

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

INFLUENCIA DE NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA
Y FOSFORADA EN EL RENDIMIENTO DEL TOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) Cv. Lía.

TESIS

Presentada por:

Bach. MARTIN ALONSO ANAHUA MAMANI

Para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA - PERÚ

2011

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

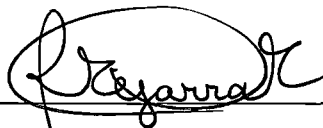
Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Académico Profesional de Agronomía

**INFLUENCIA DE NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y
FOSFORADA EN EL RENDIMIENTO DEL TOMATE (*Lycopersicon
esculentum* Mill.) Cv. Lía.**

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 11 DE NOVIEMBRE DEL 2011,
ESTANDO EL JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:

PRESIDENTE :



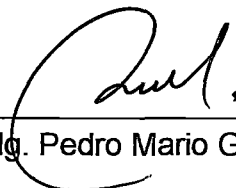
Dra. Rosario Zegarra Zegarra

SECRETARIO :



MSc. Magno Robles Tello

VOCAL :



Mg. Pedro Mario Gálvez Briceño

ASESOR :



MSc. Nivardo Nuñez Torreblanca

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a todas esas personas que me ofrecieron su amistad, apoyo y comprensión durante mi formación académica, sobre todo, aquellos con quienes compartí alegría, tristeza, triunfos y derrotas dentro de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

De manera especial:

A todos y cada uno de los miembros de mi familia, ya que gracias a su apoyo y comprensión pude concluir mis estudios de una manera agradable y satisfactoria.

Hermanos, agradezco la confianza y el cariño brindado durante todo este tiempo.

Padres, gracias por su amor, experiencia y enseñanza durante mi formación.

AGRADECIMIENTO:

A Dios nuestro señor por darme la vida y las fuerzas necesarias para realizar todos mis estudios.

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, por brindarme la oportunidad de realizarme como profesional y muy especialmente al personal que labora en el Centro Experimental Agrícola III "Los Pichones".

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron conmigo, para la realización mi trabajo.

A mis compañeros de clase por su compañía y ayuda.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
III. MATERIALES Y METODOS	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	68
V. CONCLUSIONES	93
VI. RECOMENDACIONES	95
VII. BIBLIOGRAFÍA	97
VIII. ANEXOS	103

RESUMEN

El presente experimento se realizó en el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones” de propiedad de la Universidad Nacional “Jorge Basadre Grohmann”, ubicada en la ciudad de Tacna.

El objetivo fue determinar la influencia de niveles de fertilización Nitrogenada y Fosforada en el rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Lía. Para cada elemento se manejaron tres niveles de aplicación: $n_1=250$, $n_2=300$ y $n_3=350$; $p_1=0$, $p_2=70$ y $p_3=100$.

El diseño experimental utilizado fue el diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial teniendo un total de 9 tratamientos, producto de la combinación de elementos con sus correspondientes niveles de nitrógeno y fósforo, y con tres repeticiones por cada tratamiento.

En el presente trabajo de investigación, se encontró que para el rendimiento, el nivel óptimo para el factor nitrógeno fue de 334,279 kg/ha y la

mejor cantidad en el factor fósforo fue de 100 kg/ha, con lo que se logró alcanzar 73,99 t/ha. En los resultados del peso unitario de fruto, para el factor nitrógeno se encontró que el nivel óptimo de nitrógeno fue de 306,51 kg/ha y la cantidad más adecuada para el fósforo fue de 100 kg/ha con lo que se logró alcanzar un promedio de 175,45 g por fruto.

En la variable de respuesta, de frutos por planta, el nivel óptimo de nitrógeno fue de 303,925 kg/ha, y la mejor cantidad para el fósforo fue de 100 kg/ha con lo que se logró alcanzar un promedio de 6,31 kg de frutos por planta, determinándose que por cada unidad de nitrógeno y fósforo incorporada, el peso de los frutos por planta se eleva.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es la hortaliza más importante en muchos países del mundo. Su cultivo está difundido a todos los continentes y en muchos casos representa una de las principales fuentes de vitaminas y minerales para las personas (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995). Su fruto se destina principalmente en su estado fresco para el consumo, pero también sirve como materia prima para elaborar diversos derivados, como pastas, sopas y deshidratados, entre otros. (Corfo, 1996).

En el Perú, también es un cultivo hortícola de importancia económica, debido a la demanda de mano de obra que genera y por el consumo masivo durante todo el año, debido a que las condiciones climáticas que posee la costa así lo permite.

Para desarrollar este cultivo en el país, es necesario conocer aspectos inherentes al crecimiento y desarrollo de la planta, especialmente sobre la formación de frutos, aspectos que dependen en alto grado de una aplicación

adecuada de nutrientes, que esté basada en una estimación de los requerimientos, considerando la relación entre la absorción de nutrientes por el cultivo y el análisis del suelo.

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

La rentabilidad del cultivo está en función, entre otros factores, del proceso de comercialización de los frutos, que es generalmente largo y el consumidor es exigente, lo cual obliga a producir frutos con excelente calidad, una de las principales limitantes para lograr eso, es el abastecimiento balanceado de nutrientes esenciales, ya que por su crecimiento rápido e intensiva producción, la planta de tomate requiere altas cantidades de nutrientes en periodos cortos. (Grageda, 1999).

Por lo antes planteado, revisten importancia los estudios de respuesta en la producción de tomate a la aplicación de nutrientes, como el nitrógeno y fósforo, para mantener un eficiente nivel de producción.

1.1. OBJETIVO GENERAL.

- Evaluar la respuesta del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a la aplicación de diferentes niveles de fertilización nitrogenada y fosforada.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar la dosis más adecuada de nitrógeno y fósforo en el rendimiento de tomate.
- Evaluar los componentes de rendimiento del tomate con diferentes niveles de nitrógeno y fósforo.

1.3. HIPÓTESIS.

El cultivo de tomate requiere una nutrición adecuada para obtener un buen rendimiento, por lo tanto la variación del nitrógeno y fósforo afectará dicho fenómeno.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. HISTORIA Y ORIGEN DEL CULTIVO.

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), es una planta cuyo origen se localiza en Sudamérica y más concretamente en la región andina que hoy comparten Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile (Vavilov, 1951), en esta área crecen espontáneamente las diversas especies del género. También en esta zona muestra *L. esculentum* su mayor variación, aunque posteriormente fue llevado por los distintos pobladores de un extremo a otro, extendiéndose por todo el continente. Todavía en la actualidad se encuentra silvestre en algunas de esas zonas, y precisamente de las investigaciones y mejoras genéticas, para lograr cierto tipo de resistencias, se realizan sobre esas plantas autóctonas. Las variedades mejoradas son de buen tamaño en contraste con las silvestres, que son más reducidas.

