas, de fibras y metales (Hauck, 1984)

En maíz (*Zea mays* L.) se han reportado diferencias en los patrones de la acumulación de nitrógeno en diferentes etapas del cultivo. Los nitratos se acumulan principalmente en los internudos más bajos del tallo, llevándose a cabo la acumulación máxima en alrededor de 85 días después de la siembra. La acumulación de nitrógeno amino libre es mayor en las hojas que en el tallo, y su punto máximo de acumulación en las hojas es entre los días 50 y 70 después de la siembra, y se observa un descenso después de este punto. El nitrógeno total por planta incrementa durante los 100 días después de la siembra, el incremento de nitrógeno en los granos ocurre mayormente a expensas del nitrógeno acumulado en las hojas durante la última etapa de cultivo o etapa de llenado del fruto, lo que indica una removilización del nitrógeno de las hojas a las mazorcas (Hauck, 1984).

En general, las plantas suplementadas con NH_4^+ presentan una concentración de nitrógeno total y componentes nitrogenados más alta (especialmente NH_4^+ libre, aminoácidos y amidas) que las plantas que crecen con niveles similares de NO_3^- . La mayoría de las evaluaciones reportadas indican que el NH_4^+

absorbido es rápidamente convertido a aminoácidos y amidas, lo que aparentemente ocurre en las raíces (Hauck, 1984).

En relación a la nutrición de la planta con NO_3^- , la nutrición con NH_4^+ requiere menos energía para la planta (162,000 cal/mole) en tejidos no clorofílicos y órganos; sin embargo, en órganos con clorofila (principalmente las hojas), la asimilación del NO_3^- no es más costosa. Además, se puede listar otras ventajas de la nutrición con NO_3^- sobre el NH_4^+ ; por ejemplo, el NO_3^- en sí no es tóxico y puede ser almacenado por la planta para su uso en el futuro en varios órganos, la asimilación de NO_3^- es coordinada y regulada por el metabolismo del carbono, lo cual asegura un adecuado suplemento de cadenas de carbono para la producción de aminoácidos (Hauck, 1984).

La conclusión de estas anotaciones es que tanto NO_3^- como NH_4^+ , en las cantidades adecuadas, son fuentes útiles para el crecimiento de la planta y su productividad.

6. Potasio y su función en la planta. El potasio influye de forma importante en el estado hídrico de las plantas, proporciona turgencia a las células, y forma parte de numerosas enzimas. En muchas hortalizas aprovechables por sus frutos, el abonado potásico se asocia con la calidad de éstos, por la consistencia que induce, y en algunos casos incluso con la composición química de los mismos. También se relaciona con una mayor resistencia a las bajas temperaturas y a las enfermedades criptogámicas (Maroto, 2000)

La respuesta del tomate a las aplicaciones de potasio puede ser observada en varias características de su desarrollo agronómico y mercadeo. El potasio influye en la durabilidad de la vida de anaquel del tomate, en la maduración del fruto y la concentración de potasio en el jugo. Una nutrición de la planta deficiente en potasio induce a la caída del fruto, a la caída de las hojas y a las manchas de escaldaduras de sol (Munson, 1985).

La mayor parte del potasio contenido en los suelos se encuentra formando minerales como las micas y feldespatos, y sólo una pequeña parte se encuentra en forma intercambiable o como sales solubles. Mientras el contenido en potasio total de los suelos es del orden del 1 al 2%, el contenido de potasio intercambiable suele oscilar entre 50 y 1000 ppm, y el contenido en potasio soluble en agua suele ser de 1 a 50 ppm (Primo y Carrasco, 1973).

El contenido en potasio total de los suelos está poco relacionado con el suministro de este elemento a las plantas, que depende más directamente del contenido en potasio asimilable. Por ello, este último constituye la única fracción con verdadero interés agronómico y es el que se analiza más frecuentemente. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en los suelos existe un equilibrio entre las distintas formas de potasio, pasando lentamente a formas asimilables el potasio no intercambiable (Primo y Carrasco, 1973).

Por otra parte, la fijación del potasio se facilita por el estrechamiento de los espacios intercambiables que se produce cuando dicho ion metálico pasa a formar parte de silicatos laminares como la vermiculita, con lo cual se dificulta el intercambio (Primo y Carrasco, 1973).

Como término medio, se admite que un contenido normal en suelo en potasio intercambiable esté comprendido entre 0.15 y 0.30 gramos de K_2O por kg de suelo (Gros, 1981).

Aunque es frecuente que la fertilización potásica se aporte preferentemente como abonado de fondo, en los cultivos hortícolas también es usual la aportación de fertilizantes potásicos en cobertera, y fraccionalmente con abonos solubles en fertirrigación. En cultivos como el tomate es conveniente en su manejo el control continuado del índice N/K (Maroto, 2000).

7. Interacción de nitrógeno y potasio. La interacción de los tres macronutrientes (N, P y K) ha sido ampliamente estudiada. Estos estudios reportan que N y K son requeridos en grandes cantidades por la mayoría de los cultivos y que el potasio tiene una gran importancia en la eficiente utilización del nitrógeno y, generalmente, mientras uno de los dos es absorbido en grandes cantidades, el otro es absorbido también y utilizado por la planta si la disponibilidad de los elementos es adecuada. Sin embargo, la forma en la que el nitrógeno se encuentre mayormente disponible (NO_3^- o NH_4^+) ejerce un significativo impacto en el comportamiento de la interacción N-K, resultando en cambios en las interacciones de otros iones absorbidos por la planta, especialmente calcio y magnesio. Esto puede ser causa de incrementos o descensos de la producción del cultivo y de problemas de deficiencia observados en las plantas (Munson, 1985).

8. Otros elementos importantes en la nutrición de la planta. El contenido de calcio, magnesio, hierro y manganeso de los suelos es otro de los valores a determinar cuándo se quiere conocer el grado de fertilidad de un terreno, así como de otros elementos, pero sólo se mencionará la importancia de estos en esta sección por ser los elementos que actúan con cierta relevancia en la absorción o asimilación del nitrógeno y potasio (elementos base de los fertilizantes en evaluación) o porque su rol dentro de las plantas puede influenciar en la evaluación.

9. Calcio. La importancia de la determinación del calcio en el suelo es debida a que los cultivos sufren trastornos en su desarrollo cuando los contenidos de calcio en los suelos son muy altos o muy bajos. Cuando son altos pueden producir la inmovilización de algunos elementos en el suelo (por estar el calcio en forma de carbonatos y conferir al suelo un pH relativamente alto, con lo que precipitan dichos elementos), o pueden interferir en la asimilación de elementos como el hierro. Cuando los contenidos en calcio son bajos las plantas se ven afectadas por esta deficiencia. Generalmente se considera que para el buen desarrollo de los cultivos, especialmente de los frutales, el contenido en calcio activo del suelo debe ser del 10 al 160 por 1000 (Primo y Carrasco, 1973).

10. Magnesio. El magnesio es un elemento esencial para las plantas, formando parte de la molécula de clorofila. La deficiencia de magnesio provoca, en las plantas, una disminución de xantofilas y carotenos, además de la clorosis debida a la falta de clorofila. El magnesio interviene, además, en el transporte de sustancias característico del metabolismo vegetal y en actividad de varias enzimas catalizadoras del metabolismo de los hidratos de carbono. Como en otros casos, del magnesio total contenido en los suelos, la única fracción que tiene un verdadero interés es el magnesio asimilable, pues el resto difícilmente interviene en la nutrición de las plantas. La influencia de esta fracción de magnesio en los suelos sobre los cultivos está relacionada con el contenido en calcio asimilable del suelo; de forma que, si el contenido de calcio asimilable es bajo, puede considerarse como normales los contenidos comprendidos entre 240 y 300 Kg/Ha de Mg asimilable; si el contenido en calcio asimilable tiene un valor medio (o normal) se suele considerar como adecuados los contenidos comprendidos entre 540 y 600 Kg/Ha de Mg asimilable, y si el contenido de calcio asimilable es alto, el contenido en magnesio asimilable debe ser de unos 750 Kg/Ha, aproximadamente (Primo y Carrasco, 1973).

11. Interacción de calcio, magnesio y potasio. El calcio, magnesio y potasio son los cationes dominantes en la nutrición de la planta, y el nivel y disponibilidad en que se encuentren son determinantes en gran medida en el mantenimiento del balance iónico de todos los cationes dentro de la planta. Estudios han demostrado que grandes cantidades de potasio reducen dramáticamente la absorción de magnesio, mientras que grandes cantidades de magnesio reducen la absorción de potasio pero solamente en una pequeña proporción. Lo que indica que existe una competencia de “una vía” entre potasio y magnesio. Otros estudios sugieren que el antagonismo entre potasio y magnesio está relacionado al balance iónico más que a un efecto de competencia de absorción, donde se observó que la

producción disminuyó drásticamente con bajos niveles de potasio aportados que favoreció la absorción de magnesio y calcio, a diferencia de la alta producción que obtuvo la parte del cultivo fertilizada con grandes cantidades de potasio (Munson, 1985).

En la relación entre potasio y calcio es de especial interés un fenómeno llamado “efecto de Viets”, que describe que altas concentraciones de calcio en la solución del suelo propician la absorción de potasio o reducen la pérdida de iones K^+ , dando como resultado un crecimiento en la concentración de potasio en los tejidos. También es importante mencionar que la adición de potasio reduce la concentración de calcio y magnesio (Munson, 1985).

12. Hierro. El hierro es un elemento esencial para las plantas y su deficiencia en el suelo puede originar la clorosis de las hojas, debida a una deficiente formación de clorofila que impide el normal desarrollo de los cultivos. En las células vivas la mayor parte del hierro se encuentra en forma de porfirinas, formando parte de muchas enzimas; en especial está asociado a la citocromo-oxidasa, que regula la respiración de las plantas. Generalmente se consideran “normales” los contenidos superiores a los 700 Kg/Ha de hierro asimilable; bajos, los comprendidos entre 700 y 200 Kg/Ha, y deficientes, los inferiores a unos 180-200 Kg/Ha de hierro asimilable (Primo y Carrasco, 1973).

13. Manganeso. El manganeso interviene en los mecanismos de asimilación del nitrógeno por las plantas y actúa de activador de muchas enzimas, especialmente de aquéllas que catalizan las reacciones de oxidación-reducción, descarboxilación e hidrólisis. Cuando las plantas sufren una deficiencia de manganeso, su actividad fotosintética disminuye. Por otra parte, la presencia de un exceso de manganeso origina en las plantas un desequilibrio nutritivo, que se manifiesta por la inducción de los síntomas de la deficiencia de hierro. Generalmente se considera que los suelos que contienen entre 10 y 25 Kg/Ha de manganeso asimilable poseen contenidos normales de este elemento; a los suelos que contienen menos de 10 Kg/Ha de manganeso asimilable se les suele considerar “pobres” en este elemento, y los contenidos superiores a 25 Kg/Ha suelen considerarse altos, porque pueden presentarse dificultades en el desarrollo de los cultivos si los suelos son pobres en calcio y hierro (Primo y Carrasco, 1973).

14. Interacción entre potasio y micronutrientes. Se han reportado muchas interacciones entre potasio y micronutrientes. Algunas de estas interacciones (B, Fe y Mo) representan una disminución de la absorción del micronutriente con la adición de potasio. Otras (Cu, Mn y Zn), muestran un incremento de la utilización de micronutriente con la adición de potasio (Munson, 1985).

B. Características físicas y químicas de los productos usados en la evaluación de potasio

1. Pro-K A. Es un líquido cristalino, inodoro, salobre ligeramente acidulado (Fuente: proveedor del producto). El análisis químico cuantitativo del producto reportó que contiene potasio en un $14 \pm 1.5\%$, $2 \pm 0.8\%$ de N-total, $2 \pm 1\%$ de N nítrico, $1 \pm 1\%$ de sodio, carbonatos, carbonos oxidables, un pH de 11 ± 0.5 y una gravedad específica de 1.180 ± 0.004 (Fuente: proveedor del producto).

También reportó que no contiene nitrógeno ureico ni amoniacal, cloro, azufre, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos. P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, B (Fuente: proveedor del producto).

2. Pro-K B. Este producto es similar físicamente al Pro-K A ya que fue de éste que se partió para fabricar el Pro-K B. La fórmula del producto es 4 - 0 - 14, a base de urea al 46% y KCl al 60% de K (Fuente: proveedor del producto).

El siguiente cuadro muestra las características físicas y químicas del nitrato de potasio soluble y granulado.

Cuadro 1: Características físicas y químicas del nitrato de potasio utilizado en la evaluación de potasio.

CARACTERÍSTICA	NITRATO DE POTASIO GRANULADO	NITRATO DE POTASIO SOLUBLE
Nutrientes principales	N total: 13.5% N nítrico (NO ₃ ⁻): 13.5% Potasio (K ₂ O): 44%	
Fórmula química	KNO ₃	
Peso molecular (g/mol)	101.1	
Color y forma	Blanco granular	Polvo blanco
Densidad (Kg/m ³)	2110 (grado técnico)	
Solubilidad	35g/100ml de agua	
Humedad crítica relativa (a 30°C)	91%	
Acidez equivalente a carbonato de calcio (partes de carbonato de calcio necesarias para neutralizar el efecto acidificante de 100 partes de fertilizante)	0	
Índice de salinidad	40.2	
Compatibilidad	Compatible con la mayoría de fertilizantes. Su humedad crítica relativa (30%) se reduce en mezclas con nitrato de calcio (31%), nitrato de amonio (60%), nitrato de sodio y urea (65%).	
Comportamiento en el suelo	Aporta 2 elementos esenciales en la nutrición de la planta: N de alta y rápida disponibilidad, y potasio. Sal neutra, no altera el pH del suelo.	
Observaciones	Es una fuente de potasio libre de cloro, que puede aplicarse en todos los suelos y en todos los cultivos.	

(Fuente: Guerrero, “Manual Técnico de los Fertilizantes Sólidos”)

C. Características físicas y químicas de los productos usados en la evaluación de nitrógeno

1. N-Total A. Es un polvo café muy claro atribuible al sulfato de amonio que contiene, con aglomerados o gránulos de urea, sulfato de amonio y algún carbonato, con saber a bicarbonato (según el proveedor del producto). El análisis químico cuantitativo presentó un contenido de N total de $38 \pm 2\%$, $37 \pm 1\%$ de N ureico, $1.5 \pm 0.5\%$ de N amoniacal, $3.3 \pm 0.9\%$ de sodio, $2.7 \pm 0.4\%$ de azufre, carbonatos, carbonos oxidables, y un pH de 9.5 ± 0.5 . También reportó que no contiene ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, P, K, Ca, Mg, Cl, Cu, Fe, Mn, Zn, B (Fuente: proveedor del producto).

2. N-Total B. Las características físicas son similares al N-Total A, ya que de éste se fabricó el producto N-Total B. La fórmula es $4 - 0 - 0$, a base de 80% de urea, 10% de sulfato de amonio y 10% de carbonato de sodio (Fuente: proveedor del producto).

En el siguiente cuadro se enumeran las características físicas y químicas de la urea, el nitrato de amonio y el sulfato de amonio.

Cuadro 2: Características físicas y químicas de la urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio utilizados en la evaluación de nitrógeno.

CARACTERÍSTICA	UREA	NITRATO DE AMONIO	SULFATO DE AMONIO
Nutrientes principales	N total: 46% N ureico: 46%	N total: 33.5% N amoniacal (NH ₄ ⁺): 16.6% N nítrico (NO ₃ ⁻): 16.9%	N total: 21% N amoniacal: 21% Azufre: 24%
Fórmula química	(NH ₂) ₂ CO	NH ₄ NO ₃	(NH ₄) ₂ SO ₄
Peso molecular (g/mol)	60.06	80.04	132.14
Color y forma	Blanco, gránulos esféricos	Blanco, polvo fino	Sólido cristalino blanco, a veces con un tono ligeramente amarillo
Densidad (Kg/m ³)	768	1725	962
Solubilidad	100g/100ml de agua	200g/100ml de agua (20°C)	76g/100ml de agua (25°C)
Humedad crítica relativa (a 30°C)	73%	59%	79%
Acidez equivalente a carbonato de calcio (partes de carbonato de calcio necesarias para neutralizar el efecto acidificante de 100 partes de fertilizante)	84	63	112
Índice de salinidad	75.4	104.7	69
Compatibilidad	Compatible con la mayoría de fertilizantes. Compatibilidad limitada con TSP y superfosfato sencillo. Incompatible con nitrato de amonio.	Compatible con la mayoría de fertilizantes, excepto la urea, ya que la mezcla tiene una unidad crítica relativa de 18.	Compatible con la mayoría de fertilizantes.
Comportamiento en el suelo	Reacción ácida. La falta de agua puede producir pérdida de amoníaco por volatilización mayormente en suelos alcalinos. En suelos ligeramente ácidos su nitrificación es más rápida.	El nitrógeno amoniacal presenta una disponibilidad moderada y el nítrico, inmediata. En presencia de sales alcalinas, el nitrato de amonio libera fácilmente su amoníaco, ocasionando pérdidas de N por volatilización	Altamente acidificante del suelo debido al amonio, libera fácilmente amoníaco en el suelo en presencia de sales alcalinas. Evitar mezclar con cal para reducir las pérdidas de N.
Observaciones		Puede mezclarse con la mayoría de fertilizantes, excepto con productos alcalinos y cianamida cálcica. Explosivo.	No mezclar con herbicidas a base de clorato pues hay peligro de explosión.

(Fuente: Guerrero, “Manual Técnico de los Fertilizantes Sólidos”)

V. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Localización del estudio

El estudio se llevó a cabo en un invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala, a una elevación de 1,500 msnm. Se utilizarán macetas plásticas con una capacidad de 3.6 litros.

B. Suelos

Los suelos utilizados se analizaron en un laboratorio comercial para conocer sus niveles de nutrientes. Los análisis se presentan en los Cuadros 27, 28 y 29 en la sección de Anexos.

1. **Evaluación de Potasio:** Para esta evaluación se utilizaron dos suelos, uno proveniente de El Petén y otro de San Raymundo, Guatemala.
2. **Evaluación de Nitrógeno:** Se utilizó únicamente un suelo colectado en Masagua, Escuintla.

La cantidad de suelo secado al aire utilizado con cada maceta fue:

Suelo de Masagua: 3,610 gramos / maceta

Suelo de Petén: 3,744 gramos / maceta

Suelo de San Raymundo: 4,206 gramos / maceta

C. Cultivos y variedades

1. **Maíz:** Se utilizó semilla de la variedad HB 83. Esta variedad es un híbrido mejorado genéticamente, que tiene un rendimiento 20% mayor al de otras variedades y resiste mejor las condiciones climáticas, como los vientos fuertes, especialmente en la zona nororiental y suroccidental del país. Además es resistente a determinadas plagas (ICTA, 2004).

En la siembra se colocó tres semillas por maceta y, al germinar en la segunda semana, se eliminó una plántula en las que fue necesario para dejar solamente dos plantas por maceta.

2. **Tomate:** Se utilizaron pilones de la variedad Silverado de tipo arbustivo. Se sembró un pilón por maceta.

D. Fuentes de nitrógeno y potasio

La aplicación de los tratamientos, tanto en el estudio de Potasio como en el de Nitrógeno, se calcularon a partir de un volumen de suelo de 3.6 litros por maceta y un requerimiento de N - P₂O₅ - K₂O de 70 – 34.5 – 77.5 Kg/Ha para 8 semanas de cultivo de maíz y tomate. Además de los tratamientos, que se aplicaron semanalmente, para completar el requerimiento nutricional de las plantas se hizo una aplicación inicial de TSP, NH₄NO₃ y nitrato de potasio según el tratamiento. En ambos estudios se incluyó un último tratamiento testigo sin ninguna aplicación de fertilizante.

La descripción de las características físicas y químicas de los productos utilizados en los tratamientos se presenta en la revisión de literatura.

1. **Potasio:** En la evaluación de potasio se incluyeron 2 fuentes convencionales (Nitrato de Potasio soluble y granulado) y dos nuevas fuentes líquidas de potasio: Pro-K A y Pro-K B. El siguiente cuadro presenta la cantidad de fertilizante aplicada en los tratamientos a las plantas de tomate y maíz en los suelos de Petén y San Raymundo.

Cuadro 3: Cantidad de fertilizante utilizado en el ensayo de Potasio

Tratamiento	Código	Aplicación semanal (ml de solución)	Aplicación única		2 aplicaciones
			Nitrato de K 13-0-44 (g/maceta)	TSP 0-46-0 (g/maceta)	NH ₄ NO ₃ (N complementario) (g/maceta/mes)
Pro-K A	T1	20 ¹	0	0.44	0.65
Pro-K B	T2	20 ¹	0	0.44	0.65
Nitrato de potasio soluble	T3	20 ²	0	0.44	0.65
Nitrato de potasio granulado (convencional) ⁴	T4	20 ³	0.27	0.44	0.57
Sin fertilizante	T5	0	0	0	0

Soluciones patrón:

- (1.1.) **Tratamientos 1 y 2:** Se tomó 1 ml del producto y se diluyó para formar 1 litro de solución. Luego se tomó lo indicado.
- (1.2.) **Tratamiento 3:** Se pesó 6.36g de nitrato de potasio y se mezcló con agua. Luego se adicionó 2.13g de nitrato de amonio, se mezcló y se llevó a un volumen de 100ml. Luego se tomó 5 ml y se formó un nuevo litro de solución. Luego se tomó lo indicado.
- (1.3.) **Tratamiento 4:** Se hizo una única solución de 1000ml con 5g de nitrato de potasio (813 – 0 – 44) soluble. Luego se tomó lo indicado.
- (1.4.) **Tratamiento 4:** 75% se aplicó con el riego utilizado 13 – 0 – 44 (soluble) y el 25% como granulado al suelo utilizando 13 – 0 – 44.

2. **Nitrógeno:** En la evaluación de nitrógeno se incluyeron tres fuentes convencionales (urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio) y dos nuevas fuentes de nitrógeno (polvo soluble en agua) bajo el nombre de N-Total A y N-Total B. El siguiente cuadro presenta la cantidad de fertilizante aplicada en los tratamientos.

Cuadro 4: Cantidad de fertilizante utilizado en el ensayo de Nitrógeno

Tratamiento	Código	Aplicación semanal	Aplicación única	2 aplicaciones
		ml solución	TSP ₀₋₄₆₋₀ (g/maceta)	Nitrato de K ₁₃₋₀₋₄₄ (g/maceta)
N-Total A 100% dosis	t1	20 ¹	0.44	0.54
N-Total B 100% dosis	t2	20 ¹	0.44	0.54
N-Total A 50% dosis	t3	10 ¹	0.44	0.54
N-Total B 50% dosis	t4	10 ¹	0.44	0.54
N-Total A 25% dosis	t5	5 ¹	0.44	0.54
N-Total B 25% dosis	t6	5 ¹	0.44	0.54
Urea 100% dosis	t7	20 ²	0.44	0.54
Nitrato de Amonio 100% dosis	t8	20 ³	0.44	0.54
Sulfato de Amonio 100% dosis	t9	20 ⁴	0.44	0.54
Sin fertilizante	t10	0	0	0

Soluciones patrón:

- (2.1.) **Tratamientos 1, 2, 3, 4, 5 y 6:** Se formó la solución de los productos A y B con 4.7g de N total y se llevó a 1 litro. Luego se tomó el volumen indicado.
- (2.2.) **Tratamiento 7:** Se formó la solución de urea con 4g de urea y se llevó a 1 litro. Luego se tomó el volumen indicado.
- (2.3.) **Tratamiento 8:** Se formó la solución con 5.55 g de nitrato de amonio y se llevó a 1 litro. Luego se tomó el volumen indicado.
- (2.4.) **Tratamiento 9:** Se formó la solución con 8.75g de sulfato de amonio y se llevó a 1 litro. Luego se tomó el volumen indicado.

E. Riego

Se aplicó riego cada día o dos días según la necesidad de los cultivos observada. La cantidad de agua aplicada semanalmente fue mayor en el suelo de Petén que en los suelos de San Raymundo y Masagua. También el cultivo del tomate en ambas evaluaciones tuvo mayor demanda de agua que el maíz. El riego se midió cada vez y en el cuadro siguiente se presentan los datos.

Cuadro 5: Riego semanal de maíz y tomate para las evaluaciones de Nitrógeno y Potasio

Semana	Características del riego	Cantidad de agua (ml)
1	Saturación inicial del agua: Petén San Raymundo Masagua	700 1,700 1,500
2	Suelo Petén Suelos Masagua y San Raymundo	800 300
3	Todas las macetas	300
4	Todas las macetas	800
5	Todas las macetas	500
6	Todas las macetas	1,300
7	Tomate para todos los suelos Maíz para todos los suelos	1,300 600
8	Tomate para todos los suelos Maíz para todos los suelos	1,400 900
9	Tomate para todos los suelos Maíz para todos los suelos	2,000 1,400
10	Tomate para todos los suelos Maíz para todos los suelos	1,900 1,400
11	Semana de cosecha: Tomate para todos los suelos Maíz para todos los suelos	500 400

F. Prácticas fitosanitarias y control de plagas

Se realizaron las prácticas fitosanitarias y de control de plagas necesarias para el mejor mantenimiento posible de los cultivos. Se aplicó Ridomil® y Sevin® para el control de Mosca Blanca en la tercera semana de cultivo. Se eliminó las hierbas que surgieron en algunas macetas. También se eliminó de las plantas de tomate las inflorescencias constantemente para evitar la producción de frutos y continuar el crecimiento vegetativo hasta el momento de la cosecha de la parte aérea de las plantas y así también evitar la pérdida de nutrientes en estas áreas.

G. Plan experimental

El estudio se dividió en dos proyectos:

1. **Evaluación de Potasio**, que se realizó en un diseño de parcela subdividida con distribución en bloques al azar, en el que los dos suelos fueron las parcelas grandes, los cultivos fueron las subparcelas y las fuentes de potasio fueron las sub-subparcelas.

2. **Evaluación de Nitrógeno**, que se realizó en un diseño de parcela dividida con distribución en bloques al azar, en el que los cultivos fueron las parcelas grandes y las fuentes de nitrógeno fueron las subparcelas. En ambos ensayos se utilizó tres repeticiones y el período de cultivo fue de 72 días (11 semanas).

Variables de respuesta: Las variables que se midió en el experimento son:

1. Producción de biomasa en valores de peso fresco y seco de la parte aérea de las plantas.
2. Acumulación (concentración) de nitrógeno y potasio en la parte aérea de las plantas.

Además de dichas variables de respuesta se midió otros parámetros como la altura de las plantas en distintas etapas y el porcentaje de humedad en las plantas.

H. Análisis

Al final del experimento se realizó análisis químico de los tres suelos que no recibieron fertilizante (cuadros 27, 28 y 29). También se analizó los suelos de algunos tratamientos de la evaluación de nitrógeno. Estos análisis se presentan en los cuadros 30, 31, 32, 33, 34, 35 y 36 en la sección de Anexos.

Se realizaron análisis de pH y conductividad eléctrica de las soluciones de los tratamientos como un indicador de la concentración de sales en las soluciones, y los datos fueron los siguientes:

Cuadro 6: pH y conductividad eléctrica de las soluciones aplicadas

Tipos de soluciones	Solución	pH	CE (mmho/cm)
Soluciones de Nitrógeno	N-Total A	8.73	1.45
	N-Total B	7.77	5.74
	Urea	8.28	0.05
	Nitrato de amonio	6.8	7.77
	Sulfato de amonio	6.1	12.2
Soluciones de Potasio	Pro-K A	7.01	0.42
	Pro-K B	6.99	0.44
	Nitrato de potasio soluble	6.83	0.57
	Nitrato de potasio granulado	6.99	5.47

Se hizo un análisis químico de la parte aérea de las plantas secas para medir la concentración de nitrógeno y potasio y se presentan en la sección de Anexos. El análisis estadístico de las variables de respuesta se realizó con el paquete MSTATC (Michigan State University).

VI. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Cuadro 7: Cronograma de actividades del estudio

Actividad	Semana																	
	a	b	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	d	e	f	g
Elaboración de protocolo	X	X																
Elaboración de tratamientos			X															
Siembra de maíz y de pilones de tomate				X														
Aplicación de fertilizantes complementarios					X													
Aplicación de tratamientos					X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Lectura de altura de plantas						X	X	X	X	X		X		X				
Fumigación con Ridomil y Sevin								X										
Cosecha de parte aérea de las plantas														X				
Medición de peso fresco de parte aérea de plantas														X				
Secado al horno de las plantas														X	X			
Medición de peso seco															X			
Análisis foliar y de suelos																X		
Análisis de datos e interpretación de resultados																X	X	
Elaboración de Tesis																	X	X

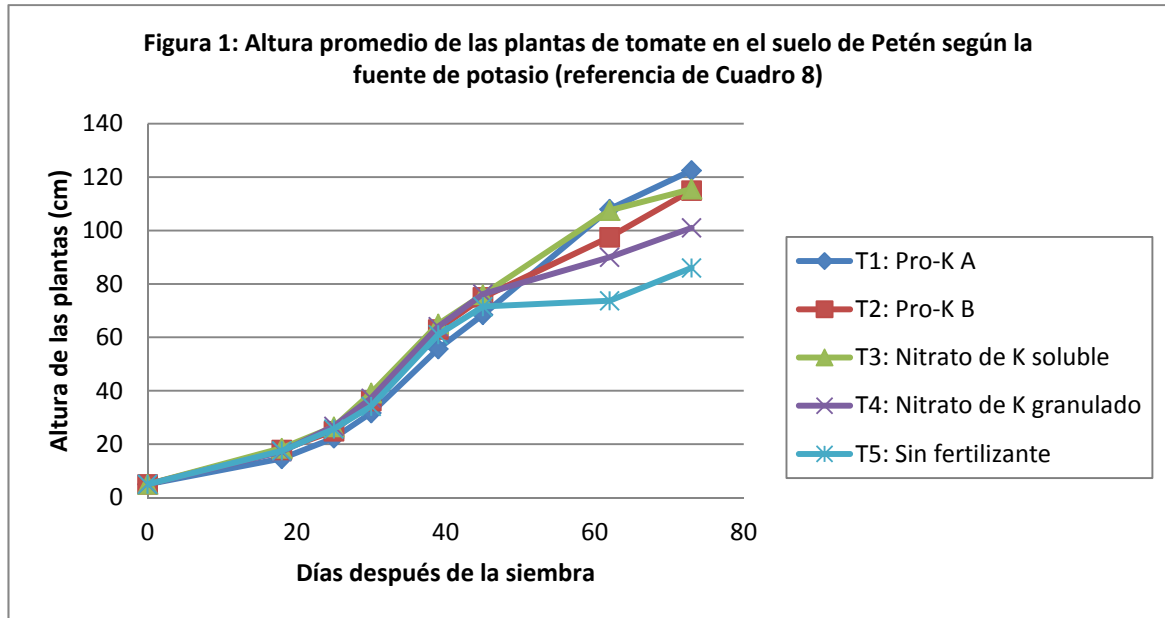
VII. RESULTADOS

A. Evaluación de Potasio

Los promedios de altura de las plantas se presentan en los Cuadros 8, 9, 10 y 11 y en las Figuras 1, 2, 3 y 4, el progreso en altura que tuvieron las plantas a lo largo de los 75 días de cultivo. En la sección de Anexos se incluye cada una de las medidas tomadas en los Cuadros 11A, 12A, 13A y 14A.

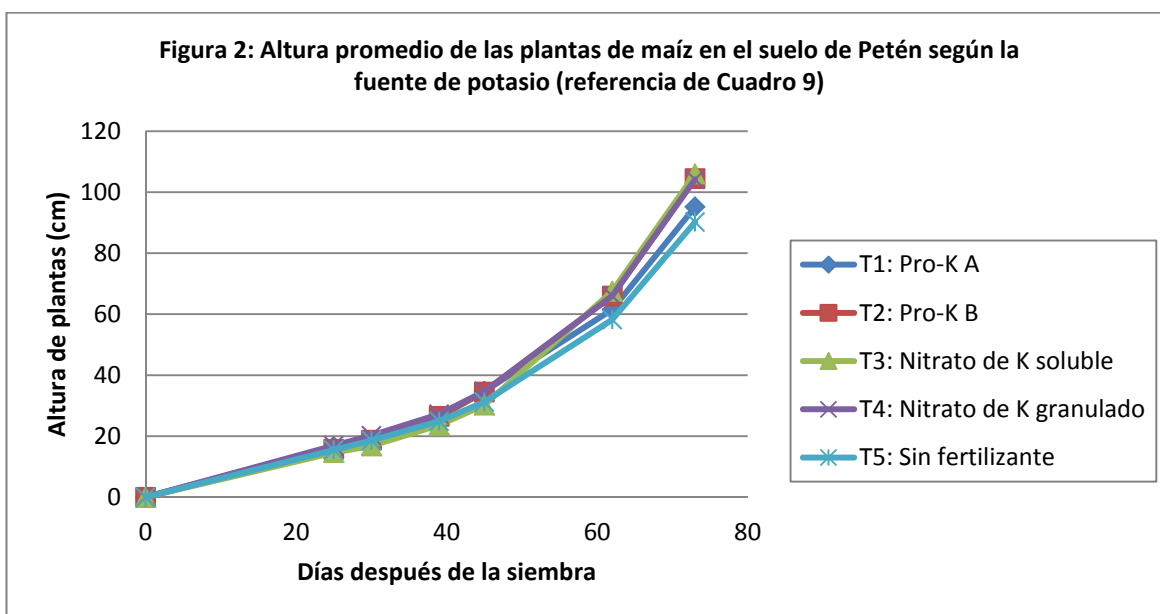
Cuadro 8: Altura promedio (cm) de plantas de tomate obtenida en el suelo de Petén según la fuente de potasio.

Tratamiento	Día							
	0	18	25	30	39	45	62	73
T1: Pro-K A	5	14.6	22.3	31.7	55.7	68.5	108	122.5
T2: Pro-K B	5	17.9	24.9	36.2	63	75	97.5	115
T3: Nitrato de K soluble	5	18.5	26.5	39.2	65	76	107.5	115.5
T4: Nitrato de K granulado	5	17.2	26.7	37.2	64	76.2	90	101
T5: Sin fertilizante	5	17.5	25.7	34.2	61	71.5	73.7	86



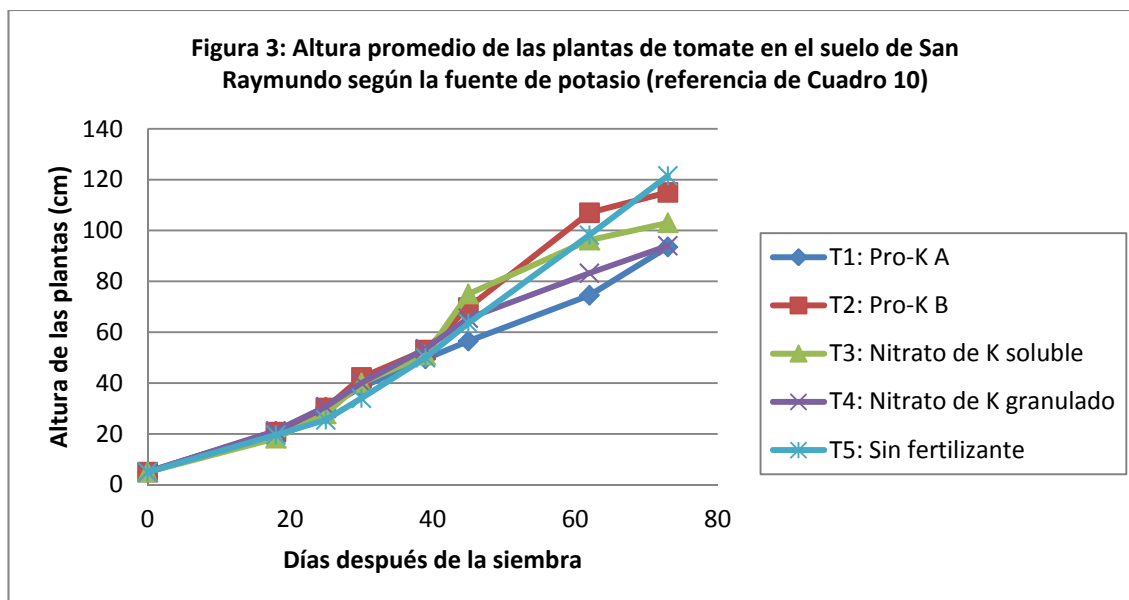
Cuadro 9: Altura promedio (cm) de plantas de maíz obtenida en el suelo de Petén según la fuente de potasio.

Tratamiento	Día						
	0	25	30	39	45	62	73
T1: Pro-K A	0	16.6	18.2	26.2	34.7	61.5	95.2
T2: Pro-K B	0	15.7	18.7	26.5	34.5	66	104.5
T3: Nitrato de K soluble	0	14.6	16.8	23.6	30.2	67.5	106
T4: Nitrato de K granulado	0	16.9	20.2	27.2	34.7	66	104.2
T5: Sin fertilizante	0	15.5	18.6	24.9	31.2	58.2	90.2



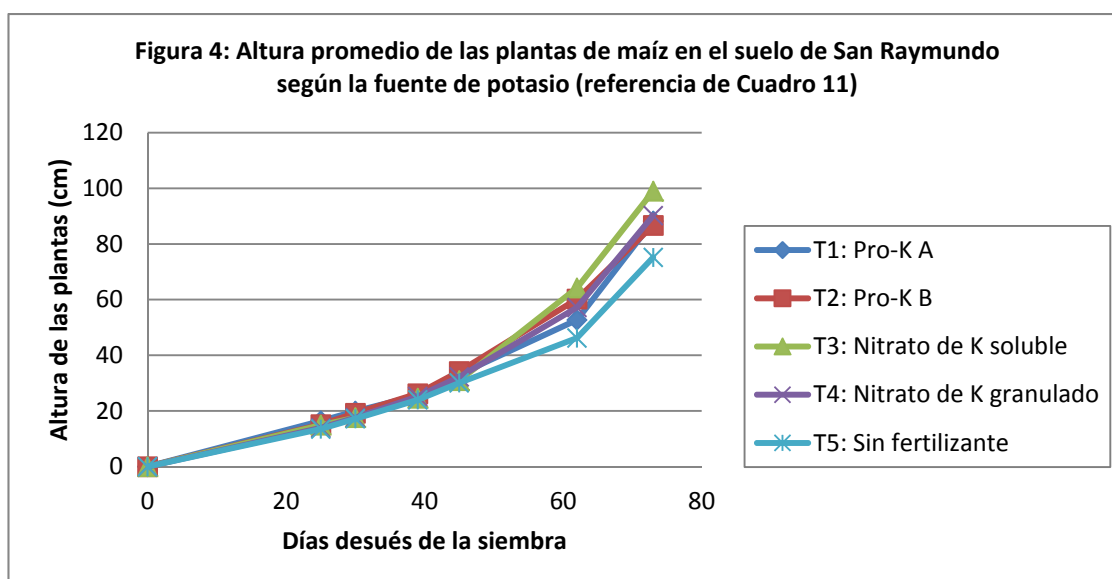
Cuadro 10: Altura promedio (cm) de plantas de tomate obtenida en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio.

Tratamiento	Día							
	0	18	25	30	39	45	62	73
T1: Pro-K A	5	21	30.5	38.3	49.5	56.5	74.5	93.5
T2: Pro-K B	5	20.7	30.2	42.2	53	69.7	107	115
T3: Nitrato de K soluble	5	18.3	27.9	40	51	75	96.2	103
T4: Nitrato de K granulado	5	21.2	30.7	40	53.5	65.5	83.2	94
T5: Sin fertilizante	5	19.6	25.5	34	50	63.5	98.2	121.5



Cuadro 11: Altura promedio (cm) de plantas de maíz obtenidas en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio.

Tratamiento	Día						
	0	25	30	39	45	62	73
T1: Pro-K A	0	16.4	19.9	25.6	33.1	52.7	88.2
T2: Pro-K B	0	15.1	19.2	26.2	34.2	60.2	86.7
T3: Nitrato de K soluble	0	14.9	17.6	24.6	30.9	64.2	99
T4: Nitrato de K granulado	0	13.9	17.6	25.2	32.2	57.2	90.2
T5: Sin fertilizante	0	13.5	17.2	24	30.1	46.2	75.2



La apariencia de las plantas se presenta en las figuras incluidas en la sección de anexos de este reporte.

En la Figura 1A se presenta la comparación entre las fuentes de potasio en tomate en el suelo de Petén. Las plantas más grandes y vigorosas fueron las de los tratamientos Pro-K A (T1) y Pro-K B (T2), y ambos presentaban una coloración de las hojas verde oscuro. Los tratamientos de nitrato de potasio granulado (T4) y sin fertilizante (T5) eran las plantas más pequeñas y presentaban una coloración verde más claro que las demás.

Las plantas de maíz en el suelo de Petén se muestran en la Figura 2A. Las plantas con el tratamiento de Pro-K A (T1) muestran una coloración ligeramente más clara que en las demás. El tratamiento sin fertilizante (T5) resultó en plantas más pequeñas.

Las plantas de tomate en suelo de San Raymundo (Figura 3A del Anexo) presentan marchitamiento causado posiblemente por una virosis, especialmente el tratamiento sin fertilizante (T5). La planta más pequeña fue la del tratamiento con Pro-K A (T1), las plantas de los tratamientos con Pro-K B (T2) y nitrato de potasio soluble (T3) presentaron hojas de coloración amarillenta y verde claro.

Las plantas de maíz en suelo de San Raymundo (Figura 4A) de los tratamientos Pro-K B (T2), nitrato de potasio soluble (T3) y nitrato de potasio granulado (T4) fueron las más verdes y vigorosas. El tratamiento Pro-K A (T1) presentó una coloración ligeramente amarillenta y el tratamiento sin fertilizante (T5) mostraba hojas amarillentas y débiles (se caían fácilmente).

Los promedios de peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración de potasio y acumulación de potasio para cada tratamiento, cultivo y suelo se presentan en los Cuadros 12, 13, 14 y 15. Las figuras muestran una representación de la diferencia en los niveles de cada variable. En la sección de Anexos se incluye el resultado de estas mediciones y de los análisis de plantas en los Cuadros 15A, 16A, 17A y 18A.

Cuadro 12: Promedios de peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración de K y acumulación de K en tomate, en el suelo de Petén según la fuente de potasio.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Concentración de K p/p (%)	Acumulación de K (mg/maceta)
T1: Pro-K A	135.5	17.1	87.4	3.8	651.1
T2: Pro-K B	148.4	17.5	88.2	3.8	666.5
T3: Nitrato de K soluble	143.1	18.4	87.1	3	553.4
T4: Nitrato de K granulado	140.2	17.7	87.2	3.4	603.8
T5: Sin fertilizante	131.5	16.2	87.7	4	646.4

Figura 5.1 Peso fresco promedio de hoja y tallo de tomate en el suelo de Petén según la fuente de potasio (referencia Cuadro 12)

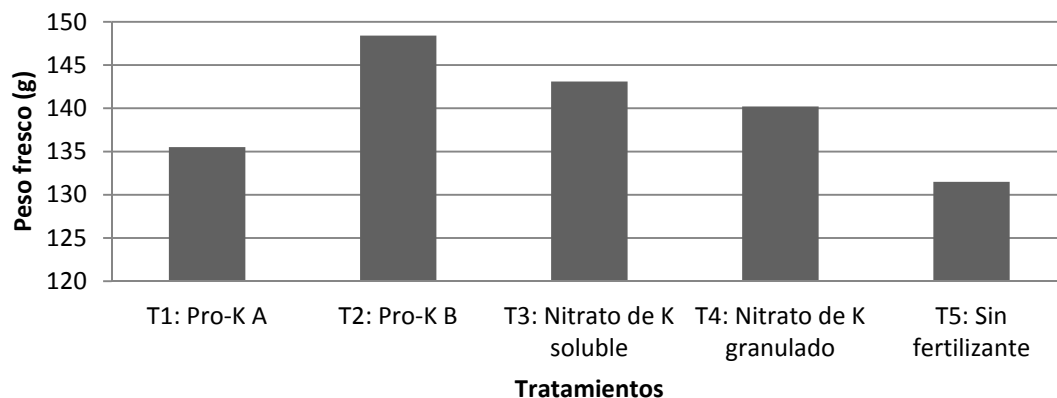


Figura 5.2: Peso seco promedio de hoja y tallo de tomate en el suelo de Petén según fuente de potasio (referencia Cuadro 12)

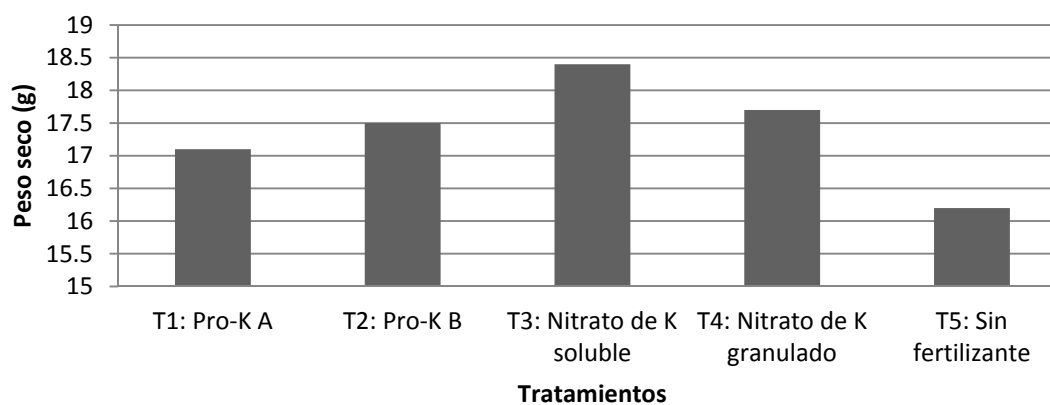
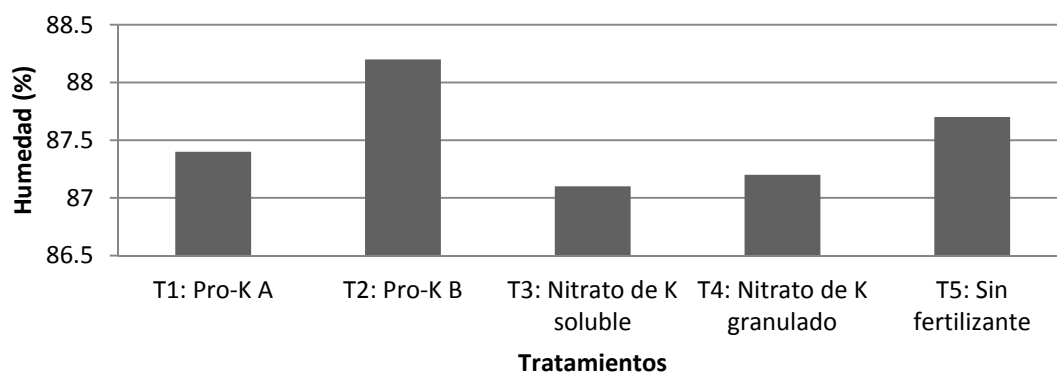
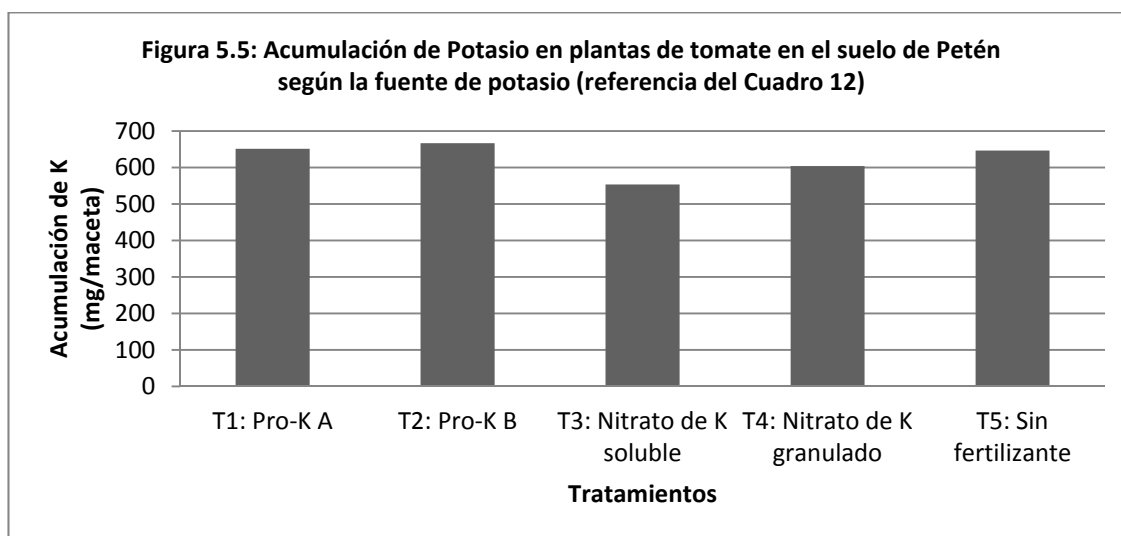
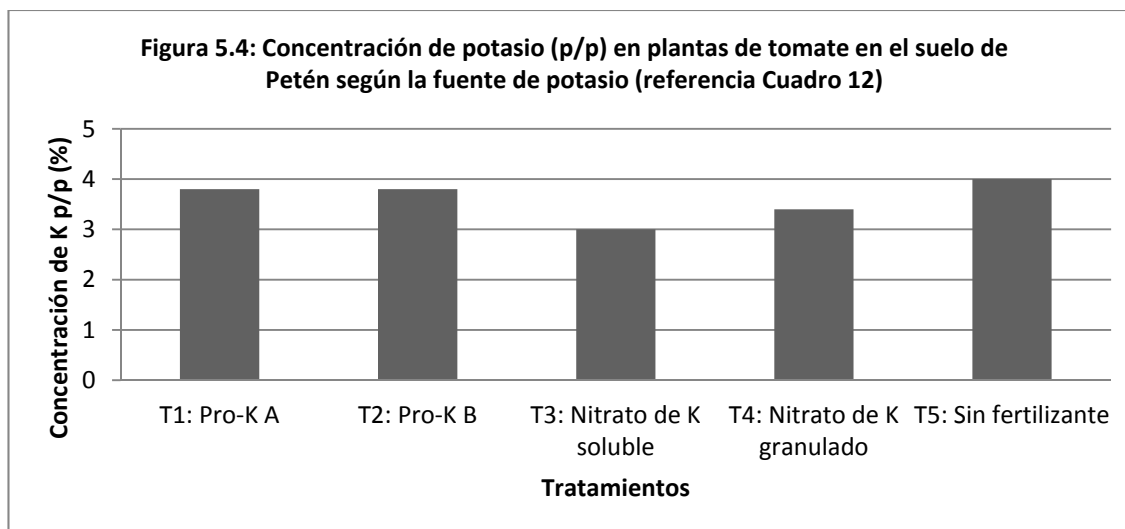