Todavía son muchos los aspectos poco claros con respecto al origen y la domesticación del tomate cultivado. Sin embargo hay algunos puntos con

un grado razonable de certeza, (Rick, 1998):

- a) El tomate cultivado tuvo su origen en el Nuevo Mundo. No era conocido en Europa ni en el resto del Viejo Mundo antes del descubrimiento de América.
- b) El tomate había alcanzado una fase avanzada de domesticación antes de su llegada a Europa y Asia. Había ya una variedad de tipos caracterizados por la forma, acostillado, tamaño y color de los frutos.
- c) El antepasado más probable del tomate cultivado es el tomate pequeño silvestre (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). Crece espontáneamente en las regiones tropicales y subtropicales de América y se ha extendido a lo largo de los trópicos del Viejo Mundo.

La evidencia histórica favorece a México como el centro más importante de domesticación del tomate, ya que la utilización de formas domesticadas en el país, es muy antigua y sus frutos eran empleados en la alimentación indígena de las zonas centro y sur de México. Además se hizo una

recopilación de datos sobre la dispersión que sufrió el tomate; y se menciona que el tomate mexicano fue enviado a España en el siglo XVI, donde se utilizó para sazonar los alimentos. En el siglo XVII en Italia constituyó un condimento en los principales platillos de ese país. Alrededor del siglo XVIII el tomate mexicano fue conocido y consumido a nivel mundial; y posteriormente llegó a ser un artículo de consumo necesario en el siglo XIX. (León y Arosamena, 1990; Rick, 1998; Yamaguchi, 1993).

2.2. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA.

Reino : Vegetal

División : Magnoliophyta

Subdivisión : Magnoliophytina

Clase : Magnoliopsida

Orden : Solanales

Familia : Solanáceae

Subfamilia : Solanoideae

Tribu : Solaneae

Género : *Lycopersicon*

Especie : *Lycopersicon esculentum* Mill.

El tomate es una planta perteneciente a la familia de las Solanáceas, denominada científicamente *Lycopersicon esculentum* Mill. Potencialmente perenne y muy sensible a las heladas, lo que determina su ciclo anual, de distinta duración según la variedad. (Rodríguez, R.; Tabares, J.; Medina, J. 1996).

2.3. ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE LA PLANTA.

2.3.1. El sistema radical.

El sistema radical tiene como funciones la absorción y el transporte de nutrientes, así como la sujeción o anclaje de la planta al suelo.

La raíz.

El sistema radical del tomate está constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las raíces adventicias. Una sección transversal de la raíz principal pone de manifiesto la existencia de tres zonas claramente diferenciadas: la epidermis, el córtex y el cilindro central o vascular. (Picken *et al.*, 1996).

La epidermis está especializada en la absorción de agua y nutrientes y generalmente tiene pelos absorbentes, que son extensiones tubulares de células epidérmicas. Debajo de la epidermis se encuentra el córtex, que es un anillo de tres o cuatro células de espesor, generalmente de tipo parenquimático. (Picken *et al.*, 1996).

La capa cortical más interna constituye la endodermis, que establece el límite entre la corteza o córtex y el cilindro central o vascular. La capa más externa del cilindro central, que está en contacto con la endodermis, es el periciclo, que es un tejido uniestratificado a partir del cual se forman las raíces secundarias. El xilema, conjunto de vasos que transportan los elementos minerales, forma un cilindro en el centro de la raíz con dos alas laterales, mientras el floema, conjunto de vasos que transportan los fotoasimilados, completa el sistema vascular llenando el espacio entre las alas y formando un cilindro. Las raíces secundarias se originan en las células del periciclo y emergen a través del córtex. Las raíces adventicias, similares en estructura a las laterales, se desarrollan principalmente a partir de la base del tallo en condiciones favorables. También se inician con profusión en la parte inferior de las porciones horizontales del tallo. (Picken *et al.*, 1996).

2.3.2. El sistema aéreo.

El tallo.

El tallo típico tiene 2-4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis. Debajo de la epidermis se encuentra el córtex o corteza cuyas células más externas tienen clorofila y son fotosintéticas, mientras las más internas son de tipo colenquimático y ayudan a soportar el tallo. La capa cortical más interna es la endodermis, que separa el córtex del cilindro vascular. Toda la estructura vascular y las células parenquimáticas que lo rodean, el periciclo, se disponen en forma de tubo alrededor de un tejido medular. (Picken *et al.*, 1996).

La hoja.

Las hojas del tomate son pinnado compuestas. Una hoja típica de las plantas cultivadas tienen unos 0,5 m de largo, algo menos de anchura, con un gran foliolo terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales, que pueden, a su vez, ser compuestos. (Von Haeff, J. 1990).

Los folíolos son usualmente peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. Las hojas están recubiertas de pelos del mismo tipo que los del tallo. Las hojas de tomate son de tipo dorsiventral o bifacial. La epidermis del envés o inferior contiene abundantes estomas que facilitan el intercambio gaseoso con el exterior, mientras estos son escasos en la epidermis superior. (Nuez, F. 1995).

2.3.3. Floración.

La flor es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135° , de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300 flores. (Nuez, F. 1995).

2.3.4. El fruto.

El fruto de tomate es una baya bi o plurilocular que se desarrolla a partir de un ovario de unos 5-10 mg y alcanza un peso final en la madurez que oscila entre los 5 y los 500 g, en función de la variedad y las condiciones de desarrollo. El fruto está unido a la planta por un pedicelo con un engrosamiento articulado que contiene la capa de abscisión. La separación del fruto en la recolección puede realizarse por la zona de abscisión o por la zona peduncular de unión al fruto. (Nuez, F. 1995).

2.4. CLIMA.

2.4.1. Temperatura.

La temperatura ideal va entre 18 y 27 °C; temperaturas superiores a los 35 °C en combinación con baja humedad producirán aborto floral, mientras que la viabilidad del polen será fuertemente reducida debido a la falta de humedad. En temperaturas bajo 10 °C la formación de la flor es afectada negativamente. (Calvert, 1996).

La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10 °C así como superiores a los 30 °C originan tonalidades

amarillentas. No obstante, los valores de temperatura descritos son meramente indicativos, debiendo tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos. (Maroto, J. 1998).

2.4.2. Humedad.

La humedad relativa óptima oscila entre un 60 % y un 80 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor. (Giaconi, V. 1999).

2.4.3. Luz.

La cantidad de radiación global determina la cantidad de azúcares producida en las hojas durante la fotosíntesis. Mientras más alta es la cantidad producida de azúcares, la planta puede soportar más frutas, por lo tanto el rendimiento de tomate puede ser más alto. (Tjalling, H. 2006).