Figura 5.3: Porcentaje de humedad promedio en plantas de tomate en el suelo de Petén según fuente de potasio (referencia Cuadro 12)





Cuadro 13: Promedios de peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración de K y acumulación de K en maíz, en el suelo de Petén según la fuente de potasio.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Concentración de K p/p (%)	Acumulación de K (mg/maceta)
T1: Pro-K A	134.63	14.21	89.34	4.6	653.5
T2: Pro-K B	171.94	17.4	89.84	4.8	835
T3: Nitrato de K soluble	155.99	15.42	90.19	4.5	694
T4: Nitrato de K granulado	159.62	17.75	88.8	4.4	780.8
T5: Sin fertilizante	116.07	13.79	87.9	4.9	675.7

Figura 6.1: Peso fresco promedio de hoja y tallo de maíz en el suelo de Petén según fuente de potasio (referencia Cuadro 13)

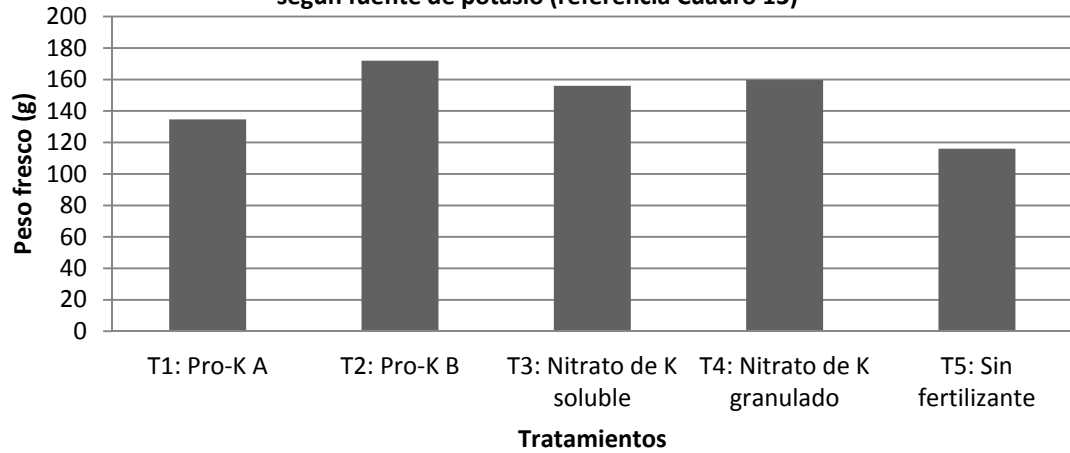


Figura 6.2: Peso seco promedio de hoja y tallo de maíz en el suelo de Petén según fuente de potasio (referencia Cuadro 13)

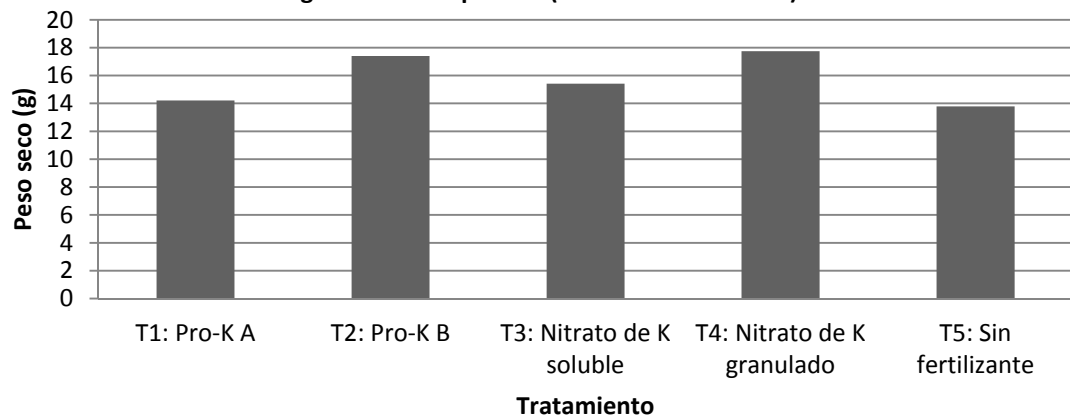
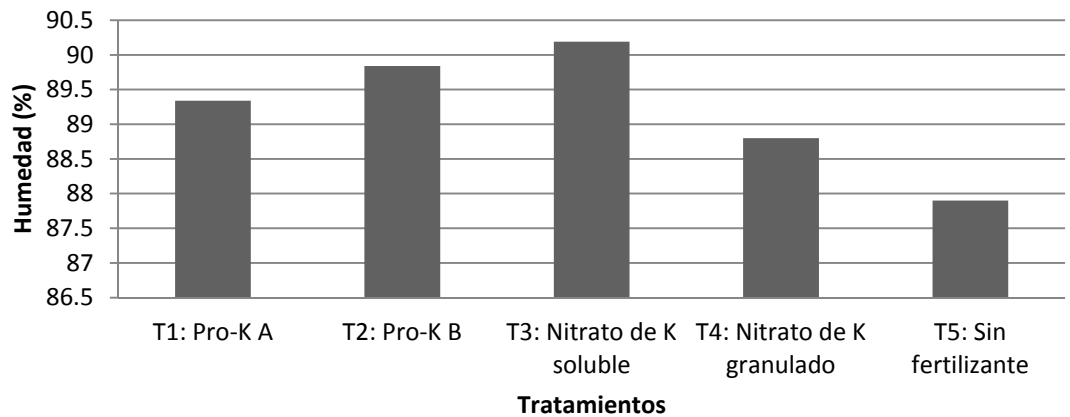
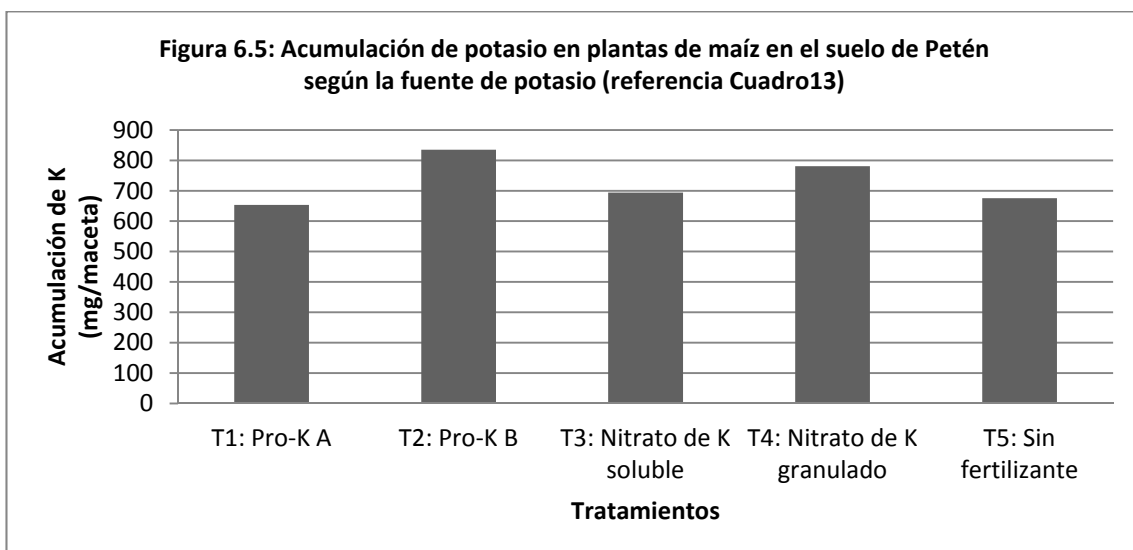
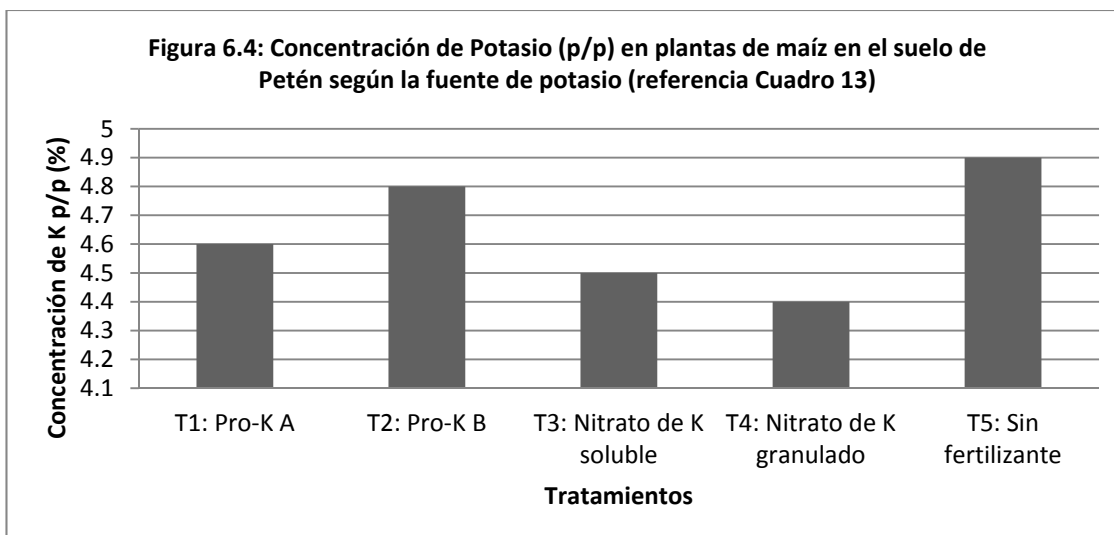


Figura 6.3: Porcentaje de humedad promedio en plantas de maíz en el suelo de Petén según fuente de potasio (referencia Cuadro 13)





Cuadro 14: Promedio de peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración de K y acumulación de K en tomate en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Concentración de K p/p (%)	Acumulación de K (mg/maceta)
T1: Pro-K A	110.7	14.5	86.9	3.6	522.6
T2: Pro-K B	112.2	13.9	87.6	3.5	487
T3: Nitrato de K soluble	117.1	14.2	87.8	4	570
T4: Nitrato de K granulado	120.3	14.6	87.8	4.1	599
T5: Sin fertilizante	72.3	9.2	87.3	3.1	285.3

Figura 7.1: Peso fresco promedio de hoja y tallo de tomate en el suelo de San Raymundo según fuente de potasio (referencia Cuadro 14)

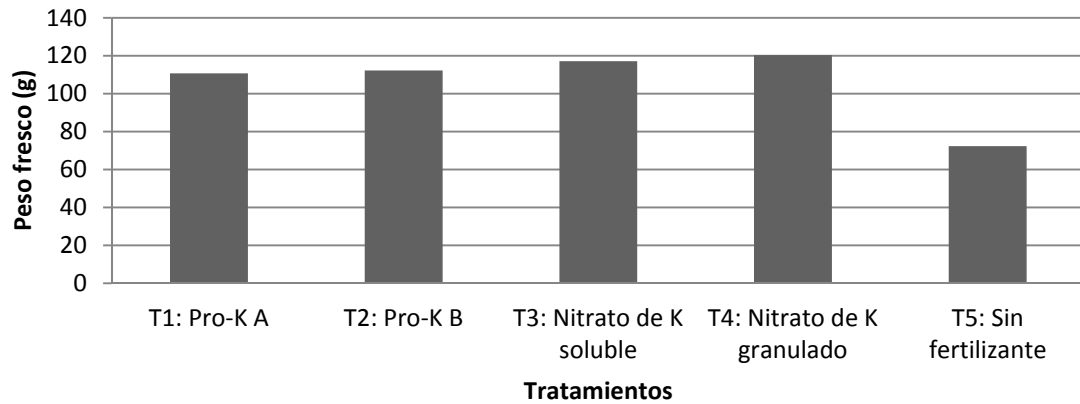


Figura 7.2: Peso seco promedio de hoja y tallo de tomate en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio (referencia Cuadro 14)

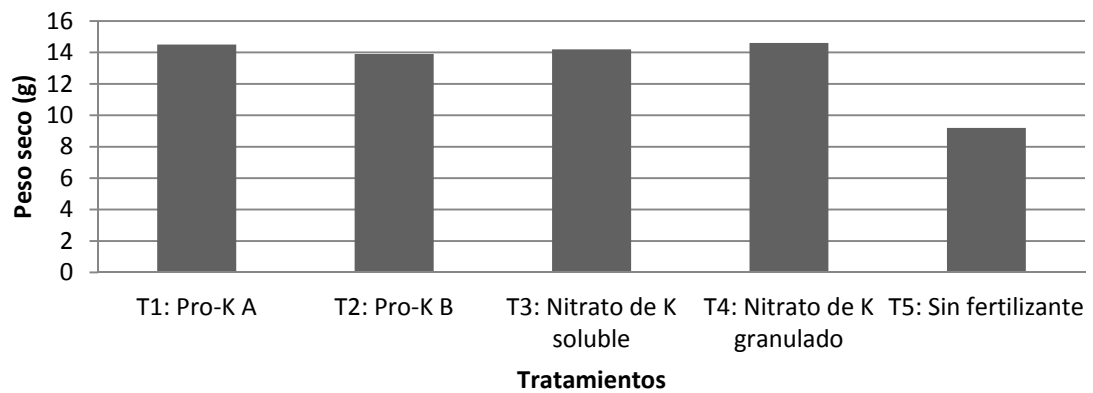
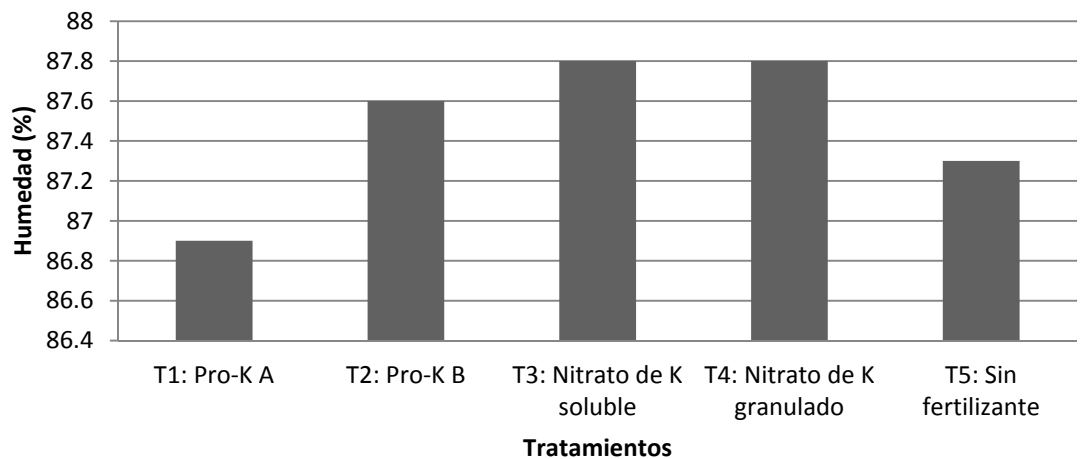
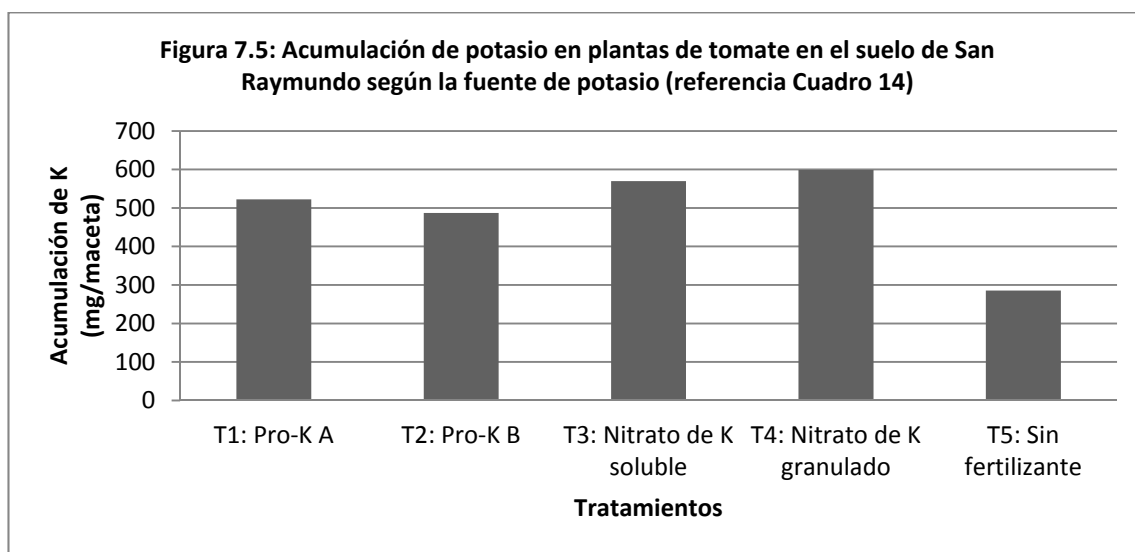
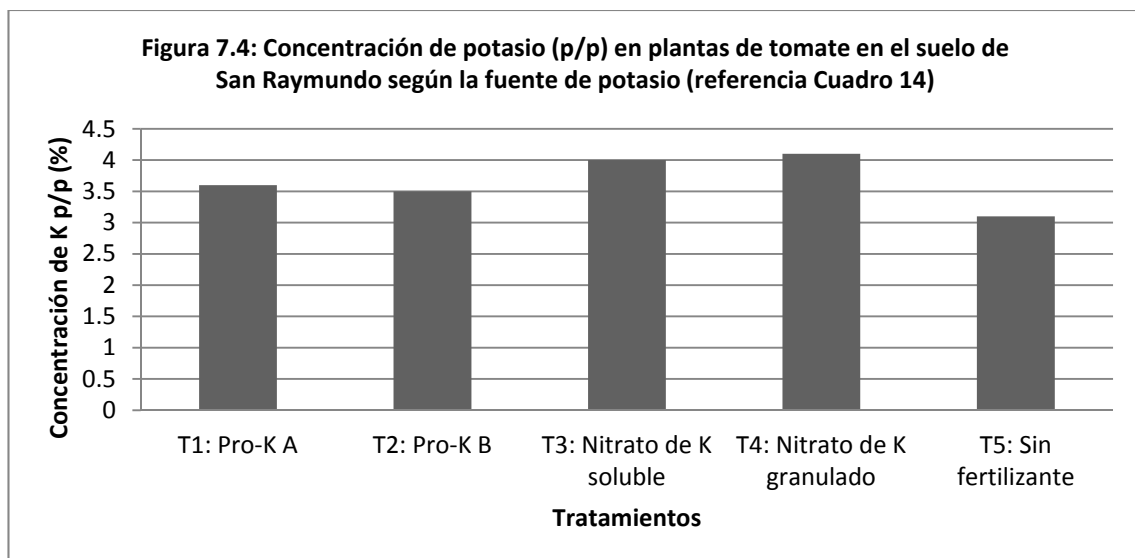


Figura 7.3: Porcentaje de humedad en plantas de tomate en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio (referencia Cuadro 14)





Cuadro 15: Promedios de peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración de K y acumulación de K en maíz, en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Concentración de K p/p (%)	Acumulación de K (mg/maceta)
T1: Pro-K A	122.2	14.5	88.2	3.6	521.8
T2: Pro-K B	139.3	16.4	88.2	4	655.6
T3: Nitrato de K soluble	119.7	12.7	89.4	4.7	599.4
T4: Nitrato de K granulado	123.7	14.1	88.6	4.7	663.8
T5: Sin fertilizante	87.56	11.9	86.1	4.7	561.5

Figura 8.1: Peso fresco promedio de hoja y tallo de maíz en el suelo de San Raymundo según la fuente de potasio (referencia Cuadro 15)

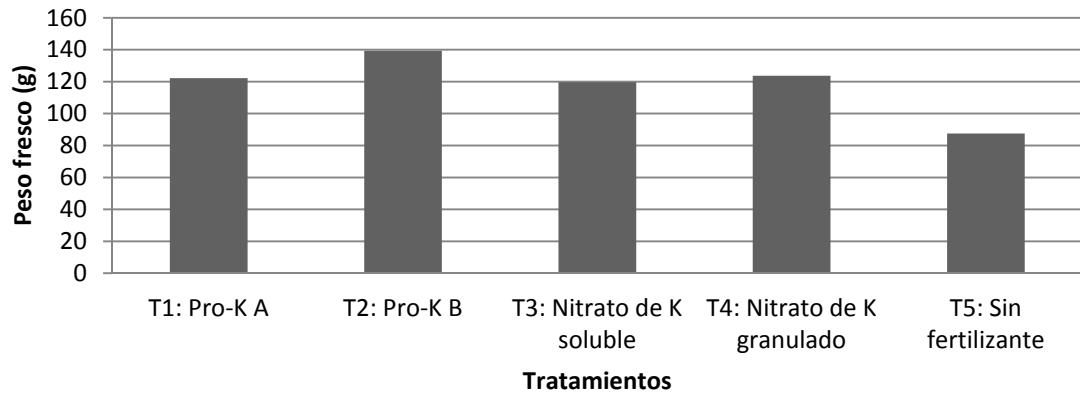


Figura 8.2: Peso seco promedio de hoja y tallo de maíz en el suelo de San Raymundo según fuente de potasio (referencia Cuadro 15)