Si la intensidad de la radiación solar es demasiado alta, se pueden producir partiduras de fruta, golpes de sol, y coloración irregular a la madurez. Un follaje abundante ayudará a prevenir la quemadura de sol.

2.5. AGUA Y SUELO.

2.5.1. Agua.

El manejo apropiado del riego es esencial para asegurar el alto rendimiento y la calidad. Al aire libre, el tomate puede necesitar hasta 6000 m³/ha de agua, y en invernaderos hasta 10000 m³/ha (Tjalling, H. 2006).

La calidad de agua de riego es un aspecto muy importante. El utilizar agua con exceso de sales puede producir insolubilizaciones e incrustaciones en las tuberías y emisores que afectan a la instalación. El control debe establecerse mediante el análisis sistemático del agua. Los principales parámetros a considerar son: conductividad, pH, sulfatos, cloruros, carbonatos y bicarbonatos. (Domínguez, 1996).

2.5.2. Suelo.

El suelo ideal tiene una capacidad de drenaje y una buena estructura física. Las raíces están presentes en los primeros 60 cm de profundidad de suelo, con 70% del volumen de raíces total en los primeros 20 cm de profundidad.

El pH ideal del suelo es de 6,0-6,5. A un pH mayor de 6,5 los micronutrientes metálicos (Fe, Zn, Mn y Cu), boro (B) y fósforo (P) llegan a estar menos disponible para la absorción de la planta. A un pH menor de 5,5 el fósforo (P) y molibdeno (Mo) son menos disponibles para la absorción de la planta. (Tjalling, H. 2006).

2.6. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL TOMATE.

La composición mineral de las plantas refleja, en grados variables, la naturaleza del suelo en el cual éstas son cultivadas.

Así como la mayoría de las plantas, el tomate necesita al menos 16 elementos minerales, algunos son requeridos en cantidades muy pequeñas (hierro, boro, zinc, manganeso, cobre, molibdeno) que no se les dio mucha importancia ya que el aire, recipientes, medio de cultivo o las impurezas de

fertilizantes y productos químicos aportan cantidades suficientes de ellos para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Es necesario conocer las cantidades de los elementos extraídos y su proporción en cada parte de la planta para tener una idea más o menos aproximada de la cantidad de fertilizantes que deben ser incorporados al suelo. Se toma como referencia la cantidad de nutrientes que se retira del suelo por cada tonelada de fruta que se cosecha. Los nutrientes extraídos se distribuyen diferencialmente en cada uno de los órganos de la planta. (Winsor, 1996; Weier, Stocking y Barbour, 1999).

Las cantidades de fertilizantes por aplicar dependen de muchos factores edáficos principalmente y del rendimiento y el conocimiento de las cantidades extraídas, esto sirve como referencia general. (Adams, 1996).

La nutrición mineral modifica en gran medida la formación de flores. La concentración alta de Nitrógeno (120 ppm) da como resultado un vigoroso crecimiento en las plantas, la diferenciación del botón floral es más temprana. En condiciones de alta intensidad y alta concentración se promueve una floración temprana e incrementa el número de flores. Con concentraciones altas de Fósforo (60 y 180 ppm) el crecimiento es más

vigoroso, y hay una floración temprana. Con el Potasio, las concentraciones altas (60 y 180 ppm) también promueven una floración temprana comparado con niveles más bajos. (Kuksal, 1998; Varis y George, 1995).

Anónimo (1997), reporta que durante el desarrollo del cultivo, los elementos nutritivos deben suministrarse en proporciones adecuadas; es decir, debe haber un balance nutricional para lograr calidad (forma, color, firmeza, tamaño, etc.) que sea aceptable y altas producciones de frutos por unidad de superficie.

2.7. REVISIÓN DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA.

El aporte de nutrientes al suelo para obtener una repercusión productiva, y concretamente la adición de nitrógeno, no es una práctica moderna en absoluto. Podemos decir, en todo caso, que ha cambiado drásticamente la forma y la capacidad para realizar ese aporte. Eso ha tenido efectos positivos indudables, al permitir la alimentación de una población en rápido crecimiento, pero también presenta riesgos ambientales y sanitarios que se han ido manifestando y que deben ser corregidos y prevenidos para permitir el mantenimiento de los recursos, fundamentalmente del agua y del

suelo, compatibilizándolo con las altas producciones necesarias. (Andreu J.; Betrán J., 2006).

Conocida la necesidad de fertilizantes y de las técnicas para fabricarlos, la agricultura se sitúa hoy en la necesidad de ajustar las dosis y formas de aplicación de nutrientes a los cultivos, de forma que sean aprovechados y generen la menor cantidad de efectos indeseables que sea posible. Esta tarea puede ser incluso más costosa que los logros anteriores de la agricultura moderna, pero es igualmente imprescindible. Conseguirla reportará beneficios económicos y ambientales, manteniendo o incrementando la producción de alimentos. (Delgado I.; Espada J.L., 2006).

Se ha analizado la historia de la fertilización, la importancia que ha tenido como medio para incrementar la producción de alimentos desde la agricultura y los efectos adversos que ha generado. Desde la exposición del ciclo del nitrógeno y las modificaciones introducidas por el hombre se intenta profundizar en las causas de la "apertura" de rutas no deseadas, y se proponen medidas necesarias para limitar esas pérdidas. (Betrán J., 2006).

2.7.1. Formas del nitrógeno en el suelo.

La fuente mayoritaria de nitrógeno es el aire ya que las rocas contienen cantidades insignificantes de este nutriente. La fertilización, orgánica o inorgánica, constituye, en la práctica, la fuente más importante de nitrógeno en la agricultura, aunque también se incorpora al suelo por la lluvia o por la fijación a través de numerosos microorganismos y de los vegetales superiores. Esta última vía es la que, de manera natural, proporciona más nitrógeno a los suelos cultivados. (Ruano, S. 2009).

El 90-95 % del nitrógeno total del suelo se encuentra en forma orgánica, de modo que no es directamente asimilable por las plantas, sino que debe sufrir un proceso de transformación denominado mineralización. A su vez, el nitrógeno mineral del suelo, se encuentra en forma de amonio, NH_4^+ , y de nitrato, NO_3^- . Ambas formas son asimilables por las plantas, pero la mayor parte del nitrógeno es absorbido en forma de nitrato. (Nogales, M. 2008).

El amonio se encuentra en el suelo adsorbido en el complejo de cambio, fijado en las redes cristalinas de determinadas arcillas o en la

solución del suelo. El amonio fijado en las arcillas no es fácilmente cambiante, pero la acción de ciertos cationes provoca la expansión de las arcillas, pudiendo liberarse y pasar a la solución del suelo. Por el contrario, el amonio adsorbido en el complejo de cambio, es desplazado por otros cationes y pasa fácilmente a la solución del suelo. (Marotta, L. 2009).

El nitrato, se encuentra libre en la solución del suelo y es asimilado por las plantas y los microorganismos. Por efecto de la pluviometría o por el exceso de riego puede ser arrastrado a horizontes profundos del suelo. La cantidad de nitrato que puede ser lixiviado depende de la intensidad de las lluvias, de la dosis de riego, de la capacidad de retención de humedad del suelo, del estado vegetativo del cultivo y de las características de su sistema radicular. A su vez, los movimientos ascendentes del agua a la superficie, durante las estaciones secas, pueden provocar el ascenso de los nitratos a horizontes superficiales del suelo. (García-Serrano, P. 2008).

2.7.2. Transformaciones del nitrógeno en el suelo.

En los ecosistemas naturales y agrícolas, el nitrógeno es transformado

de unas formas a otras dependiendo de las condiciones medioambientales, tales como pH, temperatura, humedad, y mediante la acción de distintos microorganismos. Las transformaciones y flujos del nitrógeno en la naturaleza conforman el ciclo del Nitrógeno. El balance de todos estos procesos, indica la cantidad de nitrógeno disponible y asimilable por las plantas y, por lo tanto, el que hay que aportar a través de la fertilización. (Marotta, L. 2009).

Desde el punto de vista del sistema atmósfera-suelo-planta, se producen ganancias de nitrógeno por deposición atmosférica, por el aportado en el agua de riego, por fijación microbiana, por mineralización de la materia orgánica o por la propia fertilización, tanto orgánica como mineral. A su vez y de manera simultánea se producen pérdidas por lavado, volatilización, desnitrificación e inmovilización. (García-Serrano, P. 2008).

Mineralización.

Los microorganismos del suelo utilizan la materia orgánica para tomar la energía que necesitan para vivir. Durante este proceso se liberan nutrientes para las plantas como nitrógeno, fósforo y potasio. El nitrógeno orgánico, es transformado en amonio y este proceso es conocido como

mineralización de la materia orgánica. Se estima que entre el 1 y 3 % del nitrógeno orgánico es mineralizado anualmente por acción de los microorganismos, en un suelo templado. (Navarro, G. 2003).

Nitrificación.

El amonio puede ser utilizado por las plantas pero la mayor parte es transformada en nitrato en dos etapas, en condiciones aerobias, y por la acción de dos grupos de bacterias, las nitrosomonas y las nitrobacter. La humedad y aireación del suelo influyen muy positivamente en este proceso, siendo también determinantes la temperatura y el pH. (Navarro, S. 2003).

Desnitrificación.

En condiciones de escasez de oxígeno, determinados microorganismos reducen el nitrato a NO, N₂O y N₂. La desnitrificación está ligada a la cantidad de oxígeno presente en el suelo, el pH y la temperatura. (Navarro, G. 2003).

Inmovilización.

La población microbiana del suelo utiliza las formas minerales del nitrógeno para formar proteínas. Este proceso supone una competencia para

el cultivo por el nitrógeno mineral del suelo y se denomina inmovilización. Los microorganismos al morir pasan a ser fuente de nitrógeno orgánico, que de nuevo debe sufrir el proceso de mineralización. Este proceso está afectado, al igual que la mineralización, por la humedad, pH, aireación, etc. (Navarro, G. 2003).

2.7.3. La necesidad de nitrógeno.

El nitrógeno es un elemento indispensable para la vida, forma parte de los aminoácidos y estos son los componentes de las proteínas. El nitrógeno gaseoso presente en la atmósfera no es apto para su incorporación a la materia viva, requiere algunas transformaciones para ser absorbido primero por las plantas y de estas, ya en forma de proteínas, por los animales. (Pérez M., 2005).

Las formas minerales de nitrógeno, el nitrato y el amonio, pueden ser tomadas del suelo por las plantas. La nutrición del hombre y los animales depende de las proteínas sintetizadas por las plantas. El hombre necesita una ingesta diaria de aproximadamente 50 g de proteína, lo que equivale a 8 g de nitrógeno. (Schenk, 2005).

Siendo el nitrógeno uno de los 16 elementos esenciales para las plantas (nutrientes que son imprescindibles para el crecimiento de las plantas), y además uno de los consumidos en mayor cantidad, no sólo se requiere para la obtención de proteínas sino que cualquier producción agraria lo requiere en cantidades importantes. La obtención de hidratos de carbono, grasas o fibra queda también limitada por la disponibilidad de nitrógeno para los cultivos. El nitrógeno es uno de los elementos cruciales en el mantenimiento de las altas producciones actuales y estas son demandadas por una población creciente. (Sinclair, 2001).

Debe tenerse en cuenta, además, que la superficie dedicada a la producción agraria difícilmente puede incrementarse, mas al contrario, la superficie mundial dedicada a la agricultura disminuye, básicamente por erosión, pero también por su destino para otros usos como el urbano o el industrial. A nivel mundial, aproximadamente 10 millones de hectáreas de suelo pierden completamente su capacidad productiva cada año debido a la erosión. (Yagüe, M.R. 2004).

2.7.4. Eficiencia del nitrógeno fertilizante.

Según Verheye, W. (2005), aproximadamente el 50 % del nitrógeno mineral aplicado al suelo mediante fertilizantes es absorbido por los cultivos en el primer año (aún menos en suelos arenosos), una pequeña cantidad es incorporada a la materia orgánica estable y será disponible más adelante. De forma que una parte importante se perderá, bien por volatilización o bien por lavado y acumulación en capas profundas del suelo o del subsuelo o en el agua freática.

La creencia de que sólo los fertilizantes minerales producen pérdidas no es correcta. Se pierden cantidades importantes de nitrógeno también de las fuentes orgánicas. Es cierto que la mayor parte de las pérdidas se producen por lavado o desnitrificación desde el nitrógeno mineral presente en el suelo, particularmente desde los nitratos. (Loomis y col. 2002).

Ahora bien, el efecto de los fertilizantes minerales puede predecirse mucho mejor en el tiempo que el de los aportes orgánicos. La mineralización de la materia orgánica se produce cuando las condiciones en el suelo son favorables, independientemente del estado del cultivo. (Betrán, J. 2004).

Según Yuichi Fushiwaki y col. (2005), los fertilizantes orgánicos producen menores pérdidas de nitratos por lavado, en parte por el mayor tiempo que requiere su transformación a nitrógeno mineral, pero también debido a que con ellos pueden verse incrementadas las pérdidas por desnitrificación.