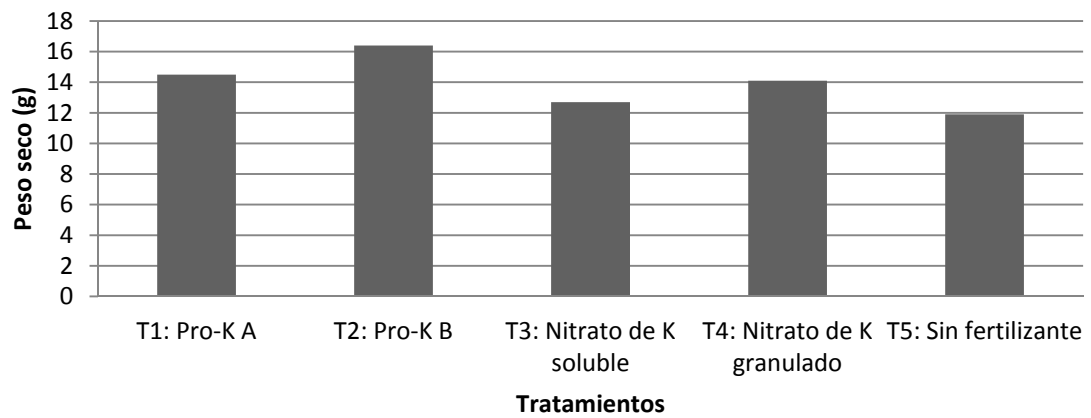
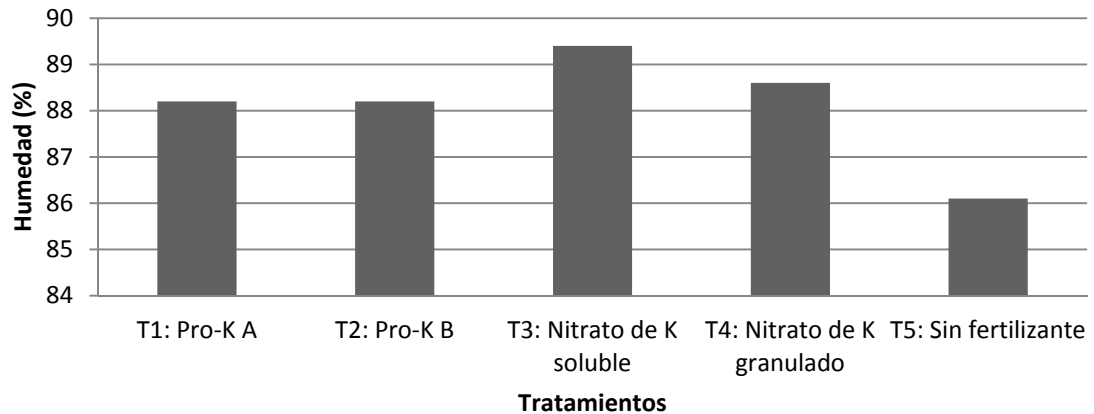
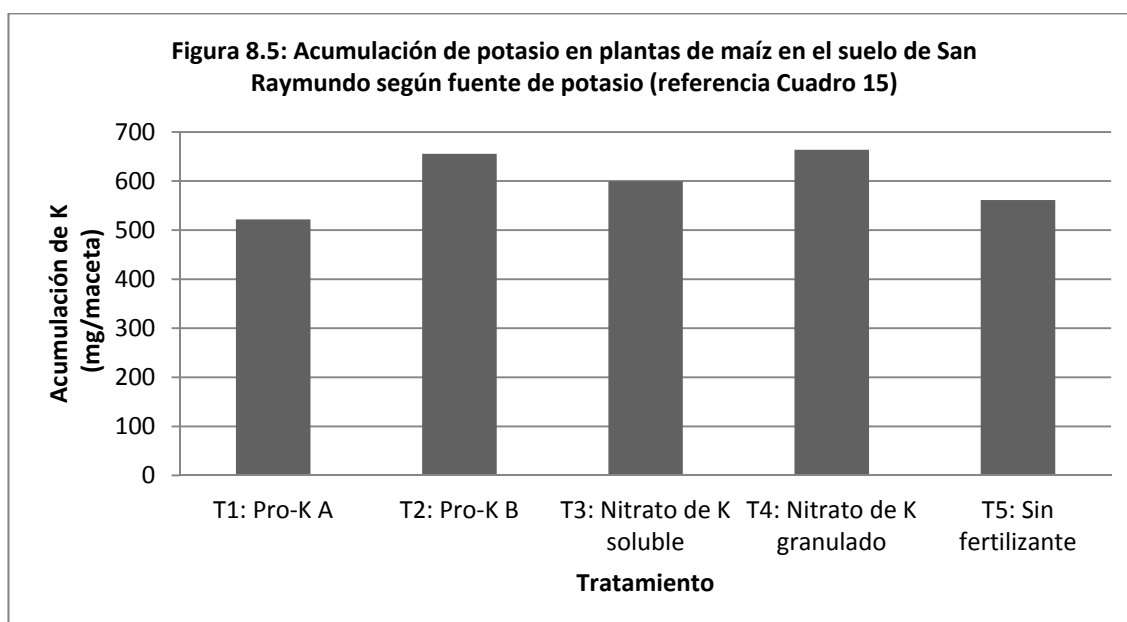
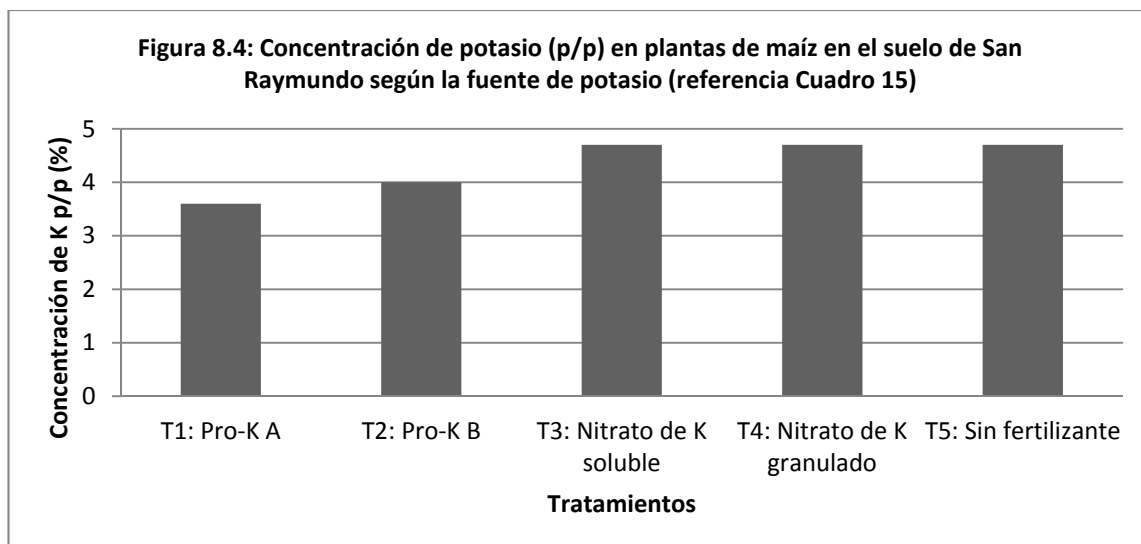


Figura 8.3: Porcentaje de humedad en plantas de maíz en el suelo de San Raymundo según fuente de potasio (referencia Cuadro 15)





El análisis de varianza para la variable de peso fresco total (Cuadro 16) indica que existe diferencia significativa entre las fuentes de potasio y tipos de suelo. No hubo interacción entre los factores evaluados.

Cuadro 16: Resultados del análisis de varianza de la variable de peso fresco total en la evaluación de potasio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	2	145.1	72.6	0.5		NS
Factor A (Suelos)	1	1458.5.1	14585.1	106	0.0093	*
Error	2	275.2	137.6			
Factor B (Cultivos)	1	1479.6	1479.6	6	0.0711	NS
AB	1	61.3	61.3	0.2		NS
Error	4	993.2	248.3			
Factor C (Fuente de potasio)	4	12139	3034.8	7.5	0.0002	*
AC	4	1014.4	253.6	0.6		NS
BC	4	1095.8	273.9	0.7		NS
ABC	4	1036.3	259	0.6		NS
Error	32	12993.4	406			
TOTAL	59	45818.1				

NS = No significativo ($p > 0.05000$)

* = Significativo ($p \leq 0.0500$)

El análisis de varianza para la variable de peso seco total (Cuadro 17) indica que existe diferencia significativa entre las fuentes de potasio, entre los cultivos y la interacción suelos-cultivos.

Cuadro 17: Resultados del análisis de varianza de la variable de peso seco total en la evaluación de potasio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	2	3.8	1.9	0.2		NS
Factor A (Suelos)	1	99.6	99.6	10.8	0.0813	NS
Error	2	18.4	9.2			
Factor B (Cultivos)	1	11.9	11.9	12.5	0.0240	*
AB	1	35.2	35.2	37.1	0.0037	*
Error	4	3.8	0.9			
Factor C (Fuente de potasio)	4	153.3	38.3	7.2	0.0003	*
AC	4	11.5	2.9	0.5		NS
BC	4	16.3	4.1	0.8		NS
ABC	4	41.6	10.4	1.9	0.1282	NS
Error	32	171.7	5.7			
TOTAL	59	567.2				

NS = No significativo ($p > 0.05000$)

* = Significativo ($p \leq 0.0500$)

El análisis de varianza para la variable de acumulación total de potasio (Cuadro 18) indicó que existe diferencia significativa entre las fuentes de potasio además, entre los tipos de suelos y entre los cultivos.

Cuadro 18: Resultados del análisis de varianza de la variable de acumulación total de potasio en la evaluación de potasio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	2	18400.2	9200.1	0.8		NS
Factor A (Suelos)	1	251340.1	251340.1	22.0	0.0426	*
Error	2	22841	11420.2			
Factor B (Cultivos)	1	167305.2	167305.2	96.9	0.0006	*
AB	1	61.5	61.5	0.0		NS
Error	4	6907.8	1726.9			
Factor C (Fuente de potasio)	4	125179.3	31294.8	3.6	0.0153	*
AC	4	81252.7	20313.2	2.3	0.0754	NS
BC	4	53488.5	13372.1	1.5	0.2126	NS
ABC	4	64386.3	16096.6	1.9	0.1416	NS
Error	32	276811.8	8650.4			
TOTAL	59	1067974.5				

NS = No significativo ($p > 0.05000$)

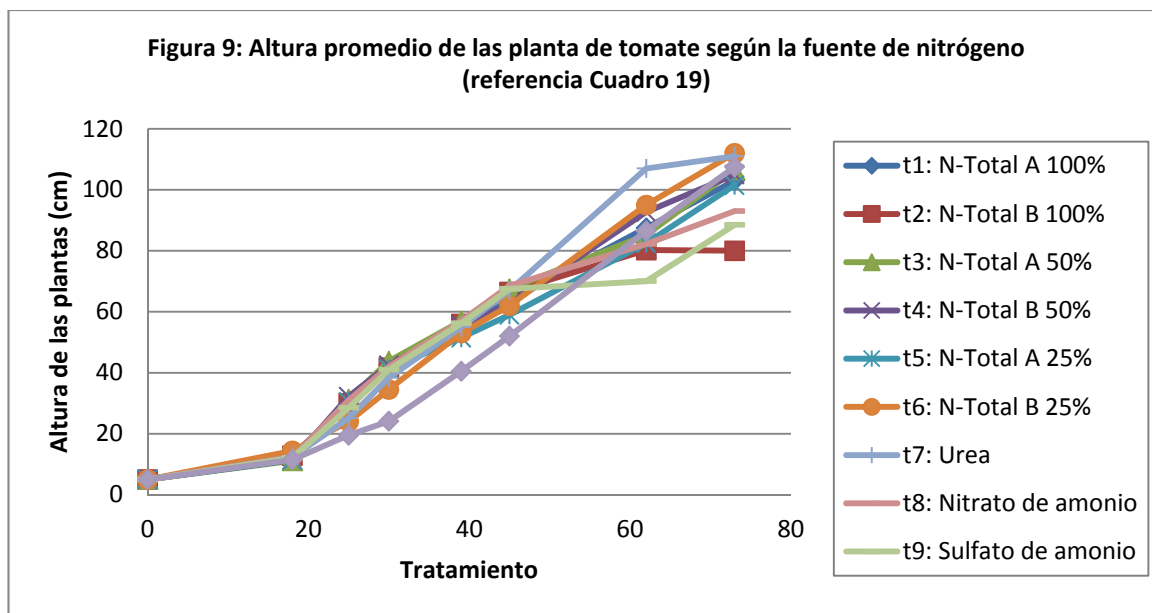
* = Significativo ($p \leq 0.0500$)

B. Evaluación de Nitrógeno

Los promedios de altura de las plantas se presentan en los Cuadros 8, 9, 10 y 11 y en las Figuras 9 y 10 el progreso en altura que tuvieron las plantas a lo largo de los 75 días de cultivo. En la sección de Anexos se incluye la información de cada una de las medidas tomadas en los Cuadros 19A y 20A.

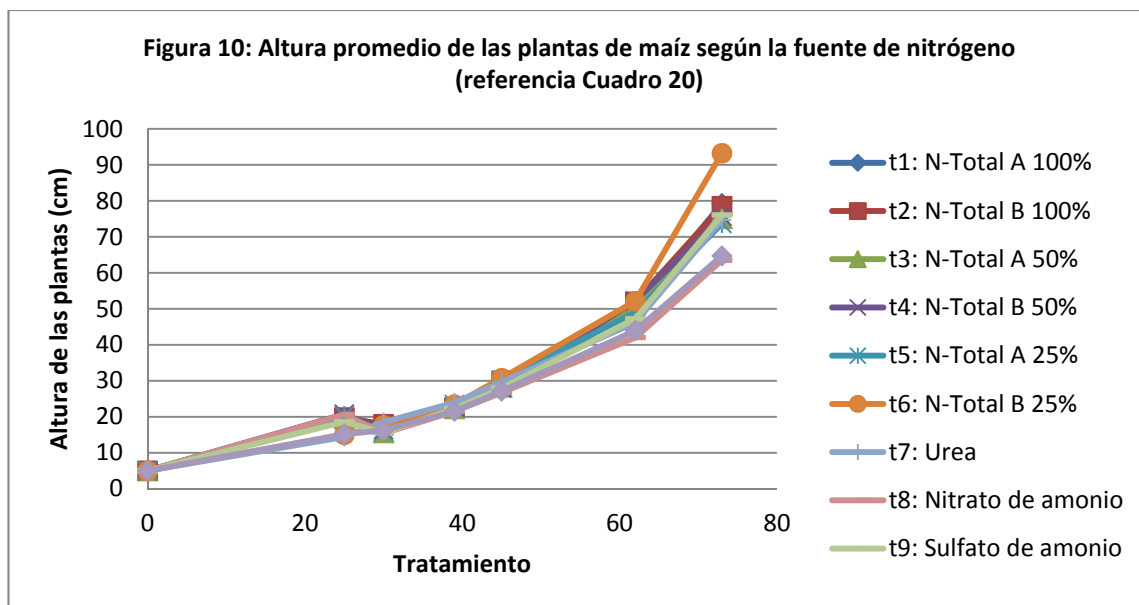
Cuadro 19: Altura promedio (cm) de plantas de tomate obtenidas en el suelo de Masagua según fuentes de nitrógeno.

Tratamiento	Día							
	0	18	25	30	39	45	62	73
t1: N-Total A 100%	5	12.9	29.4	42.6	54.7	63.7	87.5	103
t2: N-Total B 100%	5	12.8	30	41.7	56	66.5	80.2	80
t3: N-Total A 50%	5	11.1	31.3	43.8	57	67.5	85.2	106.5
t4: N-Total B 50%	5	11.4	32.2	42.5	55.5	62.5	92.7	105
t5: N-Total A 25%	5	11.4	30.5	41.2	51.5	59	82.5	101.5
t6: N-Total B 25%	5	14.4	24	34.5	53	62	95	112
t7: Urea	5	12.4	25.1	38.4	55	67	107	111
t8: Nitrato de amonio	5	12.4	31	42.1	57	68.5	82.2	93
t9: Sulfato de amonio	5	12.1	28.5	41	56.2	67.5	70	88.5
t10: Sin fertilizante	5	11.5	19.5	24.1	40.5	52	86.5	107.5



Cuadro 20: Altura promedio (cm) de plantas de maíz obtenidas en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno.

Tratamiento	Día						
	0	25	30	39	45	62	73
t1: N-Total A 100%	5	19.2	16.7	21.7	28	50	79.2
t2: N-Total B 100%	5	19.8	17.9	22.4	30	51.9	78.5
t3: N-Total A 50%	5	19.4	15.5	22.2	28.2	51	75
t4: N-Total B 50%	5	20.7	16.4	22.7	28.1	52.2	75.7
t5: N-Total A 25%	5	20.3	15.9	23.4	30	49	73.7
t6: N-Total B 25%	5	15	17.6	23.4	30.7	52.1	93.2
t7: Urea	5	14.4	18.5	23.9	29.6	46.2	74.7
t8: Nitrato de amonio	5	20.6	15.4	21.5	26.7	42	63.5
t9: Sulfato de amonio	5	18.6	15.5	22.2	27.9	47.2	76
t10: Sin fertilizante	5	15.2	16.2	21.5	27.1	43.9	64.7



Como se observa en la Figura 5A del anexo, las plantas de tomate presentaron diferencia en la coloración en las hojas. Los tratamientos con N-Total B al 100% y al 50% (t2 y t4, respectivamente) presentan hojas amarillentas y poca vigorosidad. Las plantas más verdes y vigorosas fueron las de los tratamientos N-Total A 100% y 50% (t1 y t3), N-Total B 25% (t6), urea (t7), nitrato de amonio (t8) y sulfato de amonio (t9). Las Figuras 6A, 7A, 8A y 9A presentan estas mismas plantas con más detalle de computación.

En el caso del maíz, como muestra la Figura 10A, el tratamiento con N-Total B al 100% presenta hojas amarillentas (t2), lo que se muestra con más detalle en la Figura 12A. La Figura 11A muestra este amarillamiento también en las hojas de la punta (hojas nuevas) en el tratamiento con N-Total A al 25% (t5) y la comparación de éstas con las plantas de alrededor verde oscuro. Las plantas de coloración más oscura y mayor vigor fueron las de los tratamientos N-Total A al 100% y 50% (t1 y t3), N-Total B 25% (t6) y urea (t7).

Los promedios de peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración de nitrógeno y acumulación de nitrógeno para cada tratamiento y cultivo se muestran en los Cuadros 21 y 22. Las figuras muestran una representación de la diferencia en los niveles de cada variable. En la sección de Anexos se incluye el resultado de los análisis de plantas en los Cuadros 21A y 2A.

Cuadro 21: Promedios de peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración y acumulación de nitrógeno en plantas de tomate en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Concentración de N p/p (%)	Acumulación de N (mg/maceta)
t1: N-Total A 100%	95.3	12.7	86.7	2.3	291.2
t2: N-Total B 100%	65.2	9.8	85	1.1	107.6
t3: N-Total A 50%	76.4	10.7	85.9	2	214.6
t4: N-Total B 50%	71.3	10.3	85.5	1.3	134.2
t5: N-Total A 25%	75.2	10.6	86	1.8	190.3
t6: N-Total B 25%	77.9	10.4	86.5	2.2	247.4
t7: Urea	92.5	12.7	86.3	3.1	394.2
t8: Nitrato de amonio	85.4	10.9	87.3	2.8	304.5
t9: Sulfato de amonio	86.2	10.8	87.4	2.9	313.2
t10: Sin fertilizante	68.7	9.2	86.6	2.5	230.7

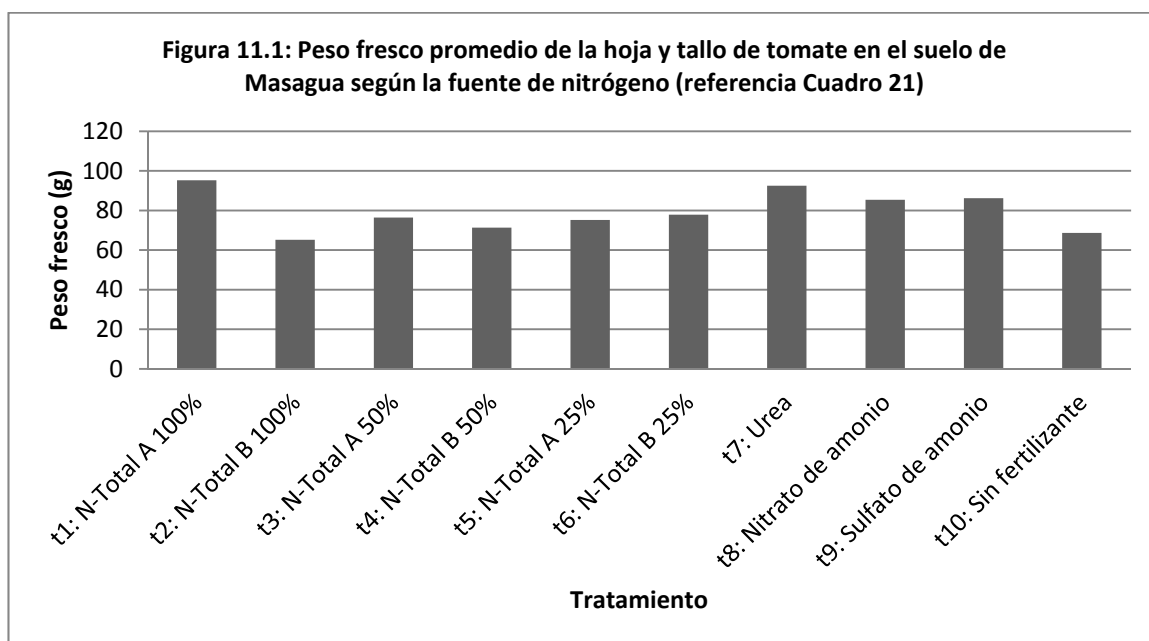


Figura 11.2: Peso seco promedio de hoja y tallo de tomate en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno (referencia Cuadro 21)

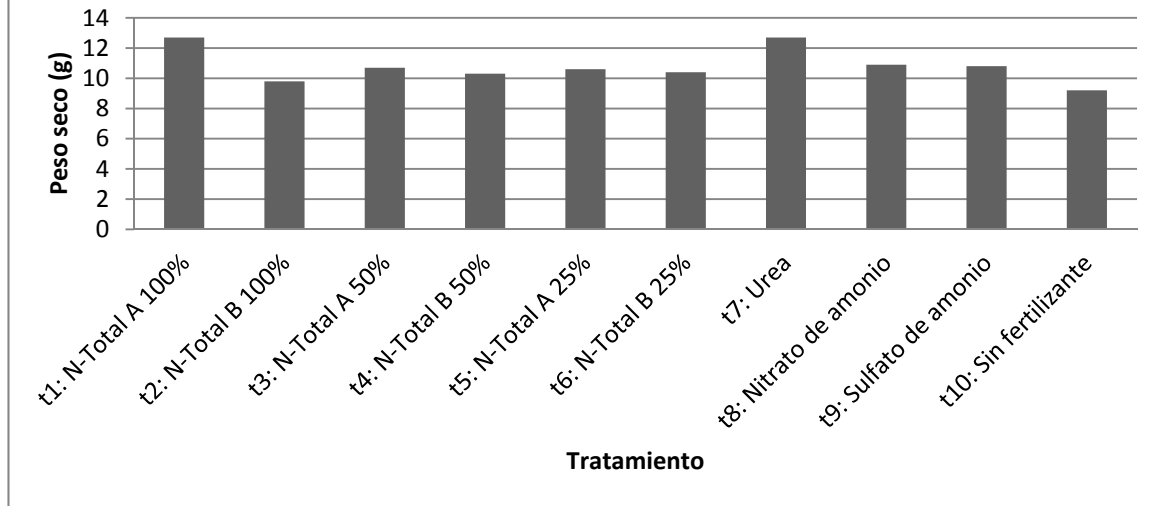


Figura 11.3: Porcentaje de humedad de las plantas de tomate en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno (referencia Cuadro 21)

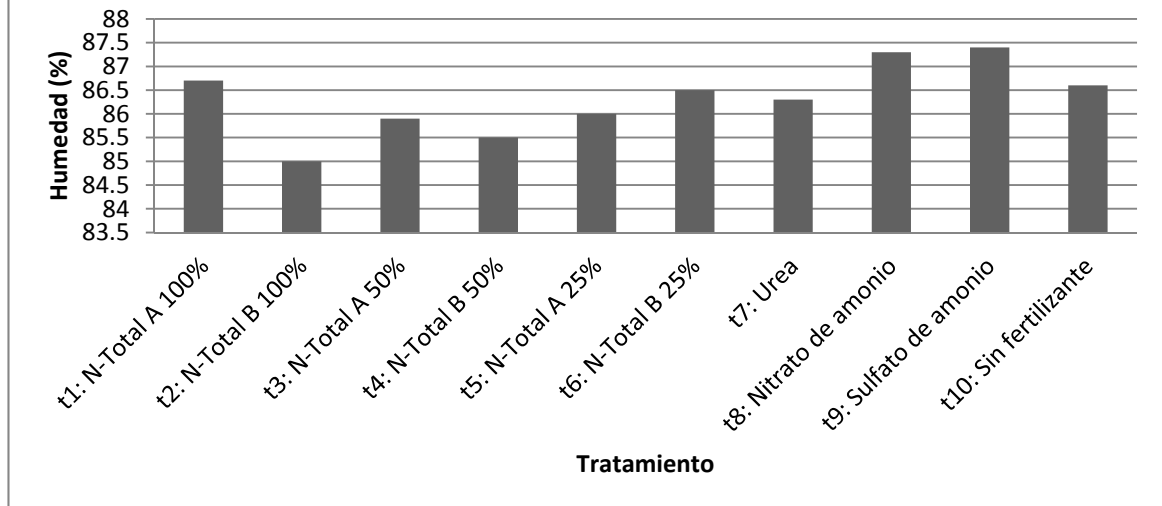


Figura 11.4: Concentración de nitrógeno (p/p) en plantas de tomate en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno (referencia Cuadro 21)

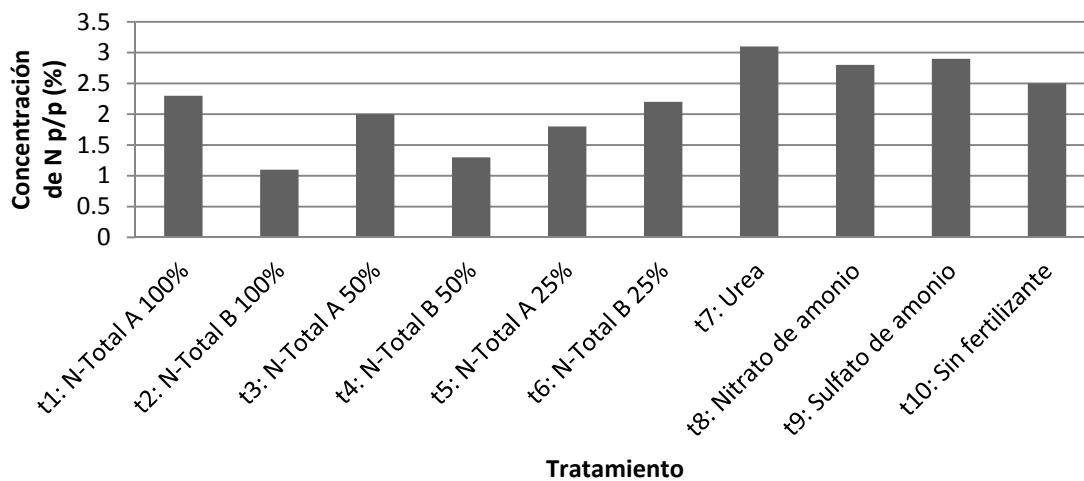
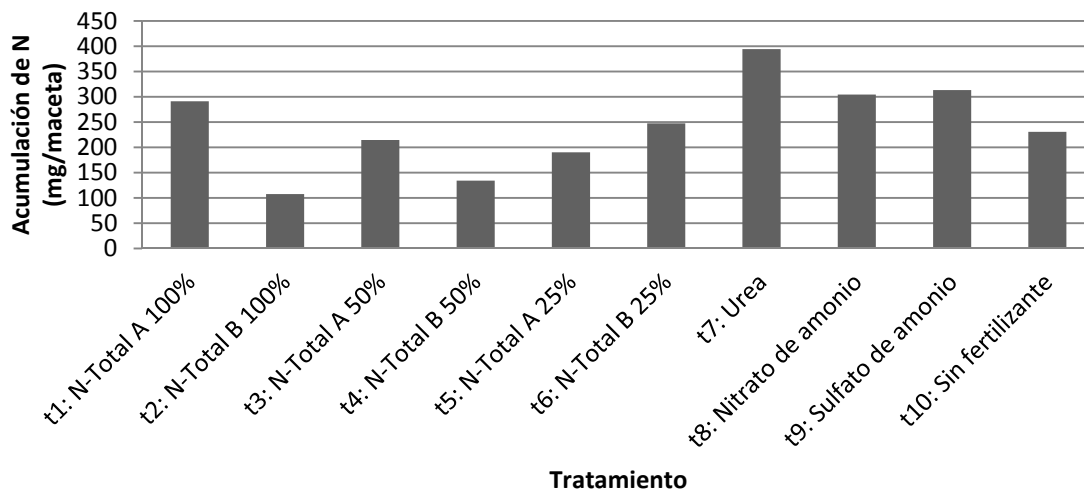


Figura 11.5: Acumulación de nitrógeno en plantas de tomate en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno (referencia Cuadro 21)



Cuadro 22: Promedios de peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración y acumulación de nitrógeno en maíz en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Concentración de N p/p (%)	Acumulación de N (mg/maceta)
t1: N-Total A 100%	118.1	13.5	88.5	2.9	392.9
t2: N-Total B 100%	83.4	11.6	86.3	1	116.5
t3: N-Total A 50%	74.6	10.5	86.4	2.1	219.7
t4: N-Total B 50%	70.3	10.2	85.5	1.7	174.2
t5: N-Total A 25%	85.5	12.4	85.8	1.9	235.0
t6: N-Total B 25%	108	13.7	87.2	2.3	314.7
t7: Urea	116.2	14.4	87.3	2.9	417.0
t8: Nitrato de amonio	80.6	10	87.5	2.6	259
t9: Sulfato de amonio	91.7	10.3	88.6	2.7	279.4
t10: Sin fertilizante	66.1	9.4	85.6	1.7	160.5

Figura 12.1: Peso fresco promedio de hoja y tallo de maíz en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno (referencia Cuadro 22)

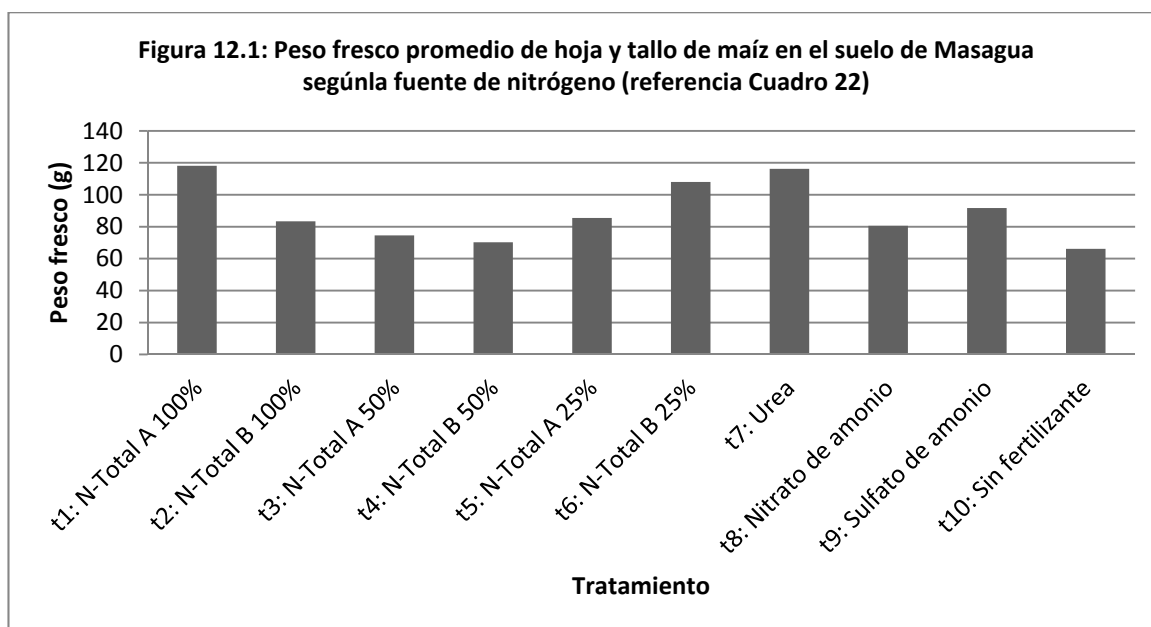


Figura 12.2: Peso seco promedio de hoja y tallo de maíz en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno (referencia Cuadro 22)

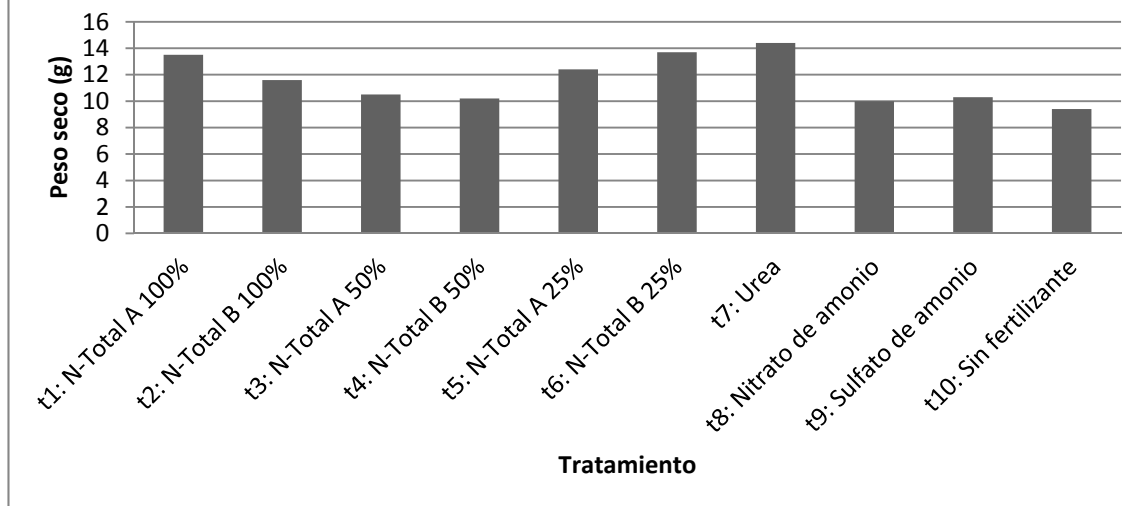


Figura 12.3: Porcentaje de humedad de las plantas de maíz en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno (referencia Cuadro 22)

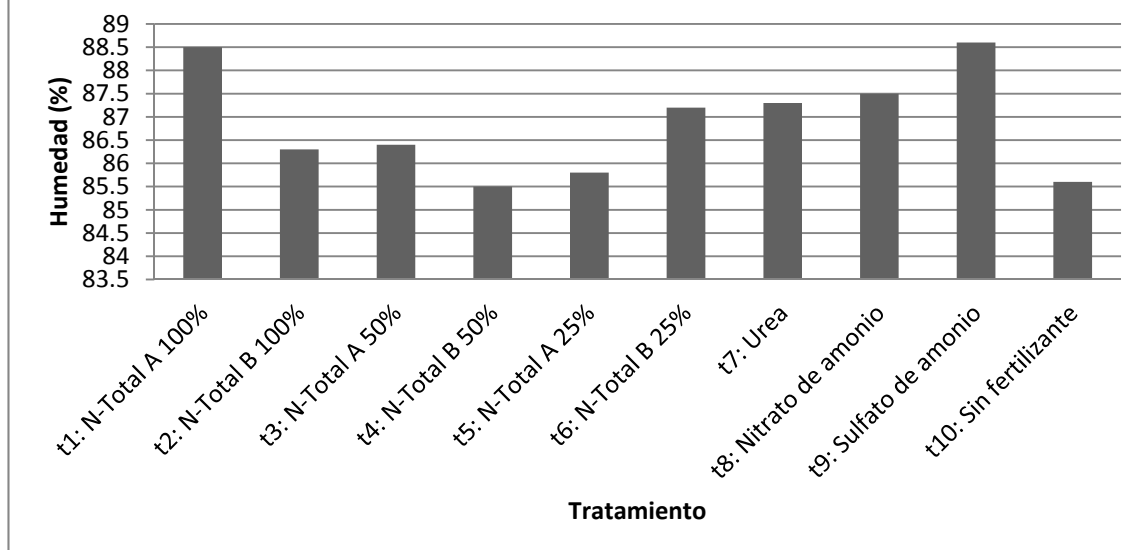


Figura 12.4: Concentración de nitrógeno (p/p) en plantas de maíz en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno (referencia Cuadro 22)

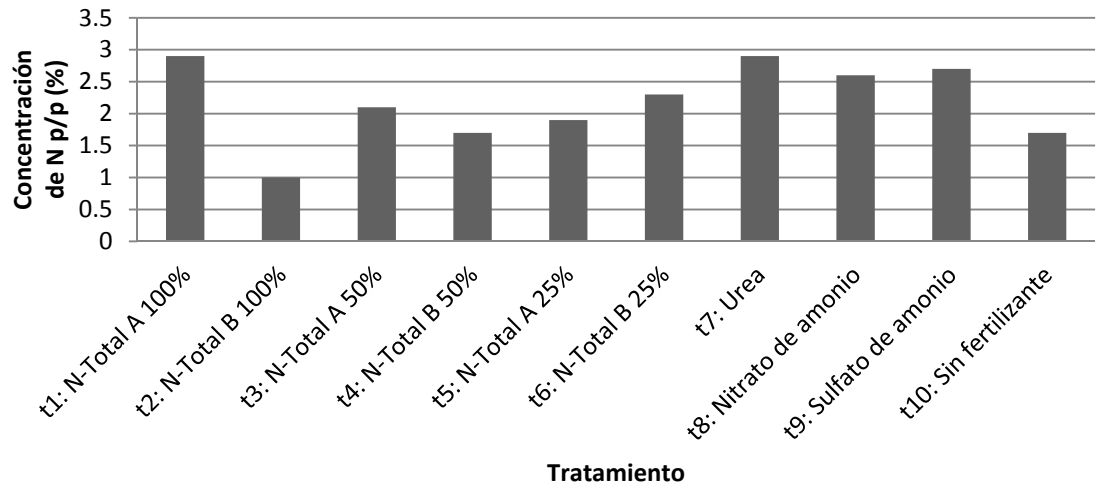
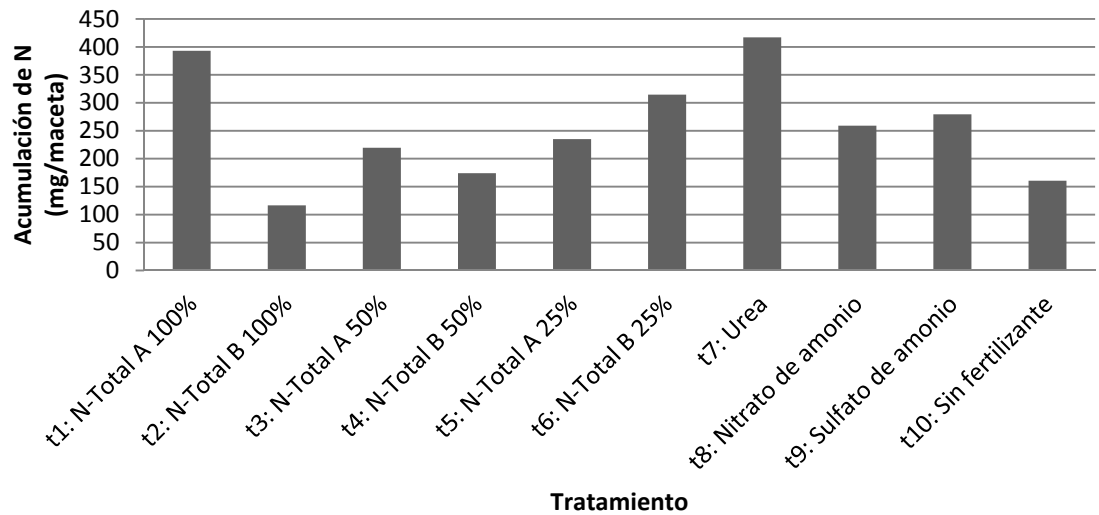


Figura 12.5: Acumulación de nitrógeno en plantas de maíz en el suelo de Masagua según la fuente de nitrógeno (referencia Cuadro 22)



El análisis de varianza para la variable de peso fresco total (Cuadro 23) indicó que existe diferencia significativa entre las fuentes de nitrógeno, entre los tipos de suelo y entre los cultivos. No hubo interacción entre los factores evaluados.

Cuadro 23: Resultados del análisis de varianza de la variable de peso fresco total en la evaluación de nitrógeno.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	2	191.3	95.7	1.2	0.4499	NS
Factor A (Cultivos)	1	1506.9	1506.9	19.3	0.0482	*
Error	2	156.5	78.2			
Factor B (Fuente de nitrógeno)	9	9968.9	1107.7	6.5	0.0000	*
AB	9	2224.9	247.2	1.4	0.2025	NS
Error	36	6119.6	170			
TOTAL	59	20168.1				

NS = No significativo ($p > 0.05000$)

* = Significativo ($p \leq 0.0500$)

El análisis de varianza para la variable de peso seco total (Cuadro 24) indicó que existe diferencia significativa entre las fuentes de nitrógeno. No hubo interacción entre los factores evaluados.

Cuadro 24: Resultados del análisis de varianza de la variable de peso seco total en la evaluación de nitrógeno.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	2	14.9	7.4	4.3	0.1896	NS
Factor A (Cultivos)	1	9.5	9.5	5.5	0.144	NS
Error	2	3.5	1.7			
Factor B (Fuente de nitrógeno)	9	95.2	10.6	2.5	0.0257	*
AB	9	23.5	2.6	0.6		NS
Error	36	153.5	4.3			
TOTAL	59	300.1				

NS = No significativo ($p > 0.05000$)

* = Significativo ($p \leq 0.0500$)

El análisis de varianza para la variable de acumulación total de nitrógeno (Cuadro 25) indicó que existe diferencia significativa entre las fuentes de nitrógeno. No hubo interacción entre los factores evaluados.

Cuadro 25: Resultados del análisis de varianza de la variable de acumulación total de nitrógeno en la evaluación de nitrógeno.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Probabilidad	Significancia
Repetición	2	5648.5	2824.2	9.2	0.0982	NS
Factor A (Cultivos)	1	3800.6	3800.6	12.4	0.0722	NS
Error	2	614.7	307.4			
Factor B (Fuente de nitrógeno)	9	419719.8	46635.5	25.4	0.0000	*
AB	9	41229.8	4581.1	2.5	0.0248	NS
Error	36	66090.2	1835.8			
TOTAL	59	537103.5				

NS = No significativo ($p > 0.05000$)

* = Significativo ($p \leq 0.0500$)

VIII. DISCUSIÓN

Las variables del experimento que se analizaron en el análisis de varianza solamente fueron el peso fresco total, el peso seco total y la acumulación de nitrógeno y potasio, ya que son éstas las que están fisiológicamente relacionadas a la absorción de los nutrientes aplicados con los tratamientos. Sin embargo, otras características observadas en los cultivos pueden ser indicadores de los resultados obtenidos en el análisis de varianza y es interesante discutirlos y tomarlos en cuenta dentro del análisis que se realiza en este estudio.

En la evaluación de potasio se observó diferencia en la altura de las plantas de cada tratamiento y cada suelo, aunque no tan marcadas como en la evaluación de nitrógeno. En la evaluación de potasio la diferencia de altura en las plantas de ambos cultivos más marcada se observó entre suelos y no entre los tratamientos dentro de cada suelo. Esto muestra una clara influencia del suelo en el cultivo. Aunque la literatura reporta un rango de pH del suelo adecuado para la absorción de potasio de 6 a 8.5, se puede deducir que el pH del suelo de San Raymundo de 6.2 (ver análisis de suelos sin fertilizante en el cuadro 2A del Anexo) es muy ácido para la óptima absorción del potasio adicionado e incluso del presente en el suelo originalmente. Por otro lado, el pH del suelo de Petén fue de 7.7 (Cuadro 1A) que aún se encuentra en el rango adecuado pero puede que haya sido un poco alto para la óptima absorción del potasio y de otros elementos.

Como se detalla a continuación, en ambos suelos de la evaluación de potasio, fue el cultivo de tomate el que presentó mayores diferencias entre los tratamientos y los suelos en comparación con el maíz, porque el tomate fue más afectado por las diferencias en la absorción del potasio y de otros elementos (como el nitrógeno) ocasionadas por el pH del suelo.

Como se muestra en la Figura 1 en la sección de Resultados, la altura de las plantas de tomate en el suelo de Petén (evaluación de potasio) fue muy similar entre los tratamientos durante los primeros 45 días de cultivo, después de los cuales las plantas del tratamiento sin fertilizante se quedaron estancadas en el crecimiento, las plantas del tratamiento de nitrato de potasio granulado crecieron relativamente poco, mientras que los tratamientos con Pro-K A, Pro-K B y nitrato de potasio soluble mostraron una continuidad en el desarrollo de la altura muy similar entre ellas. Estos resultados se deben a que los tratamientos a ase de fertilizantes líquidos (Pro-K A y B) y el nitrato de potasio soluble son altamente solubles en la solución del suelo y las plantas absorbieron continuamente los nutrientes. A diferencia del nitrato de potasio granulado que, si en algún momento hizo falta agua en el cultivo, debió haber tenido problemas en la absorción de los nutrientes aplicados o incluso una evaporación del nitrato del fertilizante por permanecer más tiempo en el suelo.

Por el contrario, la altura de las plantas de maíz también en el suelo de Petén se observó muy similar entre todos los tratamientos incluso el tratamiento sin fertilizante, como se observa en la Figura 2 en los resultados. Esto se debe a que el maíz hasta antes de la producción del grano no es tan susceptible como el tomate a los leves cambios en la absorción de los nutrientes y el pH del suelo resultó ser adecuado.

En el suelo de San Raymundo en la evaluación de potasio la altura de las plantas de tomate (Figura 3) varió entre los tratamientos a partir del día 40, donde las medidas más bajas las presentó el tratamiento con Pro-K A, y las medidas más altas las presentaron las plantas del tratamiento con Pro-K B, muy similares al tratamiento sin fertilizante. Los otros dos tratamientos con fertilizante se mantuvieron en medio de éstos. Puede ser que la absorción del fertilizante Pro-K A fuera afectado por el pH ácido del suelo, no así el Pro-K B ni los nutrientes presentes en el suelo originalmente, ya que las plantas a las que no se añadió fertilizante se desarrollaron tan bien como las del tratamiento Pro-K B.

La altura de las plantas de maíz en el suelo de San Raymundo (evaluación de potasio) empezaron a diferenciarse levemente entre los tratamientos hasta el día 50 de cultivo, aunque muy poco, pero fue el tratamiento sin fertilizante que presentó las medidas más bajas (Figura 4). Aquí se ve nuevamente que el pH ácido del suelo, entre otros factores, afectó muy poco la absorción de los nutrientes en las plantas de maíz.

En la evaluación de potasio el análisis de varianza de la variable de peso fresco total demostró que existe diferencia significativa entre las fuentes de potasio, aunque también entre los suelos, no así entre los cultivos (Cuadro 16). A pesar de que la textura arcillosa y pegajosa que tenía el suelo de Petén, la disponibilidad de los nutrientes, la absorción de éstos por la planta y la absorción del agua fue mayor en el suelo de Petén que en el suelo de San Raymundo.

El efecto de los tratamientos fue determinante en el peso fresco de las plantas obtenido durante su desarrollo, siendo el mayor el del tratamiento con Pro-K B en las plantas de maíz y tomate en ambos suelos (Figuras 5.1, 6.1, 7.1 y 8.1). Así también, la diferencia en peso fresco total entre los suelos es mayor en el de Petén que en San Raymundo, lo que puede deberse a una mayor absorción de nutrientes en el suelo de Petén, que tenía un pH más neutral que el ácido pH de 6.2 del suelo de San Raymundo, que resultó en una menor absorción de nutrientes en este suelo.

El análisis de varianza en la evaluación de potasio reportó para la variable de peso seco total una diferencia significativa entre las fuentes de potasio, pero también entre los cultivos y en la interacción suelos-cultivos (Cuadro 17). En el cultivo de maíz en suelo de San Raymundo (Figura 8.2) el mayor peso total lo mostró el tratamiento con Pro-K B, seguido del tratamiento con Pro-K A, luego los tratamientos de nitrato de potasio soluble y granulado y por último el de sin fertilizante. En el suelo de San Raymundo en las plantas de tomate (Figura 7.2), el peso seco de todos los tratamientos fue muy similar. Esto muestra que a pesar de que las alturas variaron en estas plantas la producción de materia no mermó debido al pH del suelo, a diferencia de lo ocurrido en el suelo de Petén.

En el suelo de Petén las plantas de maíz (Figura 6.2), los tratamientos Pro-K B y nitrato de potasio granulado tuvieron un mayor peso seco total que los demás tratamientos, seguido de las de nitrato de potasio soluble y Pro-K A, muy similar también al del tratamiento sin fertilizante. Aquí mismo, en el cultivo del tomate (Figura 5.2), el mayor peso seco total lo registró el tratamiento de nitrato de potasio soluble seguido del nitrato de potasio granulado, luego el tratamiento de Pro-K B y Pro-K A.

El análisis de varianza en la evaluación de potasio para la variable de acumulación total de potasio indicó diferencia significativa entre las fuentes de potasio, entre los tipos de suelo y entre los cultivos (Cuadro 18). Esto significa que la absorción de potasio fue afectada por todos los factores. En el suelo de Petén (Figura 6.5) las plantas de maíz del tratamiento con Pro-K B presentan la mayor acumulación de potasio, seguido del tratamiento de nitrato de potasio granulado y soluble, y del de sin fertilizante, siendo el último el tratamiento de Pro-K A; lo anterior indica que las plantas fertilizadas con Pro-K B presentaron una mayor absorción de potasio que todos los demás. La coloración amarillenta de las plantas del tratamiento Pro-K A (Figura 2A del anexo) puede deberse a la baja absorción de nitrógeno, la que puede deberse también a la alta concentración de sales en el suelo (Cuadro 1A), y a las altas saturaciones de calcio y magnesio.

Mientras tanto, en tomate, en el suelo de Petén (Figura 5.5), la diferencia en acumulación de potasio entre los tratamientos de Pro-K B y Pro-K A es mínima, siendo muy similar a la acumulación en el tratamiento sin fertilizante, y el valor más bajo lo obtuvo el tratamiento con nitrato de potasio soluble.

En la evaluación de potasio en el suelo de San Raymundo, la acumulación de potasio en maíz (Figura 8.5) también fue mayor en los tratamientos de Pro-K B y nitrato de potasio granulado, seguidos de

los demás tratamientos de los cuales la acumulación más baja se obtuvo en las plantas de Pro-K A. Mientras que en tomate (Figura 7.5), la mayor acumulación de potasio se presentó en los tratamientos de nitrato de potasio granulado y soluble, seguidos los tratamientos con Pro-K A y Pro-K B, muy por encima del tratamiento sin fertilizante. Debe mencionarse aquí que algunos factores del suelo de San Raymundo debieron haber afectado tanto la absorción del potasio como de otros elementos como el nitrógeno. Este suelo presentaba una saturación de potasio dentro del rango de lo adecuado según la literatura (Cuadro 2A) pero aún así es alta (5.7%). La absorción del potasio debió haber sido afectada por las altas saturaciones de magnesio y calcio. La coloración amarillenta que presentaron las plantas de tomate en las hojas bajas en los tratamientos de Pro-K A y B y de nitrato de potasio granular (Figura 3A del anexo) se debió a los bajos niveles de nitrógeno que presentaba el suelo (Cuadro 2A).

En la evaluación de nitrógeno las plantas de tomate presentaron diferentes alturas entre los tratamientos desde el día 20 de cultivo. Puede observarse en la Figura 9 que a partir de este momento el tratamiento sin fertilizante se quedó por debajo de los demás hasta que alrededor del día 60 siguió con su crecimiento continuo muy similar a la media de todos los tratamientos, que fue constante, mientras que los tratamientos que reportaron una altura menor a los demás al momento de la cosecha fueron los tratamientos de N-Total B 100% y sulfato de amonio. El tratamiento con una mayor altura en este momento fue el de urea.