El lavado de nitrato es pequeño durante la etapa de crecimiento del cultivo, pero se incrementa rápidamente cuando la lluvia o riego excede la evapotranspiración. (Verheye, W. 2005).

Según Yuichi Fushiwaki y col. (2005), se tiende a aplicar una cantidad excesiva de nitrógeno a los cultivos. Una reducción en la dosis de fertilizante no afectará al rendimiento y sin embargo mejorará la eficiencia de utilización del nitrógeno.

Para dosis superiores a las del "óptimo económico" (O.E.) la eficiencia disminuye drásticamente, y por encima del "máximo técnico" (M.T.) la presencia de más nitrógeno no se traduce en mayor producción (en muchas ocasiones al contrario) de modo que en parte se promueve el denominado "consumo de lujo" y en parte se crean excedentes de nitrógeno mineral en el

suelo, inevitablemente expuestas al lavado. (Betrán, J. 2004).

Algunas técnicas de cultivo pueden mejorar la eficiencia en el uso del nitrógeno o reducir las pérdidas resolviendo alguno de esos factores de riesgo señalados.

Yuichi Fushiwaki y col. (2005), proponen establecer un rotación de cultivos en la que se alternen cultivos con muy alta demanda de nitrógeno (como puede ser el maíz o algunas hortalizas en nuestras condiciones) con otros que requieran mucho menos (trigo o patatas) o que no lo requieran en absoluto (leguminosas), este segundo cultivo cumpliría la función de "cultivo limpiador".

En regadío la dosificación de agua ajustándose a las necesidades, mucho más en momentos de aplicación de fertilizantes, reducirá las posibilidades de pérdida. La fracción de lavado que sea necesaria puede establecerse fuera de los momentos de mayor presencia de nitratos en el suelo. Yuichi Fushiwaki y col. (2005), señalan que no debería producirse salidas de agua de drenaje hasta 10 días después de fertilizar.

2.7.5. Medidas a adoptar.

La pérdida de nitrógeno desde el suelo agrícola puede ser reducida de forma muy importante si se establece de forma rigurosa un cálculo realista de las necesidades del cultivo y se introducen los fraccionamientos necesarios. Es muy importante considerar la cantidad total necesaria, el momento o momentos idóneos de aplicación, la forma nitrogenada y el método de aplicación. (Porta, J.; Roquero, C. 1999).

La aplicación de formas nitrogenadas de rápida absorción debe hacerse preferentemente en los estados de máxima absorción radicular, y debe suspenderse cuando la actividad de la planta es menor. La presencia de cubierta vegetal en los barbechos, o en los periodos sin cultivo, durante el mayor tiempo posible es un mecanismo de protección contra las pérdidas de los nitratos que se producen como consecuencia de la mineralización de la materia orgánica del suelo. La vegetación incorpora ese nitrógeno, y otros nutrientes, a la biomasa y los retornará nuevamente al ciclo en forma orgánica. (López-Acevedo, M. 1999).

En cultivos herbáceos realizar el menor aporte posible de fertilizantes minerales en fondo y reservar el mayor aporte para cuando el cultivo está bien establecido. El fertilizante de fondo tendrá un efecto mucho mayor si se realiza localizado. (Sinclair, T.R. 2001).

En el caso de fertilizantes orgánicos, además de calcular la cantidad necesaria (para lo cual se requiere conocer la riqueza fertilizante), es muy importante prever el periodo necesario para su transformación. El compostaje de estiércoles y de residuos orgánicos de diversa naturaleza permitirá aprovechar toda su riqueza fertilizante y reducir las pérdidas por volatilización, desnitrificación y lavado. Si se utilizan fertilizantes orgánicos debe reducirse en la proporción adecuada los aportes minerales. (Sinclair, T.R.; Gardner, F.P. 2001).

2.8. REVISIÓN DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA.

2.8.1. Formas del fósforo en el suelo.

El fósforo se encuentra en el suelo formando parte de diferentes minerales tales como fosforita, apatito, etc. También en compuestos

orgánicos, asociado a la materia orgánica y como parte de los microorganismos. Además, existen formas iónicas libres en la solución del suelo y fijadas al complejo arcillo-húmico. (Marotta, L. 2009).

Desde el punto de vista agronómico, el fósforo puede estar presente en el suelo en cuatro formas: en la solución del suelo, es decir, directamente asimilable; fijado en el complejo arcillo-húmico, por tanto cambiante o lábil; como componente de la materia orgánica; precipitado o adsorbido en los geles de hierro y aluminio, en suelos ácidos, y precipitado como fosfato cálcico en suelos básicos, muy lentamente asimilable y; formando parte de la roca madre, no asimilable. (Nogales, M.2009).

2.8.2. Transformaciones del fósforo en el suelo.

El fósforo de la solución del suelo está en equilibrio con las diversas fracciones y formas en las que está presente en el suelo. La reacción de equilibrio, en la que interviene la absorción de este elemento por las plantas, se rige por una serie de procesos complejos. (Ruano, S. 2008).

Fijación.

Es la reacción de formas solubles con compuestos orgánicos e inorgánicos para dar lugar a formas insolubles de fósforo, al menos en el corto plazo. En este proceso influye de manera determinante el pH. (Navarro, G. 2003).

La fijación puede producirse de las siguientes formas:

- Adsorción en las arcillas: intercambio con grupos hidroxilo asociados o no a Fe y Al.
- Precipitación en compuestos de Fe y Al.
- Precipitación en suelos calizos: fosfatos bicálcicos y tricálcicos.
- Ligado a la materia orgánica (humofosfatos).

Mineralización.

Por acción de microorganismos del suelo, las moléculas orgánicas que contienen fósforo son capaces de liberar ácido fosfórico. La cantidad del fósforo mineralizado depende de la humedad, pH, relación C/P, etc. (Navarro, G. 2003).

Solubilización.

El proceso de absorción de las plantas del fósforo soluble en la solución del suelo pone en marcha la reacción de equilibrio que está relacionada con la capacidad de adsorción del suelo. El proceso de solubilización, fósforo en solución-fósforo adsorbido, depende de la capacidad de cada suelo. (Navarro, S. 2003).

Inmovilización.

El fósforo, al igual que el nitrógeno, es utilizado por los microorganismos del suelo para formar su propio protoplasma y compite así con las plantas. La cantidad de fósforo mineral que pasa a orgánico es pequeña y además es temporal, ya que el fósforo contenido en los microorganismos se incorpora de manera rápida al suelo tras su muerte. (Navarro, G. 2003).