En el cultivo de maíz (Figura 10) todos los tratamientos siguieron una línea similar y fue hasta alrededor del día 55 que se observaron diferencias. Al momento de la cosecha fue el tratamiento de N-Total B 25% el que presentó la mayor altura, seguido de los tratamientos de N-Total B 100% y N-Total A 100%, mientras que los tratamientos con plantas de menor altura fueron Nitrato de amonio y el testigo sin fertilizante.

El pH del suelo de Masagua fue de 6.4 (Cuadro 3A), lo que es muy ácido para la adecuada absorción del nitrógeno. Esto pudo causar la coloración amarillenta en los tratamientos con N-Total B observada tanto en maíz como en tomate en comparación de las plantas de los tratamientos con N-Total A (Figuras 8A y 12A).

El análisis de varianza en la evaluación de nitrógeno para la variable de peso fresco total (Cuadro 23) indicó diferencia significativa entre las fuentes de nitrógeno y entre los cultivos. La diferencia significativa entre los cultivos puede indicar que tanto la absorción de nutrientes como de agua fue muy diferente para tomate y maíz.

En el cultivo de maíz el mayor peso fresco acumulado (Figura 12.1) fue en las plantas del tratamiento de N-Total A al 100% de la dosis y éste fue más bajo en el 50% y 25% de la dosis (tratamientos 13 y 15). El peso fresco total en las plantas del tratamiento con N-Total B al 100% fue mucho menor y más aún en el 50% de la dosis, pero el tratamiento con N-Total B 25% fue similar al de N-Total A 100%. Esto sugiere que fue la aplicación del fertilizante N-Total B la que afectó la absorción de los nutrientes, quizá acidificando el suelo o causando antagonismo de los elementos. El tratamiento de urea tuvo el segundo mayor peso fresco de todos los tratamientos, mientras que los tratamientos de nitrato de amonio y sulfato de amonio y el testigo sin fertilizante presentaron niveles tan bajos como los de N-Total B.

En el cultivo de tomate los niveles de tomate los niveles de peso fresco no llegaron tan alto como en el maíz (Figura 11.1) y fue también el tratamiento con N-Total A 100% el que presentó el mayor peso fresco. Todos los demás tratamientos de N-Total A y B fueron los más bajos similares al tratamiento sin fertilizante. Nuevamente fue el tratamiento de urea el segundo mayor en peso fresco, seguidos de nitrato de amonio y sulfato de amonio.

El análisis de varianza para la variable de peso seco total de la evaluación de nitrógeno (Cuadro 24) mostró diferencia significativa entre las fuentes de nitrógeno. Esto quiere decir que los tratamientos fueron un factor influyente en la producción de tejido de las plantas de tomate y maíz, proporcionalmente.

El mayor de los pesos secos en el cultivo de maíz (Figura 12.2) se observó en el tratamiento de urea, seguidos de los tratamientos de N-Total B 25% y N-Total A 100%. También en el cultivo de tomate el tratamiento con urea presentó el mayor peso seco total (Figura 11.2). Se observa en la Figura 12.2 que en maíz, al bajar la dosis de N-Total B aumenta el peso seco total, lo que se detecta también en las plantas de tomate (Figura 11.2). En este punto es importante señalar que en los Cuadros 5A, 6A y 7A del Anexo, que presentan los análisis de los suelos de los tratamientos N-Total B en las tres dosis en tomate, se observa que cuando la dosis de N-Total B es al 100%, los niveles de manganeso (Mn) y zinc (Zn) son bajos, y por el contrario, son adecuados cuando la dosis de N-Total B es del 25% y del 50%. El manganeso propicia la utilización del nitrógeno dentro de la planta y la falta del mismo pudo haber causado una menor acumulación de biomasa en estas plantas. El Cuadro 5A muestra que el pH del suelo de Masagua para el cultivo de tomate con el tratamiento N-Total B 100% es ácido (pH de 6.4), y la saturación de potasio y magnesio es alta, lo que pudo interferir en la absorción del nitrógeno.

En esta misma evaluación, el análisis de varianza indicó para la variable de acumulación total de nitrógeno diferencia significativa entre las fuentes de nitrógeno (Cuadro 25). Los niveles de acumulación de nitrógeno presentan una gran diferencia entre casi todos los tratamientos en las plantas de tomate (Figura 11.5), siendo las que más acumularon las del tratamiento con urea, seguido de los tratamientos de sulfato de amonio, nitrato de amonio y N-Total A 100%. Las plantas que menos nitrógeno acumularon fueron las de los tratamientos de N-Total B al 100% y 50% de la dosis. En el suelo de Masagua la saturación de magnesio es extremadamente alta (Cuadro 3A) y esto debió afectar la disponibilidad de otros nutrientes como potasio en algunos de los tratamientos y el pH ligeramente ácido de 6.4 debió volatilizar el nitrógeno del suelo.

IX. CONCLUSIONES

A. Evaluación de Potasio:

1. Se encontró diferencia estadísticamente significativa entre las fuentes de potasio evaluadas en maíz y tomate.
2. Las plantas de maíz y tomate fertilizadas con Pro-K B, nitrato de potasio soluble y nitrato de potasio granulado obtuvieron un mayor peso fresco y seco y acumularon más potasio que las plantas fertilizadas con Pro-K A.
3. Las plantas de maíz y tomate en el suelo de Petén presentaron mayor peso fresco, peso seco y acumulación de potasio que las plantas del suelo de San Raymundo.

B. Evaluación de Nitrógeno:

1. Se encontró diferencia estadísticamente significativa entre las fuentes de nitrógeno evaluadas en maíz y tomate.
2. El peso fresco total fue mayor en las plantas de tomate y maíz fertilizadas con N-Total A y Urea.
3. El peso seco total en las plantas de maíz fue mayor con el tratamiento de Urea, mientras que en las plantas de tomate fue mayor con los tratamientos N-Total A y Urea.
4. La acumulación de nitrógeno en las plantas de maíz fue mayor con los tratamientos de Urea y N-Total A, mientras que en las plantas de tomate la mayor acumulación de nitrógeno ocurrió en los tratamientos de Urea, Nitrato de Amonio, Sulfato de Amonio y N-Total A.

X. RECOMENDACIONES

Aunque los resultados obtenidos a nivel de producción de biomasa y acumulación de nutrientes fueron positivos para los productos Pro-K B y N-Total A, se recomienda hacer otras evaluaciones en campo persiguiendo resultados en producción de cosecha, preferiblemente en cultivos de ciclo corto para una observación pronta de los efectos de los tratamientos, ya que desde el punto de vista comercial, para el agricultor es de mayor importancia los resultados obtenidos en la cosecha.

Es recomendable evaluar estos mismos fertilizantes ya que las fuentes convencionales de nitrógeno y potasio utilizadas en este estudio son las más utilizadas en general en las plantaciones comerciales.

XI. BIBLIOGRAFÍA

FAO. (http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=docrep/007/y5210s/y5210s07.htm)

FAO e IFA. 2002. Los fertilizantes y su uso. Cuarta edición. Roma.
(http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/PDF/2002_fertilizers_use_spanish.pdf)

Follet, R., L. Murphy y R. Donahue. 1981. *Fertilizers and soil amendments*. Prentice-Hall, Inc. EE.UU.

Guerrero, R. *Manual técnico, propiedades generales de los fertilizantes*. Monómeros. Colombia.

Gros, A. *Abonos: Guía práctica de la fertilización*. 7ª edición. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

Hauck, R. 1984. (Stangel, P.: World Nitrogen situation-Trends, Outlook, and requirements). *Nitrogen in Crop Production*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America y Soil Science Society of America, Wisconsin, USA.

Maroto, J. 2000. *Elementos de horticultura general*. 2ª edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Munson, R. 1985. *Potassium in agriculture*. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison.

Primo, E. y J. Carrasco. 1973. *Química Agrícola*, Tomo I: Suelos y Fertilizantes. Primera edición. Editorial Alhambra, Madrid.

UNIDO. 1980. *World-wide study of the fertilizer industry*. 1975-2000.

Sánchez, J. (http://www.fertitec.com/informaciones/fer_princ_fac_apl.htm#up)

XII. ANEXOS

Cuadro 1A: Análisis de suelo Petén sin fertilizante (ningún tratamiento)

Parámetros del suelo	Cantidad	Nivel	Rango adecuado
pH	7.7	alcalino	5.5-7.2
Concentración de Sales	0.74dS/m	adecuado	0.2-0.8 dS/m
Materia orgánica	< 6.0 %	adecuado	2.0-4.0 %
C.I.C.e	56.5 meq/100ml	alto	5.0-15.0 meq/100ml
Saturación K	2.1%	bajo	4-6 %
Saturación de Ca	81.7%	alto	60-80 %
Saturación de Mg	16.2%	adecuado	10-20 %
Saturación Al+H	0.0%	bajo	< 20 %
Elemento	Concentración ppm (p/v)		ppm (p/v)
Nitrato (N-NO ₃)	145.9	adecuado	25-250
Fósforo (P)	14.0	bajo	30-75
Potasio (K)	455.0	adecuado	300-500
Calcio (Ca)	9240.0	alto	2000-3000
Magnesio (Mg)	1100.0	alto	250-500
Azufre (S)	59.5	adecuado	10-100
Cobre (Cu)	12.2	alto	1-7
Hierro (Fe)	124.0	adecuado	40-250
Manganeso (Mn)	126.0	adecuado	10-250
Zinc (Zn)	5.9	adecuado	2-25
Aluminio (Al)	< 8.0	bajo	< 100

Cuadro 2A: Análisis de suelo San Raymundo sin fertilizante (ningún tratamiento)

Parámetros del suelo	Cantidad	Nivel	Rango adecuado
pH	6.4	medio	5.5-7.2
Concentración de Sales	0.18dS/m	bajo	0.2-0.8 dS/m
Materia orgánica	2.4 %	adecuado	2.0-4.0 %
C.I.C.e	9.7 meq/100ml	adecuado	5.0-15.0 meq/100ml
Saturación K	5.7%	adecuado	4-6 %
Saturación de Ca	76.1%	adecuado	60-80 %
Saturación de Mg	18.2%	adecuado	10-20 %
Saturación Al+H	0.0%	bajo	< 20 %
Elemento	Concentración ppm (p/v)		ppm (p/v)
Nitrato (N-NO ₃)	9.9	bajo	25-250
Fósforo (P)	20.0	bajo	30-75
Potasio (K)	216.0	adecuado	150-300
Calcio (Ca)	1470.0	adecuado	1000-2000
Magnesio (Mg)	211.0	adecuado	100-250
Azufre (S)	40.4	adecuado	10-100
Cobre (Cu)	3.9	adecuado	1-7
Hierro (Fe)	234.0	adecuado	40-250
Manganeso (Mn)	59.8	adecuado	10-250
Zinc (Zn)	5.5	adecuado	2-25
Aluminio (Al)	< 8.0	bajo	< 100

Cuadro 3A: Análisis de suelo Masagua sin fertilizante (ningún tratamiento)

Parámetros del suelo	Cantidad	Nivel	Rango adecuado
pH	6.4	medio	5.5-7.2
Concentración de Sales	0.17dS/m	bajo	0.2-0.8 dS/m
Materia orgánica	< 6.0 %	adecuado	2.0-4.0 %
C.I.C.e	19.2 meq/100ml	alto	5.0-15.0 meq/100ml
Saturación K	5.5%	adecuado	4-6 %
Saturación de Ca	61.8%	adecuado	60-80 %
Saturación de Mg	32.7%	alto	10-20 %
Saturación Al+H	0.0%	bajo	< 20 %
Elemento	Concentración ppm (p/v)		ppm (p/v)
Nitrato (N-NO ₃)	14.0	bajo	25-250
Fósforo (P)	< 10.0	bajo	30-75
Potasio (K)	410.0	adecuado	300-500
Calcio (Ca)	2380.0	adecuado	2000-3000
Magnesio (Mg)	755.0	alto	250-500
Azufre (S)	40.7	adecuado	10-100
Cobre (Cu)	5.0	adecuado	1-7
Hierro (Fe)	178.0	adecuado	40-250
Manganeso (Mn)	70.0	adecuado	10-250
Zinc (Zn)	4.3	adecuado	2-25
Aluminio (Al)	< 8.0	bajo	< 100

Cuadro 4A: Análisis de suelo Masagua, cultivo Tomate, tratamiento N-Total A 100%

Parámetros del suelo	Cantidad	Nivel	Rango adecuado
pH	6.4	medio	5.5-7.2
Concentración de Sales	0.16dS/m	adecuado	0.2-0.8 dS/m
Materia orgánica	5.7 %	alto	2.0-4.0 %
C.I.C.e	22.9 meq/100ml	alto	5.0-15.0 meq/100ml
Saturación K	2.5%	alto	4-6 %
Saturación de Ca	72.3%	adecuado	60-80 %
Saturación de Mg	25.2%	alto	10-20 %
Saturación Al+H	0.0%	bajo	< 20 %
Elemento	Concentración ppm (p/v)		ppm (p/v)
Nitrato (N-NO ₃)	28.9	adecuado	25-250
Fósforo (P)	56.0	adecuado	30-75
Potasio (K)	227.0	bajo	300-500
Calcio (Ca)	3310.0	alto	2000-3000
Magnesio (Mg)	692.0	alto	250-500
Azufre (S)			
Cobre (Cu)	4.0	adecuado	1-7
Hierro (Fe)	129.0	adecuado	40-250
Manganeso (Mn)	43.8	adecuado	10-250
Zinc (Zn)	5.3	adecuado	2-25
Aluminio (Al)	< 8.0	bajo	< 100

Cuadro 5A: Análisis de suelo Masagua, cultivo Tomate, tratamiento N-Total B 100%

Parámetros del suelo	Cantidad	Nivel	Rango adecuado
pH	6.4	medio	5.5-7.2
Concentración de Sales	0.28dS/m	adecuado	0.2-0.8 dS/m
Materia orgánica	5.5 %	alto	2.0-4.0 %
C.I.C.e	23.8 meq/100ml	alto	5.0-15.0 meq/100ml
Saturación K	6.4%	alto	4-6 %
Saturación de Ca	69.2%	adecuado	60-80 %
Saturación de Mg	24.3%	alto	10-20 %
Saturación Al+H	0.0%	bajo	< 20 %
Elemento	Concentración ppm (p/v)		ppm (p/v)
Nitrato (N-NO ₃)	34.7	adecuado	25-250
Fósforo (P)	67.6	adecuado	30-75
Potasio (K)	595.0	alto	300-500
Calcio (Ca)	3290.0	alto	2000-3000
Magnesio (Mg)	694.0	alto	250-500
Azufre (S)			
Cobre (Cu)	3.9	adecuado	1-7
Hierro (Fe)	129.0	adecuado	40-250
Manganeso (Mn)	8.0	bajo	10-250
Zinc (Zn)	0.8	bajo	2-25
Aluminio (Al)	< 8.0	bajo	< 100

Cuadro 6A: Análisis de suelo Masagua, cultivo Tomate, tratamiento N-Total B 50%

Parámetros del suelo	Cantidad	Nivel	Rango adecuado
pH	6.5	medio	5.5-7.2
Concentración de Sales	0.25dS/m	adecuado	0.2-0.8 dS/m
Materia orgánica	5.8 %	alto	2.0-4.0 %
C.I.C.e	24.5 meq/100ml	alto	5.0-15.0 meq/100ml
Saturación K	5.7%	adecuado	4-6 %
Saturación de Ca	69.7%	adecuado	60-80 %
Saturación de Mg	24.6%	alto	10-20 %
Saturación Al+H	0.0%	bajo	< 20 %
Elemento	Concentración ppm (p/v)		ppm (p/v)
Nitrato (N-NO ₃)	33.1	adecuado	25-250
Fósforo (P)	50.1	adecuado	30-75
Potasio (K)	549.0	alto	300-500
Calcio (Ca)	3420.0	alto	2000-3000
Magnesio (Mg)	723.0	alto	250-500
Azufre (S)			
Cobre (Cu)	4.1	adecuado	1-7
Hierro (Fe)	124.0	adecuado	40-250
Manganeso (Mn)	44.4	adecuado	10-250
Zinc (Zn)	3.3	adecuado	2-25
Aluminio (Al)	< 8.0	bajo	< 100

Cuadro 7A: Análisis de suelo Masagua, cultivo Tomate, tratamiento N-Total B 25%

Parámetros del suelo	Cantidad	Nivel	Rango adecuado
pH	6.5	medio	5.5-7.2
Concentración de Sales	0.16dS/m	adecuado	0.2-0.8 dS/m
Materia orgánica	4.8 %	alto	2.0-4.0 %
C.I.C.e	22.9 meq/100ml	alto	5.0-15.0 meq/100ml
Saturación K	6.5%	adecuado	4-6 %
Saturación de Ca	66.7%	adecuado	60-80 %
Saturación de Mg	2.8%	alto	10-20 %
Saturación Al+H	0.0%	bajo	< 20 %
Elemento	Concentración ppm (p/v)		ppm (p/v)
Nitrato (N-NO ₃)	16.7	bajo	25-250
Fósforo (P)	29.7	bajo	30-75
Potasio (K)	579.0	alto	300-500
Calcio (Ca)	3050.0	alto	2000-3000
Magnesio (Mg)	737.0	alto	250-500
Azufre (S)			
Cobre (Cu)	4.3	adecuado	1-7
Hierro (Fe)	128.0	adecuado	40-250
Manganeso (Mn)	61.7	adecuado	10-250
Zinc (Zn)	3.2	adecuado	2-25
Aluminio (Al)	< 8.0	bajo	< 100

Cuadro 8A: Análisis de suelo Masagua, cultivo Tomate, tratamiento Urea.

Parámetros del suelo	Cantidad	Nivel	Rango adecuado
pH	6.5	medio	5.5-7.2
Concentración de Sales	0.15dS/m	adecuado	0.2-0.8 dS/m
Materia orgánica	5.1 %	alto	2.0-4.0 %
C.I.C.e	20.3 meq/100ml	alto	5.0-15.0 meq/100ml
Saturación K	6.1%	alto	4-6 %
Saturación de Ca	66.5%	adecuado	60-80 %
Saturación de Mg	27.5%	alto	10-20 %
Saturación Al+H	0.0%	bajo	< 20 %
Elemento	Concentración ppm (p/v)		ppm (p/v)
Nitrato (N-NO ₃)	31.7	adecuado	25-250
Fósforo (P)	18.1	bajo	30-75
Potasio (K)	480.0	adecuado	300-500
Calcio (Ca)	2700.0	adecuado	2000-3000
Magnesio (Mg)	669.0	alto	250-500
Azufre (S)			
Cobre (Cu)	4.2	adecuado	1-7
Hierro (Fe)	141.0	adecuado	40-250
Manganeso (Mn)	59.4	adecuado	10-250
Zinc (Zn)	3.1	adecuado	2-25
Aluminio (Al)	< 8.0	bajo	< 100

Cuadro 9A: Análisis de suelo Masagua, cultivo Tomate, tratamiento Nitrato de amonio.

Parámetros del suelo	Cantidad	Nivel	Rango adecuado
pH	6.2	medio	5.5-7.2
Concentración de Sales	0.24dS/m	adecuado	0.2-0.8 dS/m
Materia orgánica	4.6 %	alto	2.0-4.0 %
C.I.C.e	21.8 meq/100ml	alto	5.0-15.0 meq/100ml
Saturación K	3.2%	adecuado	4-6 %
Saturación de Ca	71.8%	adecuado	60-80 %
Saturación de Mg	25.0%	alto	10-20 %
Saturación Al+H	0.0%	bajo	< 20 %
Elemento	Concentración ppm (p/v)		ppm (p/v)
Nitrato (N-NO ₃)	86.2	adecuado	25-250
Fósforo (P)	58.9	adecuado	30-75
Potasio (K)	274.0	bajo	300-500
Calcio (Ca)	3130.0	alto	2000-3000
Magnesio (Mg)	654.0	alto	250-500
Azufre (S)			
Cobre (Cu)	4.1	adecuado	1-7
Hierro (Fe)	130.0	adecuado	40-250
Manganeso (Mn)	54.1	adecuado	10-250
Zinc (Zn)	3.4	adecuado	2-25
Aluminio (Al)	< 8.0	bajo	< 100

Cuadro 10A: Análisis de suelo Masagua, cultivo Tomate, tratamiento Sulfato de amonio.

Parámetros del suelo	Cantidad	Nivel	Rango adecuado
pH	5.8	medio	5.5-7.2
Concentración de Sales	0.36dS/m	adecuado	0.2-0.8 dS/m
Materia orgánica	5.8 %	alto	2.0-4.0 %
C.I.C.e	19.6 meq/100ml	alto	5.0-15.0 meq/100ml
Saturación K	4.0%	adecuado	4-6 %
Saturación de Ca	70.5%	adecuado	60-80 %
Saturación de Mg	25.5%	alto	10-20 %
Saturación Al+H	0.0%	bajo	< 20 %
Elemento	Concentración ppm (p/v)		ppm (p/v)
Nitrato (N-NO ₃)	28.9	adecuado	25-250
Fósforo (P)	47.2	adecuado	30-75
Potasio (K)	307.0	adecuado	300-500
Calcio (Ca)	2760.0	adecuado	2000-3000
Magnesio (Mg)	599.0	alto	250-500
Azufre (S)			
Cobre (Cu)	4.0	adecuado	1-7
Hierro (Fe)	134.0	adecuado	40-250
Manganeso (Mn)	35.8	adecuado	10-250
Zinc (Zn)	3.1	adecuado	2-25
Aluminio (Al)	< 8.0	bajo	< 100

Cuadro 11A: Altura de plantas de tomate en el suelo de Petén en la evaluación de potasio.

Tratamientos	Día 18		Día 25		Día 30		Día 39		Día 45						
	r1	r2	r1	r2	r1	r2	r1	r2	r1	r2					
T1: Pro-K A	14.3	15	14.65	21.7	23	22.35	31.5	32	31.75	55.5	56	55.75	68	69	68.5
T2: Pro-K B	16.8	19	17.9	21.6	28.3	24.95	30	42.5	36.25	58	68	63	72	78	75
T3: Nitrato de potasio soluble	19	18	18.5	26	27	26.5	35.5	43	39.25	62	68	65	76	76	76
T4: Nitrato de potasio granulado	17.2	17.2	17.2	27	26.4	26.7	36.5	38	37.25	61	67	64	71.5	81	76.25
T5: sin fertilizante	16.8	18.2	17.5	24.5	27	25.75	33	35.5	34.25	55	67	61	65	78	71.5

Tratamientos	Día 62		Día 73	
	r1	r2	r1	r2
T1: Pro-K A	115	101	108	140
T2: Pro-K B	98	97	97.5	123
T3: Nitrato de potasio soluble	114	101	107.5	122
T4: Nitrato de potasio granulado	83	97	90	98
T5: sin fertilizante	74.5	73	73.75	92
			80	86

Cuadro 12.A: Altura de plantas de maíz en el suelo de Petén en la evaluación de potasio

Tratamientos	Día 25			Día 30			Día 39		
	r1.1	r1.2	media	r1.1	r1.2	media	r1.1	r1.2	media
T1: Pro-K A	15	17.5	16.6	17.5	15	16.6	24	24	24
T2: Pro-K B	15.5	17	15.75	18.6	18.5	17.5	26	26.5	26.5
T3: Nitrato de potasio soluble	13.8	15.2	14.65	16.6	16.2	17.5	23	23	23.625
T4: Nitrato de potasio granulado	17	18.5	16.875	20	17	20.25	26	24	27.25
T5: sin fertilizante	16.8	14.6	15.55	20.5	17.5	18.3	28.5	22	24.875

Tratamientos	Día 45			Día 62			Día 73		
	r1.1	r1.2	media	r1.1	r1.2	media	r1.1	r1.2	media
T1: Pro-K A	32.5	30.5	34.75	52	60	61.5	74	90	95.25
T2: Pro-K B	33	31	34.5	70	63	66	106	99	104.5
T3: Nitrato de potasio soluble	34	29	30.25	55	69	67.5	89	108	106
T4: Nitrato de potasio granulado	30.5	30.5	34.75	56	66	66	114	77	104.25
T5: sin fertilizante	37	28	31.25	63	55	58.25	97	76	90.25

Cuadro 13.A: Altura de plantas de tomate en el suelo de San Raymundo en la evaluación de potasio

Tratamientos	Día 18			Día 25			Día 30			Día 39		
	r1	r2	media	r1	r2	media	r1	r2	media	r1	r2	media
T1: Pro-K A	19	23	21	30	31	30.5	41	35.7	38.35	54	45	49.5
T2: Pro-K B	20.4	21	20.7	31.3	29.2	30.25	44.5	40	42.25	50	56	53
T3: Nitrato de potasio soluble	17.4	19.2	18.3	27.8	28	27.9	41	39	40	51	51	51
T4: Nitrato de potasio granulado	20.3	22.2	21.25	28	33.4	30.7	38.5	41.5	40	50	57	53.5
T5: sin fertilizante	21.2	18	19.6	27	24	25.5	35.5	32.5	34	50	50	50

Continuación del Cuadro 13A: Altura de plantas de tomate en el suelo de San Raymundo en la evaluación de potasio.

Tratamientos	Día 45			Día 62			Día 73		
	r1	r2	media	r1	r2	media	r1	r2	media
T1: Pro-K.A	62	51	56.5	71	78	74.5	87	100	93.5
T2: Pro-K.B	70.5	69	69.75	113	101	107	128	102	115
T3: Nitrato de potasio soluble	78	72	75	112	80.5	96.25	115	91	103
T4: Nitrato de potasio granulado	58	73	65.5	78.5	88	83.25	93	95	94
T5: sin fertilizante	62	65	63.5	95.5	101	98.25	108	135	121.5

Cuadro 14A: Altura de plantas de maíz en el suelo de San Raymundo en la evaluación de potasio.

Tratamientos	Día 25			Día 30			Día 39		
	r1.1	r1.2	media	r1.1	r1.2	media	r1.1	r1.2	media
T1: Pro-K.A	14	16.4	16.2	16	20	19.875	22	27	24.5
T2: Pro-K.B	15.6	16.3	16.0	19.5	19.8	19.65	23	29	26
T3: Nitrato de potasio soluble	17.6	13.2	15.4	20	16	17.6	27	22.5	24.75
T4: Nitrato de potasio granulado	12.3	15	13.65	18	16.5	17.25	27	22	24.5
T5: sin fertilizante	11.2	16.3	13.75	15	18.5	17	19.5	26	22.75

Tratamientos	Día 45			Día 62			Día 73		
	r1.1	r1.2	media	r1.1	r1.2	media	r1.1	r1.2	media
T1: Pro-K.A	33	26	29.5	60	52	56	106	92	99
T2: Pro-K.B	30	39	34.5	55	73	64	71	102	86.5
T3: Nitrato de potasio soluble	32.5	29	30.75	68	60	64.25	97	99	98
T4: Nitrato de potasio granulado	30	30	30	62	61	61.5	96	99	97.5
T5: sin fertilizante	23	33	28	35	64.5	50	70	89	79.75

Cuadro 15A: Peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración y acumulación de potasio en plantas de tomate en el suelo de Petén en la evaluación de potasio.

Tratamientos	repetición	PESO FRESCO (gramos)			PESO SECO (gramos)			porcentaje de humedad	Concentración de K ₂ O (%)	Acumulación K	
		tallo	hoja	TOTAL	tallo	hoja	TOTAL			(mgr/maceta)	media
T1: Pro-K A	1	46.83	91.56	138.39	6.45	10.68	17.13	87.62	3.8	650.94	651.07
	2	43.34	78.40	121.74	5.29	8.72	14.01	88.49		532.38	
	3	49.13	97.37	146.50	7.88	12.38	20.26	86.17		769.88	
T2: Pro-K B	1	46.57	97.27	143.84	6.11	10.68	16.79	88.33	3.8	638.02	666.52
	2	50.25	100.11	150.36	5.76	10.54	16.30	89.16		619.40	
	3	51.04	99.96	151.00	7.74	11.79	19.53	87.07		742.14	
T3: Nitrato de potasio soluble	1	45.16	90.66	135.82	6.40	10.51	0.65	87.07	3	526.80	553.40
	2	57.16	98.59	155.75	7.64	11.08	18.72	87.98		561.60	
	3	48.78	88.96	137.74	6.99	12.07	19.06	86.16		571.80	
T4: Nitrato de potasio granulado	1	47.71	92.90	140.61	6.27	10.66	0.10	87.89	3.4	579.02	603.84
	2	53.39	104.57	157.96	7.23	11.87	19.10	87.91		649.40	
	3	41.45	80.58	122.03	6.52	10.10	0.53	85.95		583.10	
T5: sin fertilizante	1	41.01	96.29	137.30	5.01	9.89	14.90	89.15	4	596.00	646.40
	2	47.54	83.87	131.41	7.30	9.80	17.10	86.99		684.00	
	3	37.58	88.08	125.66	5.98	10.50	16.48	86.89		659.20	

Cuadro 16A: Peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración y acumulación de potasio en plantas de maíz en el suelo de Petén en la evaluación de potasio.

Tratamientos	repetición	PESO FRESCO (gramos)			PESO SECO (gramos)			porcentaje de		Concentración de K ₂ O p/p (%)	Acumulación K	
		tallo	hoja	TOTAL	tallo	hoja	caído	humedad	media		(mgr/macetn)	media
T1: Pro-K A	1	60.80	37.56	98.36	4.58	5.26	1.42	11.26	88.55	4.6	517.96	653.51
	2	98.67	57.23	155.90	7.48	8.29	0.48	16.25	89.58		747.50	
	3	98.33	51.29	149.62	7.58	7.15	0.38	15.11	89.90		695.06	
T2: Pro-K B	1	116.24	76.67	192.91	7.35	10.59	0.34	18.28	90.52	4.8	877.44	835.04
	2	103.57	57.44	161.01	8.53	7.78	0.37	16.68	89.64		800.64	
	3	102.67	59.24	161.91	8.11	8.47	0.65	17.23	89.36		827.04	
Nitrato de potasio soluble	1	90.08	63.46	153.54	5.97	8.84	0.17	14.98	90.24	4.5	674.10	694.05
	2	76.43	50.75	127.18	4.85	6.47	0.41	11.73	90.78		527.85	
	3	116.22	71.04	187.26	8.88	10.52	0.16	19.56	89.55		880.20	
T4: Nitrato de potasio granulado	1	78.79	50.07	128.86	7.71	7.02	0.88	15.61	87.89	4.4	686.84	780.85
	2	103.04	65.92	168.96	8.75	9.29		18.04	89.32		793.76	
	3	112.88	68.16	181.04	9.37	9.61	0.61	19.59	89.18		861.96	
T5: sin fertilizante	1	93.56	57.52	151.08	7.78	8.50	0.76	17.04	88.72	4.9	834.96	675.71
	2	49.80	33.97	83.77	6.04	4.80	0.58	11.42	86.37		559.58	
	3	72.64	40.73	113.37	5.46	6.23	1.22	12.91	88.61		632.59	

Cuadro 17A: Peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración y acumulación de potasio en plantas de tomate en el suelo de San Raymundo en la evaluación de potasio.

Tratamientos	repetición	PESO FRESCO (gramos)			PESO SECO (gramos)			porcentaje de humedad		Concentración de K p/p (%)	Acumulación K	
		tallo	hoja	TOTAL	tallo	hoja	caído	TOTAL	media		media	(mgr/maceta)
T1: Pro-K A	1	41.56	68.00	109.56	5.94	8.43		14.37	86.8839	3.6	517.32	522.60
	2	37.36	72.31	109.67	5.63	8.82		14.45	86.82411		520.20	
	3	40.51	72.47	112.98	6.19	8.54		14.73	86.96229		530.28	
T2: Pro-K B	1	43.40	73.9	117.3	6.46	8.41		14.87	87.3231	3.5	520.45	486.97
	2	40.13	68.74	108.87	5.59	7.83		13.42	87.67337		469.70	
	3	42.09	68.46	110.55	5.82	7.63		13.45	87.83356		470.75	
T3: Nitrato de potasio soluble	1	45.06	72.63	117.69	6.21	8.66		14.87	87.36511	4	594.80	570.00
	2	45.73	72.48	118.21	5.99	8.06		14.05	88.11437		562.00	
	3	45.32	70.02	115.34	5.94	7.89		13.83	88.00936		553.20	
T4: Nitrato de potasio granulado	1	39.72	81.01	120.73	5.16	8.48		13.64	88.70206	4.1	559.24	599.01
	2	42.01	77.76	119.77	5.94	9.28		15.22	87.29231		624.02	
	3	44.48	75.91	120.39	6.1	8.5	0.37	14.97	87.56541		613.77	
T5: sin fertilizante	1	27.29	43.45	70.74	4.64	5.22		9.86	86.06163	3.1	305.66	285.30
	2	30.17	42.94	73.11	4.56	3.65		8.21	88.77035		254.51	
	3	32.15	41.00	73.15	4.79	4.75		9.54	86.9583		295.74	

Cuadro 18A: Peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración y acumulación de potasio en plantas de maíz en el suelo de San Raymundo en la evaluación de potasio.

Tratamientos	repetición	PESO FRESCO (gramos)			PESO SECO (gramos)			porcentaje de humedad		Concentración de K ₂ O (%)	Acumulación K	
		tallo	hoja	TOTAL	tallo	hoja	caído	TOTAL	media		(mg/maceta)	media
T1: Pro-K A	1	72.47	74.91	147.38	7.39	6.76	0.74	14.89	89.90	3.6	536.04	521.76
	2	91.91	59.69	151.6	8.47	8.67	0.93	18.07	88.08			
	3	53.9	40.6	94.5	4.2	5.48	0.84	10.52	88.87			
T2: Pro-K B	1	78.10	50.17	137.36	8.3	8.42	0.38	17.1	87.55	4	684.00	655.60
	2	82.28	53.17	135.45	7.16	7.37	1.01	15.54	88.53			
	3	81.57	63.53	145.1	6.3	9.54	0.69	16.53	88.61			
T3: Nitrato de potasio soluble	1	84.32	61.52	145.84	6.73	8.93	0.07	15.73	89.21	4.7	739.31	599.41
	2	50.83	30.38	81.21	2.87	3.7	1.57	8.14	89.98			
	3	75.51	56.61	132.12	5.84	7.97	0.58	14.39	89.11			
T4: Nitrato de potasio granulado	1	71.62	41.37	112.99	5.68	6.25	1.72	13.65	87.92	4.7	641.55	663.80
	2	76.73	54.53	131.26	6.93	7.97	0.32	15.22	88.40			
	3	71.89	54.97	126.86	5.21	7.39	0.9	13.5	89.36			
T5: sin fertilizante	1	61.34	46.4	107.74	5.83	6.41	0.5	12.74	88.18	4.7	598.78	561.49
	2	45.54	29.51	75.05	4.68	4.62	1.27	10.57	85.92			
	3	45.79	34.1	79.89	6.24	5.59	0.7	12.53	84.32			

Cuadro 19A: Altura de plantas de tomate en el suelo de Masagua en la evaluación de nitrógeno.

Tratamientos	Día 18			Día 25			Día 30			Día 39		
	r1	r2	media	r1	r2	media	r1	r2	media	r1	r2	media
t1: N-Total A 100%	17.5	21	19.25	28	30.8	29.4	40.6	44.6	42.6	55.5	54	54.75
t2: N-Total B 100%	19.7	20	19.85	30	30	30	40.4	43	41.7	52	60	56
t3: N-Total A 50%	18.7	20.1	19.4	31.2	31.5	31.35	43	44.7	43.85	54	60	57
t4: N-Total B 50%	20.4	21	20.7	31.5	33	32.25	40.5	44.5	42.5	52	59	55.5
t5: N-Total A 25%	19.7	20.9	20.3	30	31	30.5	40	42.5	41.25	48	55	51.5
t6: N-Total b 25%	14.5	15.5	15	24	24	24	35	34	34.5	49	57	53
t7: Urea	13.7	15.2	14.45	23.2	27	25.1	36.5	40.4	38.45	54	56	55
t8: Nitrato de amonio granulado	19	22.2	20.6	29	33	31	40.7	43.4	42.05	56	58	57
t9: Nitrato de amonio soluble	19.1	18.2	18.65	29.5	27.5	28.5	42	40	41	57	55.5	56.25
t10: Sin fertilizante	17.5	13	15.25	22.5	16.5	19.5	26.7	21.5	24.1	37	44	40.5

Tratamientos	Día 45			Día 62			Día 73		
	r1	r2	media	r1	r2	media	r1	r2	media
t1: N-Total A 100%	66	61.5	63.75	69	106	87.5	79	127	103
t2: N-Total B 100%	58	75	66.5	72.5	88	80.25	72	88	80
t3: N-Total A 50%	64	71	67.5	81	89.5	85.25	100	113	106.5
t4: N-Total B 50%	55	70	62.5	78.5	107	92.75	95	115	105
t5: N-Total A 25%	52	66	59	73	92	82.5	83	120	101.5
t6: N-Total b 25%	54	70	62	91.5	98.5	95	100	124	112
t7: Urea	65	69	67	102	112	107	103	119	111
t8: Nitrato de amonio granulado	67	70	68.5	81.5	83	82.25	89	97	93
t9: Nitrato de amonio soluble	68	67	67.5	70	70	70	81	96	88.5
t10: Sin fertilizante	47	57	52	90	83	86.5	95	120	107.5

Cuadro 20A: Altura de plantas de maíz en el suelo de Masagua en la evaluación de nitrógeno.

Tratamientos	Día 25			Día 30			Día 39		
	r1.1	r1.2	media	r1.1	r1.2	media	r1.1	r1.2	media
t1: N-Total A 100%	12.5	14.2	12.5	15.4	18.5	17.4	20	20.5	16.7
t2: N-Total B 100%	13.4	11	12	17.2	19	19.5	23	24	17.925
t3: N-Total A 50%	14.3	9.3	11	19.6	14	16.5	26	22	15.525
t4: N-Total B 50%	13	8.5	15	17.4	13.5	19.8	23	18	16.425
t5: N-Total A 25%	9.4	12	11.2	13.5	16.6	16.6	20	24.5	15.925
t6: N-Total b 25%	13.7	14.5	12.5	17.3	18	14.6	23	25	17.6
t7: Urea	9.5	8.7	12	14.7	13.7	20	21	19	18.5
t8: Nitrato de amonio granulado	8.7	14.5	15	13.2	16.2	16.5	18	25	15.4
t9: Nitrato de amonio soluble	13	10	14	16.8	15	13.8	23	18	15.5
t10: Sin fertilizante	13.8	12.6	9	16	18	16.5	21	21	16.25

Tratamientos	Día 45			Día 62			Día 73		
	r1.1	r1.2	media	r1.1	r1.2	media	r1.1	r1.2	media
t1: N-Total A 100%	27	26	28	50	43	62	66	77	50
t2: N-Total B 100%	30	31	31	57.05	56	51	93	79	1463.75
t3: N-Total A 50%	33.5	30.5	26	53	52	45	81	80	51
t4: N-Total B 50%	30.5	22	35	48	35	49	76	44	52.25
t5: N-Total A 25%	24	31	32	45	62	46	70	96	49
t6: N-Total b 25%	31	32	28.5	54.5	50	54	78	86	52.125
t7: Urea	23	24	30.5	46	37	49	57	81	46.25
t8: Nitrato de amonio granulado	21	30	28	28	47	45	81	32	42
t9: Nitrato de amonio soluble	30	20.5	29	46.5	29.5	44	82	46	47.25
t10: Sin fertilizante	26	26.5	30	44.5	39	47	64	69	43.875

Cuadro 21A: Peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración y acumulación de nitrógeno en plantas de tomate en el suelo de Masagua en la evaluación de nitrógeno.

Tratamiento	Repetición	PESO FRESCO (gramos)			PESO SECO (gramos)			porcentaje de humedad		Concentración de N p/p (%)	Acumulación N (gr/planta) media
		tallo	hoja	TOTAL	tallo	hoja	caído	TOTAL	media		
t1: N-Total A 100%	1	37.78	62.45	100.23	5.54	8.07	0.22	13.83	86.20	2.3	318.09
	2	32.53	60.76	93.29	4.50	7.65		12.15	86.98		279.45
	3	33.84	58.50	92.34	4.72	7.28		12.00	87.00		276.00
t2: N-Total B 100%	1	23.24	36.80	60.04	4.32	4.54	0.03	8.89	85.01	1.1	97.79
	2	29.51	39.17	68.68	4.94	5.06		10.00	85.44		110.00
	3	28.21	38.77	66.98	4.97	5.48		10.45	84.40		114.95
t3: N-Total A 50%	1	34.14	52.08	86.22	5.60	6.85		12.45	85.56	2	249.00
	2	31.45	51.04	82.49	4.79	6.14		10.93	86.75		218.60
	3	27.12	33.44	60.56	4.60	4.21		8.81	85.45		176.20
t4: N-Total B 50%	1	25.19	34.67	59.86	4.39	4.53	0.34	9.26	84.53	1.3	120.38
	2	24.81	38.04	62.85	4.04	4.64		8.68	86.19		112.84
	3	35.02	56.19	91.21	5.47	7.35	0.21	13.03	85.71		169.39
t5: N-Total A 25%	1	30.76	45.72	76.48	5.38	6.02		11.40	85.09	1.8	205.20
	2	33.46	46.03	79.49	5.05	5.84		10.89	86.30		196.02
	3	29.65	40.08	69.73	4.42	5.01		9.43	86.48		169.74
t6: N-Total b 25%	1	33.07	52.82	85.89	4.72	6.65		11.37	86.76	2.2	250.14
	2	33.12	52.49	85.61	4.64	6.48		11.12	87.01		244.64
	3	25.45	36.62	62.07	4.23	4.56		8.79	85.84		193.38
t7: Urea	1	33.99	58.20	92.19	5.04	7.83		12.87	86.04	3.1	398.97
	2	34.65	58.20	92.85	5.00	7.56		12.56	86.47		389.36
t8: Nitrato de amonio granulado	1	31.33	54.78	86.11	3.86	6.59	0.17	10.62	87.67	2.8	297.36
	2	28.35	56.92	85.27	3.94	7.19		11.13	86.95		311.64
t9: Nitrato de amonio soluble	1	29.00	52.18	81.18	3.90	6.60	0.30	10.80	86.70	2.9	313.20
	2	38.57	52.69	91.26	4.35	6.45		10.80	88.17		313.20
t10: Sin fertilizante	1	27.74	42.43	70.17	4.57	5.73		10.30	85.32	2.5	257.50
	2	27.22	40.07	67.29	3.41	4.75		8.16	87.87		204.00

Cuadro 22A: Peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración y acumulación de nitrógeno en plantas de maíz en el suelo de Masagua en la evaluación de nitrógeno.

Tratamiento	Repetición	PESO FRESCO (gramos)			PESO SECO (gramos)			porcentaje de humedad		Concentración de K p.p (%)	Acumulación N (mgr/planta) media	
		tallo	hoja	TOTAL	media	tallo	hoja	caído	TOTAL		media	media
t1: N-Total A 100%	1	54.69	42.88	97.57	118.07	4.03	6.09	0.88	11.00	88.73	2.9	319.00
	2	72.91	50.62	123.53	118.07	5.96	7.37	0.70	14.03	88.64		406.87
	3	73.74	59.36	133.10	118.07	6.17	8.86	0.59	15.62	88.26		452.98
t2: N-Total B 100%	1	51.13	34.36	85.49	83.36	6.06	5.79	0.87	12.72	86.03	1	127.20
	2	45.30	36.46	81.76	83.36	4.62	5.64	1.01	11.27	86.22		112.70
	3	44.52	38.30	82.82	83.36	3.81	6.12	1.02	10.95	86.78		109.50
t3: N-Total A 50%	1	55.74	41.73	97.47	74.62	7.96	6.31	1.20	15.47	84.13	2.1	324.87
	2	29.88	24.33	54.21	74.62	1.91	3.24	0.82	5.97	88.99		125.37
	3	42.54	29.65	72.19	74.62	3.49	4.62	1.84	9.95	86.22		208.95
t4: N-Total B 50%	1	30.17	27.59	57.76	70.30	2.98	3.86	0.96	7.80	86.50	1.7	132.60
	2	39.80	31.38	71.18	70.30	4.29	5.40	0.66	10.35	85.46		175.95
	3	50.16	31.80	81.96	70.30	5.93	5.88	0.79	12.60	84.63		214.20
t5: N-Total A 25%	1	54.22	42.85	97.07	85.55	10.93	6.47	0.18	17.58	81.89	1.9	334.02
	2	41.70	36.04	77.74	85.55	4.13	5.57	0.12	9.82	87.37		186.58
	3	44.78	37.05	81.83	85.55	3.53	5.41	0.77	9.71	88.13		184.49
t6: N-Total B 25%	1	57.69	41.65	99.34	110.99	8.42	5.92	0.96	15.30	84.60	2.3	351.90
	2	64.31	54.23	118.54	110.99	4.86	6.59	0.49	11.94	89.93		274.62
	3	69.22	45.88	115.10	110.99	6.27	6.98	0.56	13.81	88.00		317.63
t7: Úrea	1	51.31	38.49	89.80	116.20	8.09	5.27	0.48	13.84	84.59	2.9	401.36
	2	77.44	48.79	126.23	116.20	7.32	7.46	0.35	15.13	88.01		438.77
	3	72.26	60.31	132.57	116.20	5.35	8.55	0.27	14.17	89.31		410.93
t8: Nitrato de amonio granulado	1	41.47	35.17	76.64	80.56	6.38	4.74	0.69	11.81	84.59	2.6	307.06
	2	56.04	36.81	92.85	80.56	4.47	5.18	0.27	9.92	89.32		257.92
	3	44.35	27.84	72.19	80.56	3.20	4.14	0.81	8.15	88.71		211.90

Continuación del Cuadro 22A: Peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, concentración y acumulación de nitrógeno en plantas de maíz en el suelo de Masagua en la evaluación de nitrógeno.

Tratamiento	Repetición	PESO FRESCO (gramos)			PESO SECO (gramos)			porcentaje de humedad		Concentración de K p p (%)	Acumulación N (mgr/planta)media
		tallo	hoja	TOTAL	tallo	hoja	caído	TOTAL	media		
t9: Nitrato de amonio soluble	1	42.67	33.80	76.47	3.50	4.71	0.93	9.14	88.05	2.7	246.78
	2	63.93	47.01	110.94	4.52	6.76	0.21	11.49	89.64		310.23
	3	54.56	33.23	87.79	4.43	5.05	0.94	10.42	88.13		281.34
t10: Sin fertilizante	1	40.02	35.02	75.04	5.78	5.13	0.91	11.82	84.25	1.7	200.94
	2	44.84	34.44	79.28	4.38	5.54	0.20	10.12	87.24		172.04
	3	24.55	19.28	43.83	2.76	3.29	0.33	6.38	85.44		108.46

Figura 1A: Evaluación de potasio, suelo de Petén, tomate al día 73 de cultivo, tratamientos Pro-K A, Pro-K B, nitrato de potasio soluble, nitrato de potasio granulado y sin fertilizante (T1, T2, T3, T4 y T5 respectivamente).



Figura 2A: Evaluación de potasio, suelo de Petén, maíz al día 73 de cultivo, tratamientos Pro-K A, Pro-K B, nitrato de potasio soluble, nitrato de potasio granulado y sin fertilizante (T1, T2, T3, T4 y T5 respectivamente).



Figura 3A: Evaluación de potasio, suelo de San Raymundo, tomate al día 73 de cultivo, tratamientos Pro-K A, Pro-K B, nitrato de potasio soluble, nitrato de potasio granulado y sin fertilizante (T1, T2, T3, T4 y T5 respectivamente).

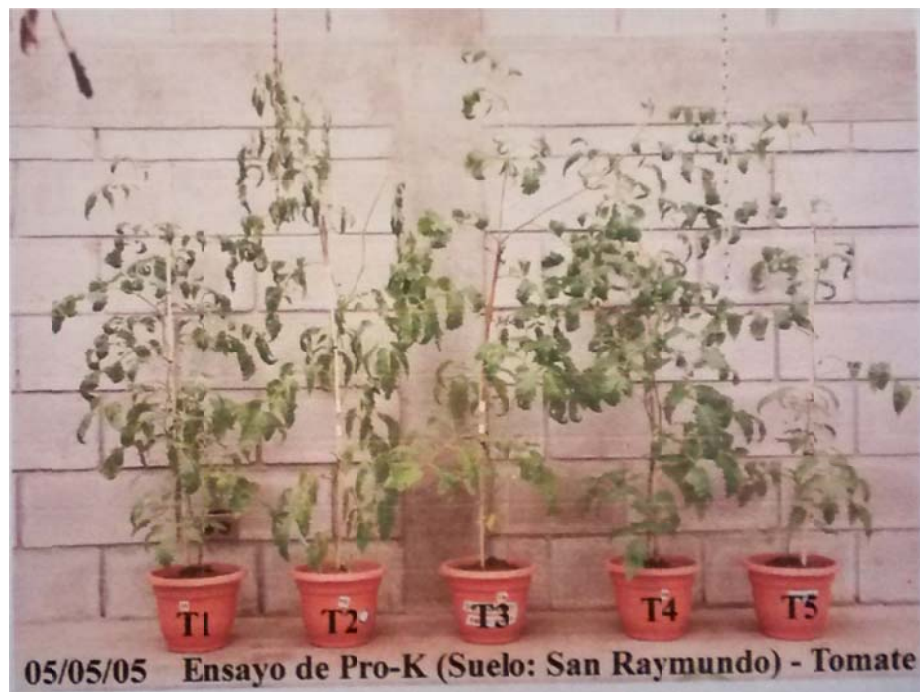


Figura 4A: Evaluación de potasio, suelo de San Raymundo, maíz al día 73 de cultivo, tratamientos Pro-K A, Pro-K B, nitrato de potasio soluble, nitrato de potasio granulado y sin fertilizante (T1, T2, T3, T4 y T5 respectivamente).