2.8.3. Necesidades de fósforo de los cultivos.

La cantidad de fósforo y los momentos puntuales de necesidad en este elemento dependen de la especie, de la variedad, del rendimiento potencial y

por supuesto, de la calidad de la cosecha. Al igual que para el resto de nutrientes, las necesidades de cada cultivo se determinan cuantificando la respuesta de cada uno a la aplicación de diferentes dosis de fósforo, mediante ensayos de campo. Por otra parte, es de gran interés la determinación de los contenidos en fósforo en plantas para determinar su correcta nutrición, definida a través del análisis de plantas bien desarrolladas. (García-Serrano, P.2009).

2.8.4. Fósforo asimilable y fertilización fosfatada.

La fertilidad de un suelo en lo que al fósforo se refiere, se definiría como la capacidad del suelo de suministrar a los cultivos las cantidades que precisa, y en los momentos puntuales en los que es necesaria su absorción. Las características físicas y químicas del suelo determinan la capacidad y ritmo al que el suelo es capaz de reponer el fósforo que las plantas van tomando de la solución. En este proceso influyen, fundamentalmente, la textura, el pH, la caliza activa y la materia orgánica. (Ruano, S. 2009).

En definitiva, la fertilidad del suelo en fósforo es la cantidad de fósforo asimilable presente y, entendemos por asimilable, la fracción extraíble con

ácidos débiles a una concentración definida. En los laboratorios agronómicos se utilizan el método "Olsen", que emplea como extractante el bicarbonato sódico, muy adecuado para suelos básicos, y el método "Bray", válido para condiciones ácidas. Además de la determinación analítica del fósforo en el laboratorio, para el cálculo de la fertilización fosfatada se deben de tener en cuenta los factores que van a influir en la asimilabilidad de este elemento. De este modo, una vez definidos los contenidos en fósforo en el suelo y las necesidades del cultivo, se considerarán los siguientes factores (García-Serrano, P.; Nogales, M. 2008):

- **Textura del suelo:** en suelos arenosos, con menor poder de retención de agua, a igual contenido en fósforo asimilable, mayor concentración en la solución del suelo.
- **pH:** en suelos calizos se fomentan los procesos de retrogradación o insolubilización por formación de fosfatos insolubles. Por el contrario, los suelos ácidos favorecen los procesos de mineralización y solubilización.

De esta manera, se pueden indicar los siguientes principios básicos a la hora de fertilizar con fósforo:

- En suelos con contenidos en fósforo, normales o altos, la fertilización debe tener por objetivo mantener la fertilidad del suelo, es decir, realizar un abonado de mantenimiento. El abonado debe coincidir con las extracciones de los cultivos siempre que el pH se aproxime a la neutralidad. Si el pH es muy básico se abonará con cantidades adicionales, mayores cuanto más arcillosa sea la estructura del suelo.
- En suelos pobres en fósforo el abonado debe cubrir las necesidades del cultivo, abonado de mantenimiento, y las necesidades para enriquecer el suelo. Se aportarán cantidades mayores cuanto mayor sea el pH del suelo y mayor su contenido en arcilla.
- En suelos ricos y muy ricos en fósforo se deberán reducir las dosis de mantenimiento e incluso suprimirlas, en mayor medida cuando se trate de suelos básicos, con gran contenido en arcilla.

Las aplicaciones de fósforo pueden ser en presembrado o coincidiendo con la siembra. El fósforo se aplica normalmente junto con la primera aportación de nitrógeno y potasio. El abonado fosfatado se hará con mayor anticipación cuanto menor sea la solubilidad del abono que se emplee. (Marotta, L. 2009).

2.9. FUNCIONES DE LOS ELEMENTOS NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN LAS PLANTAS.

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

Existen otros factores o prácticas que pueden limitar o afectar el rendimiento de los cultivos, entre los más importantes tenemos factores del medio ambiente (suelo, clima, etc.) y aquellos relacionados al manejo del cultivo (humedad suficiente, densidad de siembra, malezas, plagas y enfermedades), todos estos factores determinantes para la obtención de buenos rendimientos. (FAO 1990).

En las distintas fases de su desarrollo, las plantas tienen diversas exigencias tanto en la cantidad como en la forma y correlación de las sustancias nutritivas. Durante sus fases tempranas todas las plantas consumen pocas sustancias nutritivas, incluso las plantas que son más exigentes en cuanto al balance nutricional, el consumo mayor durante el periodo en que ocurre el mayor crecimiento y se acumulan reservas. (Guenkov, 1991).

Nitrógeno.

Bennet (1993), menciona que el nitrógeno es absorbido por las plantas en forma de nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+). Generalmente se entiende que el amonio es absorbido y utilizado primeramente por las plantas jóvenes. Mientras que el nitrato es la forma principal para utilizarlo durante el periodo largo de desarrollo.

El nitrógeno tiene numerosas funciones en la planta. El ión NO_3^- sufre transformaciones después este es absorbido y reducido a la forma amino. Entonces es utilizado en forma de aminoácidos. Los aminoácidos son esenciales para la formación de proteínas y son considerados componentes

de los mismos. En adición a aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y bases nitrogenadas, el nitrógeno es también componente de compuestos de otras plantas incluyendo nucleótidos, amidas y aminas. Por lo tanto el nitrógeno juega un papel clave en muchas reacciones metabólicas. (Azcón-Bieto, J.; Talón, M. 2000).

El nitrógeno es contenido en la molécula de clorofila, por lo que una deficiencia de nitrógeno va a resultar en una condición clorótica en la planta. El nitrógeno es también un constituyente estructural de las paredes celulares.

Las proteínas son continuamente creadas, sintetizadas y degradadas en la planta así que el nitrógeno se mueve de las partes viejas de la planta a hojas jóvenes. Por lo tanto el síntoma de deficiencia aparece normalmente primero en las hojas viejas. La proteína (aminoácidos y clorofila) y ácidos nucleicos son constituyentes mayores del protoplasma de la célula, así que a falta de nitrógeno inhibe la división celular con una consecuente reducción en crecimiento. (Azcón-Bieto, J.; Talón, M. 2000).

Ishizuka (1998), cita que el nitrógeno juega un papel importante como constituyente de la clorofila, en la coloración verde característica de todas las

plantas verdes. Así que el color de la hoja es un buen indicador del nivel de nitrógeno en los cultivos.

Tisdale y Nelson (1991), reportan que un adecuado suministro de nitrógeno está asociado con vigorosos crecimientos vegetativos y un intenso color verde. Cantidades excesivas de nitrógeno pueden prolongar el periodo de crecimiento y retrasar la madurez.

Edmon, J.B.; T.L. Senn y F.S. Adrews (1991), reportan que cuando existe un exceso de nitrógeno en la fase vegetativa se efectúa rápidamente, hay un rápido desarrollo de tallos y hojas grandes de color verde oscuro conteniendo gran cantidad de clorofila que absorbe cantidades relativamente altas de luz y elaboran grandes cantidades de carbohidratos que se utilizan en la formación de células de tallos, hojas y raíces absorbentes.