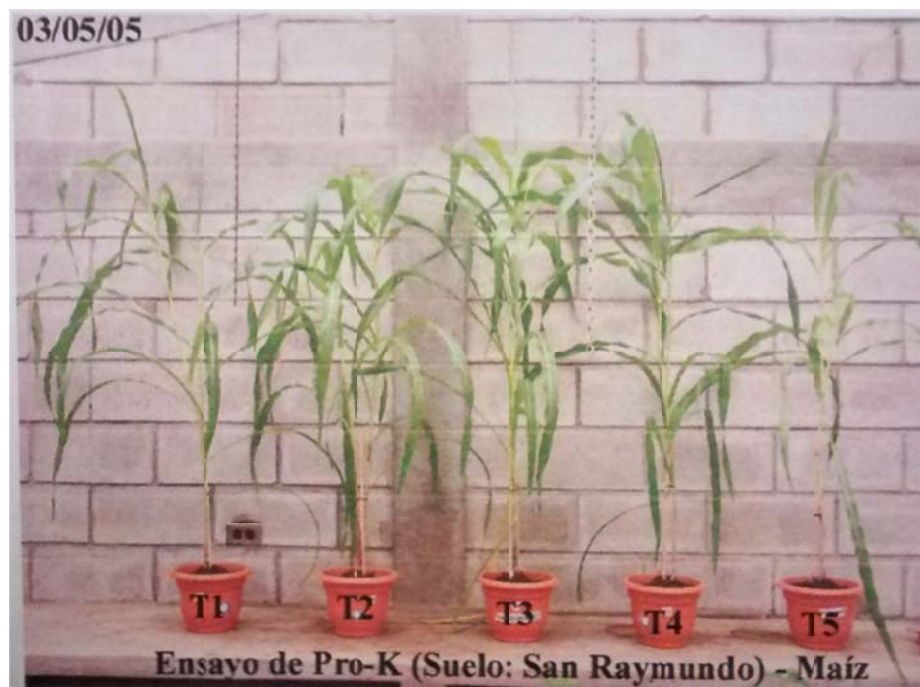


Figura 5A: Evaluación de nitrógeno, suelo de Masagua, tomate al día 73 de cultivo, todos los tratamientos.



Figura 6A: Evaluación de nitrógeno, suelo de Masagua, tomate al día 73 de cultivo, tratamientos N-total A 100%, N-total B 100%, N-total A 50%, N-total B 50% y N-total A 25% (t1, t2, t3, t4 y t5 respectivamente).



Figura 7A: Evaluación de nitrógeno, suelo de Masagua, tomate al día 73 de cultivo, tratamientos N-total B 25%, urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio y sin fertilizante (t6, t7, t8, t9 y t10 respectivamente).



Figura 8A: Evaluación de nitrógeno, suelo de Masagua, tomate al día 73 de cultivo, tratamientos N-total A 100% y N-total B 100% (t1 y t2 respectivamente).



Figura 9A: Evaluación de nitrógeno, suelo de Masagua, tomate al día 73 de cultivo, tratamientos N-total A 50%, N-total B 50% y N-total A 25% (t3, t4 y t5 respectivamente).



Figura 10A: Evaluación de nitrógeno, suelo de Masagua, maíz al día 73 de cultivo, todos los tratamientos.

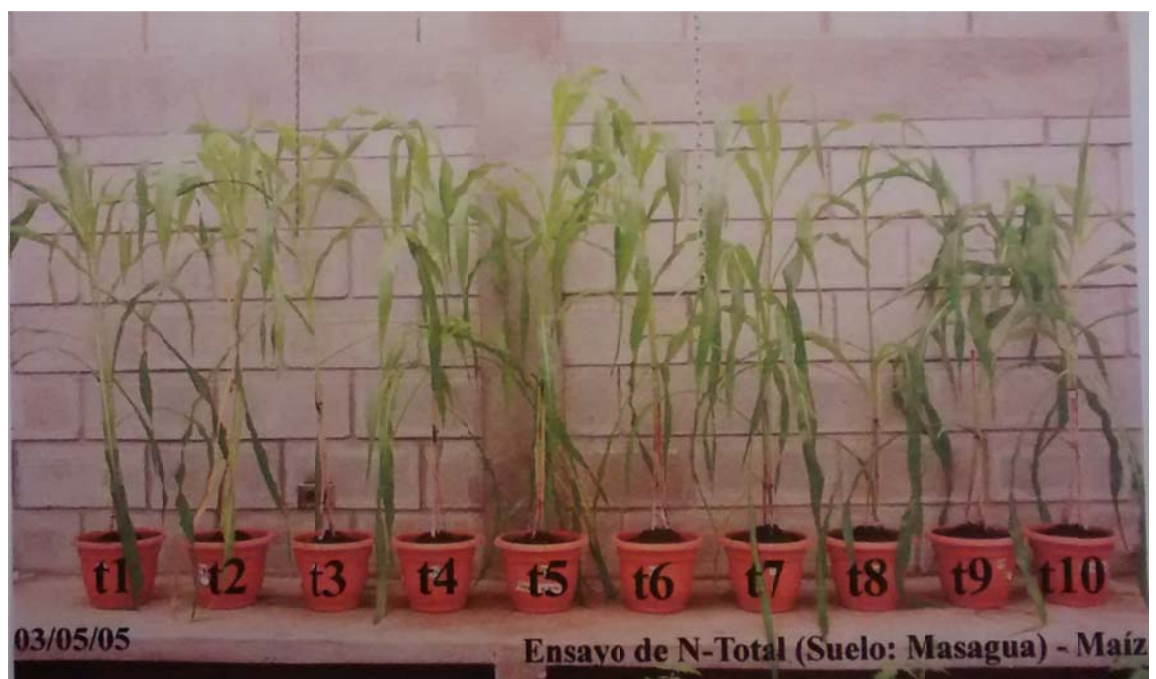


Figura 11A: Evaluación de nitrógeno, suelo de Masagua, maíz al día 73 de cultivo, tratamientos N-total A 100%, N-total B 100%, N-total A 50%, N-total B 50% y N-total A 25% (t1, t2, t3, t4 y t5 respectivamente).



Figura 12A: Evaluación de nitrógeno, suelo de Masagua, maíz al día 73 de cultivo, tratamientos N-total A 100% y N-total B 100 (t1 y t2 respectivamente).



ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA EVALUACIÓN DE POTASIO

Archivo: PRO.K

Título: Análisis de varianza PRO-K

Función: FACTOR

Modelo Experimental Número 13:

Parcela subdividida con distribución de bloques al azar.

Número de casos: 1 a 60.

ANOVA factorial para los factores:

Replication (Variable 4: repeticiones) con valores de 1 a 3.

Factor A (Variable 1: Suelos, donde 1=Petén, 2=San Raymundo) con valores de 1 to 2.

Factor B (Variable 2: Cultivos, donde 1=Maíz, 2=Tomate) con valores de 1 a 2.

Factor C (Variable 3: Tratamientos, donde 1=ProK A, 2=ProK B, 3=Nitrato de K soluble, 4=Nitrato de K granulado, 5=Control) con valores de 1 a 5.

Variable 5: Peso fresco total (gramos/maceta)

Grand Mean = 128.555 Grand Sum = 7713.297 Total Count = 60

T A B L E O F M E A N S

	4	1	2	3	5	Total
1	*	*	*		129.052	2581.040
2	*	*	*		125.912	2518.240
3	*	*	*		129.351	2587.010
*	1	*	*		143.696	4310.880
*	2	*	*		112.514	3375.410
*	*	1	*		133.971	3992.120
*	*	2	*		123.139	3694.170
*	1	1	*		147.651	2214.770
*	1	2	*		139.741	2096.110
*	2	1	*		118.490	1777.350
*	2	2	*		106.537	1598.060
*	*	*	1		125.767	1509.200
*	*	*	2		142.972	1715.660
*	*	*	3		133.975	1607.700
*	*	*	4		135.955	1631.460
*	*	*	5		101.856	1222.270

*	1	*	1	135.085	810.510
*	1	*	2	160.172	961.030
*	1	*	3	149.548	897.290
*	1	*	4	149.910	899.460
*	1	*	5	123.765	742.590
*	2	*	1	116.448	698.690
*	2	*	2	125.772	754.630
*	2	*	3	118.402	710.410
*	2	*	4	122.000	732.000
*	2	*	5	79.947	479.680

*	*	1	1	128.393	770.360
*	*	1	2	155.623	933.740
*	*	1	3	137.858	827.150
*	*	1	4	141.662	849.970
*	*	1	5	101.817	610.900
*	*	2	1	123.140	738.840
*	*	2	2	130.320	781.920
*	*	2	3	130.092	780.550
*	*	2	4	130.248	781.490
*	*	2	5	101.895	611.370

*	1	1	1	134.627	403.880
*	1	1	2	171.943	515.830
*	1	1	3	155.993	467.980
*	1	1	4	159.620	478.860
*	1	1	5	116.073	348.220
*	1	2	1	135.543	406.630
*	1	2	2	148.400	445.200
*	1	2	3	143.103	429.310
*	1	2	4	140.200	420.600
*	1	2	5	131.457	394.370
*	2	1	1	122.160	366.480
*	2	1	2	139.303	417.910
*	2	1	3	119.723	359.170
*	2	1	4	123.703	371.110
*	2	1	5	87.562	262.687
*	2	2	1	110.737	332.210
*	2	2	2	112.240	336.720
*	2	2	3	117.080	351.240
*	2	2	4	120.297	360.890
*	2	2	5	72.333	217.000

Tabla del Análisis de Varianza de la Variable 5: Peso fresco total (gramos/maceta)

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	2	220.557	110.278	0.5031	
2	Factor A	1	13755.084	13755.084	62.7470	0.0156
-3	Error	2	438.430	219.215		
4	Factor B	1	1759.950	1759.950	5.8869	0.0723
6	AB	1	128.004	128.004	0.4282	
-7	Error	4	1195.849	298.962		
8	Factor C	4	12060.970	3015.242	7.4555	0.0002
10	AC	4	1401.614	350.403	0.8664	
12	BC	4	1017.982	254.495	0.6293	
14	ABC	4	1196.738	299.184	0.7398	
-15	Error	32	12941.909	404.435		
	Total	59	45818.125			

Coefficient of Variation: 15.64%

s_ for means group 1: 3.3107 Number of Observations: 20
y

s_ for means group 2: 2.7032 Number of Observations: 30
y

s_ for means group 4: 3.1568 Number of Observations: 30
y

s_ for means group 6: 4.4644 Number of Observations: 15
y

s_ for means group 8: 5.8054 Number of Observations: 12
y

s_ for means group 10: 8.2101 Number of Observations: 6
y

s_ for means group 12: 8.2101 Number of Observations: 6
y

s_ for means group 14: 11.6339 Number of Observations: 3
y

Variable 6: Peso seco total (gramos/maceta)

Grand Mean = 8.694 Grand Sum = 521.640 Total Count = 60

T A B L E O F M E A N S

4	1	2	3	6	Total
1	*	*	*	8.818	176.360
2	*	*	*	8.278	165.550
3	*	*	*	8.987	179.730
*	1	*	*	9.661	289.830
*	2	*	*	7.727	231.810
*	*	1	*	8.151	244.540
*	*	2	*	9.237	277.100
*	1	1	*	8.483	127.250
*	1	2	*	10.839	162.580
*	2	1	*	7.819	117.290
*	2	2	*	7.635	114.520
*	*	*	1	8.664	103.970
*	*	*	2	9.374	112.490
*	*	*	3	9.028	108.340
*	*	*	4	9.321	111.850
*	*	*	5	7.083	84.990
*	1	*	1	9.127	54.760
*	1	*	2	10.202	61.210
*	1	*	3	10.152	60.910
*	1	*	4	10.112	60.670
*	1	*	5	8.713	52.280
*	2	*	1	8.202	49.210
*	2	*	2	8.547	51.280
*	2	*	3	7.905	47.430
*	2	*	4	8.530	51.180
*	2	*	5	5.452	32.710
*	*	1	1	7.733	46.400
*	*	1	2	9.268	55.610
*	*	1	3	8.232	49.390
*	*	1	4	8.660	51.960
*	*	1	5	6.863	41.180
*	*	2	1	9.595	57.570
*	*	2	2	9.480	56.880
*	*	2	3	9.825	58.950
*	*	2	4	9.982	59.890
*	*	2	5	7.302	43.810

*	1	1	1	7.660	22.980
*	1	1	2	9.400	28.200
*	1	1	3	8.857	26.570
*	1	1	4	9.137	27.410
*	1	1	5	7.363	22.090
*	1	2	1	10.593	31.780
*	1	2	2	11.003	33.010
*	1	2	3	11.447	34.340
*	1	2	4	11.087	33.260
*	1	2	5	10.063	30.190
*	2	1	1	7.807	23.420
*	2	1	2	9.137	27.410
*	2	1	3	7.607	22.820
*	2	1	4	8.183	24.550
*	2	1	5	6.363	19.090
*	2	2	1	8.597	25.790
*	2	2	2	7.957	23.870
*	2	2	3	8.203	24.610
*	2	2	4	8.877	26.630
*	2	2	5	4.540	13.620

Tabla del Análisis de Varianza de la Variable 6: Peso seco total (gramos/maceta)

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	2	5.488	2.744	2.1683	0.3156
2	Factor A	1	56.105	56.105	44.3333	0.0218
-3	Error	2	2.531	1.266		
4	Factor B	1	17.669	17.669	61.6612	0.0014
6	AB	1	24.194	24.194	84.4293	0.0008
-7	Error	4	1.146	0.287		
8	Factor C	4	42.782	10.695	8.0256	0.0001
10	AC	4	9.242	2.310	1.7337	0.1669
12	BC	4	6.296	1.574	1.1810	0.3378
14	ABC	4	4.572	1.143	0.8577	
-15	Error	32	42.645	1.333		
Total		59	567.154			

Coefficient of Variation: 15.54%

s_ for means group 1: Y	0.2515	Number of Observations: 20
s_ for means group 2: Y	0.2054	Number of Observations: 30
s_ for means group 4: Y	0.0977	Number of Observations: 30
s_ for means group 6: Y	0.1382	Number of Observations: 15
s_ for means group 8: Y	0.3333	Number of Observations: 12
s_ for means group 10: Y	0.4713	Number of Observations: 6
s_ for means group 12: Y	0.4713	Number of Observations: 6
s_ for means group 14: Y	0.6665	Number of Observations: 3

Variable 7: Acumulación de potasio (miligramos/maceta)

Grand Mean = 0.351 Grand Sum = 21.050 Total Count = 60

T A B L E O F M E A N S						
4	1	2	3	7	Total	
1	*	*	*	0.351	7.017	
2	*	*	*	0.351	7.017	
3	*	*	*	0.351	7.017	
*	1	*	*	0.391	11.725	
*	2	*	*	0.311	9.325	
*	*	1	*	0.365	10.958	
*	*	2	*	0.336	10.092	
*	1	1	*	0.393	5.895	
*	1	2	*	0.389	5.830	
*	2	1	*	0.338	5.063	
*	2	2	*	0.284	4.262	

*	*	*	1	0.336	4.036
*	*	*	2	0.378	4.540
*	*	*	3	0.357	4.283
*	*	*	4	0.382	4.582
*	*	*	5	0.301	3.609

*	1	*	1	0.377	2.265
*	1	*	2	0.435	2.608
*	1	*	3	0.371	2.226
*	1	*	4	0.389	2.337
*	1	*	5	0.382	2.290
*	2	*	1	0.295	1.771
*	2	*	2	0.322	1.932
*	2	*	3	0.343	2.057
*	2	*	4	0.374	2.246
*	2	*	5	0.220	1.319

*	*	1	1	0.317	1.900
*	*	1	2	0.408	2.450
*	*	1	3	0.378	2.268
*	*	1	4	0.393	2.360
*	*	1	5	0.330	1.980
*	*	2	1	0.356	2.136
*	*	2	2	0.348	2.090
*	*	2	3	0.336	2.014
*	*	2	4	0.370	2.222
*	*	2	5	0.272	1.630

*	1	1	1	0.352	1.057
*	1	1	2	0.451	1.354
*	1	1	3	0.399	1.196
*	1	1	4	0.402	1.206
*	1	1	5	0.361	1.082
*	1	2	1	0.403	1.208
*	1	2	2	0.418	1.254
*	1	2	3	0.343	1.030
*	1	2	4	0.377	1.131
*	1	2	5	0.403	1.208
*	2	1	1	0.281	0.843
*	2	1	2	0.366	1.097
*	2	1	3	0.357	1.072
*	2	1	4	0.385	1.154
*	2	1	5	0.299	0.897
*	2	2	1	0.310	0.929
*	2	2	2	0.278	0.835
*	2	2	3	0.328	0.984
*	2	2	4	0.364	1.092
*	2	2	5	0.141	0.422

Tabla del Análisis de Varianza de la Variable 7: Acumulación de potasio (miligramos/maceta)

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	2	0.000	0.000	0.0000	
2	Factor A	1	0.096	0.096	0.0000	
-3	Error	2	0.000	0.000		
4	Factor B	1	0.012	0.012	-56265711479944.0000	
6	AB	1	0.009	0.009	-40681788064684.0000	
-7	Error	4	-0.000	-0.000		
8	Factor C	4	0.054	0.013	161057125015912.0000	
0.0000						
10	AC	4	0.044	0.011	131831211937285.3000	
0.0000						
12	BC	4	0.020	0.005	60388038433341.3400	
0.0000						
14	ABC	4	0.024	0.006	72175947859098.6700	
0.0000						
-15	Error	32	0.000	0.000		
	Total	59	0.259			

Coefficient of Variation: 15.21%

s_ for means group 1: Y	23.8962	Number of Observations: 20
s_ for means group 2: Y	19.5111	Number of Observations: 30
s_ for means group 4: Y	7.5872	Number of Observations: 30
s_ for means group 6: Y	10.7299	Number of Observations: 15
s_ for means group 8: Y	26.8489	Number of Observations: 12
s_ for means group 10: Y	37.9701	Number of Observations: 6
s_ for means group 12: Y	37.9701	Number of Observations: 6
s_ for means group 14: Y	53.6978	Number of Observations: 3

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA EVALUACIÓN DE NITRÓGENO

Archivo: N-TOTAL

Título: tesis N-total

Función: FACTOR

Modelo Experimental Número 9:

Parcela dividida con distribución de bloques al azar.

Número de casos: 1 a 60.

ANOVA factorial para los factores:

Replication (Variable 3: repeticiones) con valores de 1 a 3.

Factor A (Variable 1: Cultivo, donde 1=Maíz, 2=Tomate) con valores de 1 a 2.

Factor B (Variable 2: Tratamientos, con valores de 1 a 10) donde 1= N-total A 100%,

2 = N-total B 100%,

3 = N-total A 50%,

4 = N-total B 50%,

5 = N-total A 25%,

6 = N-total B 25%,

7 = Urea,

8 = Nitrato de amonio,

9 = Sulfato de amonio,

10 = Sin fertilizante.

Variable 4: Peso fresco total (gramos / maceta)

Grand Mean = 84.597 Grand Sum = 5075.790 Total Count = 60

T A B L E O F M E A N S

3	1	2	4	Total
1	*	*	82.551	1651.020
2	*	*	87.267	1745.340
3	*	*	83.972	1679.430
*	1	*	89.743	2692.290
*	2	*	79.450	2383.500
*	*	1	106.677	640.060
*	*	2	74.295	445.770
*	*	3	75.523	453.140
*	*	4	70.803	424.820
*	*	5	80.390	482.340
*	*	6	94.425	566.550
*	*	7	104.360	626.160
*	*	8	83.125	498.750
*	*	9	88.977	533.860
*	*	10	67.390	404.340
*	1	1	118.067	354.200
*	1	2	83.357	250.070
*	1	3	74.623	223.870
*	1	4	70.300	210.900
*	1	5	85.547	256.640
*	1	6	110.993	332.980
*	1	7	116.200	348.600
*	1	8	80.560	241.680
*	1	9	91.733	275.200
*	1	10	66.050	198.150
*	2	1	95.287	285.860
*	2	2	65.233	195.700
*	2	3	76.423	229.270
*	2	4	71.307	213.920
*	2	5	75.233	225.700
*	2	6	77.857	233.570
*	2	7	92.520	277.560
*	2	8	85.690	257.070
*	2	9	86.220	258.660
*	2	10	68.730	206.190

Tabla de Análisis de Varianza de la Variable 4: Peso fresco total (gramos / maceta)

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	2	234.125	117.063	1.3189	0.4312
2	Factor A	1	1589.188	1589.188	17.9051	0.0516
-3	Error	2	177.512	88.756		
4	Factor B	9	10131.200	1125.689	6.6024	0.0000
6	AB	9	2431.831	270.203	1.5848	0.1571
-7	Error	36	6137.919	170.498		
Total		59	20701.775			

Coefficient of Variation: 15.44%

s_ for means group 1: 2.1066 Number of Observations: 20
Y

s_ for means group 2: 1.7200 Number of Observations: 30
Y

s_ for means group 4: 5.3307 Number of Observations: 6
Y

s_ for means group 6: 7.5387 Number of Observations: 3
Y

Variable 5: Peso seco total (gramos / maceta)

Grand Mean = 11.211 Grand Sum = 672.630 Total Count = 60

T A B L E O F M E A N S

3	1	2	5	Total
1	*	*	11.914	238.270
2	*	*	10.823	216.460
3	*	*	10.895	217.900
*	1	*	11.609	348.280
*	2	*	10.812	324.350
*	*	1	13.105	78.630
*	*	2	10.713	64.280
*	*	3	10.597	63.580
*	*	4	10.287	61.720
*	*	5	11.472	68.830
*	*	6	12.055	72.330
*	*	7	13.548	81.290
*	*	8	10.418	62.510
*	*	9	10.575	63.450
*	*	10	9.335	56.010
*	1	1	13.550	40.650
*	1	2	11.647	34.940
*	1	3	10.463	31.390
*	1	4	10.250	30.750
*	1	5	12.370	37.110
*	1	6	13.683	41.050
*	1	7	14.380	43.140
*	1	8	9.960	29.880
*	1	9	10.350	31.050
*	1	10	9.440	28.320
*	2	1	12.660	37.980
*	2	2	9.780	29.340
*	2	3	10.730	32.190
*	2	4	10.323	30.970
*	2	5	10.573	31.720
*	2	6	10.427	31.280
*	2	7	12.717	38.150
*	2	8	10.877	32.630
*	2	9	10.800	32.400
*	2	10	9.230	27.690

Tabla de Análisis de Varianza de la Variable 5: Peso seco total (gramos / maceta)

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	2	14.878	7.439	4.2751	0.1896
2	Factor A	1	9.544	9.544	5.4848	0.1440
-3	Error	2	3.480	1.740		
4	Factor B	9	95.174	10.575	2.4793	0.0257
6	AB	9	23.517	2.613	0.6126	
-7	Error	36	153.547	4.265		
Total		59	300.139			

Coefficient of Variation: 18.42%

s_ for means group 1: 0.2950 Number of Observations: 20
Y

s_ for means group 2: 0.2408 Number of Observations: 30
Y

s_ for means group 4: 0.8431 Number of Observations: 6
Y

s_ for means group 6: 1.1924 Number of Observations: 3
Y

Variable 6: Acumulación de Nitrógeno (miligramos / maceta)

Grand Mean = 0.249 Grand Sum = 14.938 Total Count = 60

T A B L E O F M E A N S

3	1	2	6	Total
1	*	*	0.249	4.979
2	*	*	0.249	4.979
3	*	*	0.249	4.979
*	1	*	0.257	7.708
*	2	*	0.241	7.230
*	*	1	0.342	2.053
*	*	2	0.112	0.672
*	*	3	0.217	1.303
*	*	4	0.154	0.926
*	*	5	0.213	1.276
*	*	6	0.272	1.632
*	*	7	0.406	2.434
*	*	8	0.282	1.691
*	*	9	0.296	1.778
*	*	10	0.196	1.174
*	1	1	0.393	1.179
*	1	2	0.116	0.349
*	1	3	0.220	0.659
*	1	4	0.174	0.523
*	1	5	0.235	0.705
*	1	6	0.315	0.944
*	1	7	0.417	1.251
*	1	8	0.259	0.777
*	1	9	0.280	0.839
*	1	10	0.161	0.482
*	2	1	0.291	0.874
*	2	2	0.108	0.323
*	2	3	0.215	0.644
*	2	4	0.134	0.403
*	2	5	0.190	0.571
*	2	6	0.229	0.688
*	2	7	0.394	1.183
*	2	8	0.305	0.914
*	2	9	0.313	0.940
*	2	10	0.231	0.692

**Tabla del Análisis de Varianza de la Variable 6: Acumulación de Nitrógeno
(miligramos / maceta)**

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	2	0.000	0.000	0.0000	
2	Factor A	1	0.004	0.004	-17121314609494.0000	
-3	Error	2	-0.000	-0.000		
4	Factor B	9	0.420	0.047	-945105707008675.0000	
6	AB	9	0.041	0.005	-92832889661101.0000	
-7	Error	36	-0.000	-0.000		
Total		59	537103.530			

Coefficient of Variation: 17.21%

s_ for means group 1: 3.9203 Number of Observations: 20
Y

s_ for means group 2: 3.2009 Number of Observations: 30
Y

s_ for means group 4: 17.4921 Number of Observations: 6
Y

s_ for means group 6: 24.7375 Number of Observations: 3
Y