Masson, Tremblay y Gosselin (1991), mencionan que han observado que plántulas sobrefertilizadas de nitrógeno incrementan su succulencia y se rompen fácilmente cuando se trasplantan.

El nitrógeno es un nutriente de gran importancia debido a su presencia

en las principales biomoléculas de la materia vegetal; si añadimos que los suelos suelen soportar un déficit de este elemento, tendremos que, junto al potasio y el fósforo, es uno de los elementos claves en la nutrición mineral. En términos mundiales es el nutriente que más limita las cosechas y por ello, el que más se fertiliza. (Turchi, A. 1995).

Fósforo.

Adams (1996), menciona que el fósforo se considera como un elemento nutritivo mayor igual que el N y K, sin embargo en la mayoría de las plantas se presenta en menores cantidades que estos. El fósforo es absorbido por las plantas en cualquiera de las formas como ión ortofosfato primario (H_2PO_4^-) o como ión ortofosfato secundario (HPO_4^{2-}). El ión absorbido es determinado por el pH del suelo. Cuando el nitrógeno y el fósforo son físicamente y químicamente asociados al suelo, la absorción del fósforo aumenta.

El fósforo es un constituyente de compuestos de la planta tal como enzimas, proteínas y es un componente estructural de fosfoproteínas, fosfolípidos y ácidos nucleicos, por lo tanto juega un papel importante en la

vida de las plantas e importante también en el crecimiento reproductivo, la división celular, síntesis de azúcar, grasas y proteínas. (Azcón-Bieto, J.; Talón, M. 2000).

Este promueve maduración temprana y calidad de frutos. Un adecuado suministro en las primeras etapas vegetativas es importante en el retraso del crecimiento de las partes reproductivas asociadas a la vez con una pronta maduración de los cultivos. Se le considera esencial en la formación y maduración de las semillas encontrándose en gran cantidad en éstas y frutos; los meristemas y tejidos activos.

Incrementa también la resistencia a enfermedades. Una buena fertilización con fósforo ha sido asociada con un incremento del crecimiento de las raíces (Rodríguez, 1989; Tisdale y Nelson, 1991; Bennet, 1993).

Potasio.

El potasio es absorbido como ión "K". La forma asimilable para las plantas del total del potasio es generalmente pequeña. A diferencia de otros elementos no forma parte de los componentes de la planta. Sus funciones

son más bien de naturaleza catalítica. El potasio se enlaza iónicamente a la piruvato quinasa que es esencial en la respiración y en metabolismo de carbohidratos. Es un constituyente de la fotosíntesis bajo condiciones de baja intensidad (Bidwell.1999; Tisdale y Nelson, 1991; Wallace, 1991).

Devlin (1990), menciona que en la planta este elemento es requerido para turgencia de la misma y mantiene el potencial osmótico de las células. Esta regulación osmótica indica el papel que juega el potasio en relación con el agua de la planta, retención de agua en tejidos y transporte de largas distancias de agua y asimilados en el floema y xilema. Este también tiene funciones en la estabilización de pH en la célula. El potasio se requiere a la vez para producción de fosfato de alta energía (ATP). Parece que actúa como activador o catalizador de enzimas que intervienen en la síntesis de ciertas uniones peptídicas. En las regiones meristemáticas que son las más activas de la planta como yemas, hojas tiernas y extremos de raíces se concentra más este elemento. Esta acción en las células tiene efecto en el desarrollo normal de las mismas, por lo tanto aumenta la resistencia al alojamiento de plagas y enfermedades.

A causa de estas cualidades del potasio, los frutos que crecieron con

un suministro adecuado de este elemento, parecen tener larga vida en anaquel en el almacenamiento (Bennet, 1993).

2.8. CONDUCCIÓN DE AGUA Y NUTRIENTES EN EL XILEMA.

Se ha demostrado que en los vasos de xilema, la tasa de flujo varía de acuerdo al cuadrado del radio del vaso. Las plantas con tallos largos y estrechos, tienden a poseer vasos de gran diámetro que permiten altas tasas de flujo. Puesto que la tasa de flujo varía inversamente a la longitud, tal arreglo permite la transferencia del agua a través de largas distancias en un tallo de diámetro pequeño. (Hartman y Kester, 1997).

El xilema ha sido reconocido como el principal camino para el movimiento ascendente del agua en el tallo; este tejido conductor consiste principalmente de vasos y traqueidas. Cuando estas células son funcionales están muertas, y por lo regular forman parte de un sistema de tubos continuamente abiertos a través del tallo. (Bidwell, 1996).

Las células que componen las fibras del xilema son muy abundantes, de un cuerpo muy largo que tienen paredes celulares gruesas y lignificadas,

y permiten el movimiento del agua y nutrientes entre las células componentes de las fibras. La función principal de las fibras es de soporte para las plantas. (Rovalo, M. 1997).

Los rayos del parénquima que se encuentran orientados lateralmente por lo general, son continuos desde el xilema hasta el cambium vascular y penetran hasta dentro del floema, permitiendo el intercambio de sustancias entre estos dos tejidos. (Rojas, G. 1997).

Puesto que el xilema constituye un sistema transportador de agua de extremos abiertos, esencialmente en una sola dirección, es probable que los solutos se movilicen pasivamente por él, por medio del arrastre de solventes, los solutos necesitan no moverse en la misma tasa del agua, ya que sus movimientos pueden estar influidos por la adsorción a las paredes de los vasos o por difusión hacia abajo de un gradiente de potencial dentro del sistema de flujo. (Harper, 1990).

2.9. CONDUCCIÓN DE FOTOSINTATOS EN EL FLOEMA.

El floema es el tejido conductivo de las plantas que transporta la savia

elaborada que ha sido producida en las áreas verdes fotosintéticamente activas y que se va a emplear para crecimiento y desarrollo de puntos meristemáticos, o de frutos, o bien se alojará en zonas de almacenamiento. (Bidwell, 1996).

Además de las funciones conductivas, el floema de las capas de células muertas, de tallos viejos, provee a las plantas de protección para evitar las pérdidas excesivas de agua. En la mayoría de los casos, todo el tejido del floema, es decir, la parte viva y muerta es lo que comúnmente se conoce como la corteza de las plantas. (Rojas, G. 1997).

Los azúcares que han sido sintetizados durante la fotosíntesis se mueven hacia las partes inferiores de la planta básicamente en el tejido del floema, hasta llegar a los puntos de almacenamiento como puede ser la corteza, granos, frutos y las raíces. Este movimiento no solamente ocurre hacia abajo de las plantas sino también lateralmente en ambos lados. Esta translocación de fotosintatos se realiza en los elementos conductores y en sistema de tuberías que conforman el floema. (Hartman y Kester, 1997).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL.

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones” de propiedad de la Universidad Nacional “Jorge Basadre Grohmann” y que se encuentra ubicada en la parte Sur-Este de la ciudad de Tacna.

Políticamente se encuentra ubicada en el departamento de Tacna; provincia de Tacna y distrito de Tacna. El cual geográficamente está a $17^{\circ} 59' 38''$ de latitud sur y $70^{\circ} 14' 22''$ de longitud oeste; con una altitud de 508 m.s.n.m.

3.1.1. Características edáficas.

Para la determinación de las características físico-químicas se realizó el

análisis de suelo correspondiente, cuyos resultados se muestran en el Cuadro I, el cual presenta un análisis de la fertilidad del suelo de la zona del experimento.

Dentro de las principales características físico-químicas que presenta el suelo, se tiene una textura Franco Arenosa, con un pH ácido, no hay presencia de carbonatos de calcio, presenta un suelo no salino, es decir que los efectos de las sales sobre el cultivo son despreciables. Presenta bajo contenido de nitrógeno, alto en fósforo y el potasio presenta un contenido alto.

La capacidad de intercambio de cationes está representada por la cantidad de cationes expresados en miliequivalentes por 100 gramos de suelo, es una propiedad química que designa los procesos de adsorción de cationes por el complejo de cambio desde la solución suelo y la liberación de cationes desde el complejo de cambio hacia la solución suelo. Como guía en la interpretación de los resultados del C.I.C. puede usarse la siguiente:

- Bajo menos de 10 me/100g

- Media 10-20 me/100g
- Alta más de 20 me/100g

En líneas generales, la capacidad de intercambio de cationes de los suelos aumenta con las cantidades de arcilla, dependiendo del tipo, y con la materia orgánica.

Las bases intercambiables más abundantes en los suelos son: calcio, magnesio, sodio y potasio. Para los diferentes cationes, un suelo ideal podría tener los siguientes porcentajes de saturación:

Catión	% de saturación	me/100g
• Calcio	65 - 85	5-10
• Magnesio	10- 20	1-3
• Potasio	2 - 6	0,15-0,30
• Sodio	1	menor de 1

Cuadro I. Análisis de suelo del área experimental.

CUALIDADES GENERALES		
Textura	FA	Franco arenoso
Arena	71	%
Limo	20	%
Arcilla	9	%
CALCÁREOS		
CO ₃ Ca	0,00	%
Al	0,06	meq/100gr
pH	5,38	
C.E.	0,902	mmhos/cm
NUTRICIÓN PRINCIPAL		
Materia orgánica	1,51	%
N	0,06	%
P	33,70	ppm
K	603,01	ppm

Fuente: Laboratorio de análisis de suelo del Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA. Estación Experimental: Agraria Illpa-Puno.

3.1.2. Características climáticas.

Las condiciones ambientales de la zona donde se realizó el ensayo se presenta en el Cuadro II, según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Dirección Regional Tacna-Moquegua.

Los parámetros corresponden a los meses de febrero a junio del 2011, que es el tiempo que duro el ciclo del cultivo desde su siembra hasta su cosecha.

Cuadro II. Información meteorológica de la zona del experimento.

PARAMETROS	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Temperatura Máxima (°C)	27,9	26,7	24,7	21,6	19,5
Temperatura Mínima (°C)	16,8	14,8	14,7	12,8	11,7
Temperatura Media (°C)	22,35	20,75	19,7	17,2	15,6
Humedad Relativa (%)	66	70	73	77	82
Precipitación Total (mm)	8,1	0,0	0,0	0,9	9,4

Fuente: SENAMHI. Estación MAP- Jorge Basadre Grohmann.

El tomate es una especie de estación cálida razonablemente tolerante al calor y a la sequía y sensible a las heladas. Aunque se produce en una amplia gama de condiciones de clima y suelo, prospera mejor en climas secos con temperaturas moderadas. La temperatura media mensual óptima para su desarrollo varía entre 21 y 24 °C, aunque se puede producir entre los 18 y 25 °C. Cuando la temperatura media mensual sobrepasa los 28 °C, las plantas de tomate no prosperan. (Giacconi M, V. 2004).

Temperaturas sobre los 30 °C afectan la fructificación. Asimismo, la temperatura nocturna puede ser determinante en la cuaja, pues debe ser suficientemente fresca (15 a 22 °C). Las temperaturas inferiores a 12 - 15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta y pueden provocar frutos deformes. En general, con temperaturas superiores a 28 °C e inferiores a 12 °C la fecundación es defectuosa o nula. (Esquinas-Alcázar, J. y Nuez V., F. 1995).

Con respecto a la humedad relativa óptima según Giacconi M, V. 2004, para el desarrollo del tomate la humedad relativa varía entre un 60 % y un 80 %.

3.2. MATERIALES.

3.2.1. Material experimental.

Como material experimental, en el presente trabajo de investigación, se utilizó la variedad de tomate híbrido Lía. El cual fue sometido a 3 niveles de nitrógeno y 3 niveles de fósforo.

Las características de la variedad de tomate híbrido Lía son:

- De crecimiento determinado.
- Se ha adaptado muy bien en el departamento de Tacna.
- Resistencia a enfermedades como Verticillium, Fusarium (raza 1 y 2), TSWV (peste negra) y nematodos.
- Fruto de buena firmeza y larga vida.

Las fuentes nutritivas, utilizadas en el trabajo de investigación fueron:

- Fuente nitrogenada: Urea (46 % N).

- Fuente fosforada: Fosfato diamónico (18 % N, 46 % P_2O_5).

3.2.2. Factores en estudio.

Se utilizó dos factores: nitrógeno y fósforo, cada uno con 3 niveles crecientes de cada factor, el potasio no se aplicó porque era suficiente con lo que aportaba el suelo.

Factor Nitrógeno: N (kg/ha)	Factor Fósforo: P_2O_5 (kg/ha)
$n_1 : 250$	$p_1 : 0$
$n_2 : 300$	$p_2 : 70$
$n_3 : 350$	$p_3 : 100$

Con los niveles mencionados, de nitrógeno y fósforo se realizó las combinaciones que constituyen los tratamientos los cuales se observan en el Cuadro III.

Cuadro III. Combinación de los factores en estudio.

FACTORES EN ESTUDIO		COMBINACIÓN	CODIGO
Nitrógeno	Fosforo		
n ₁	p ₁	250 Kg de N/ha, con 0 Kg de P ₂ O ₅ /ha	T ₁
	p ₂	250 Kg de N/ha, con 70 Kg de P ₂ O ₅ /ha	T ₂
	p ₃	250 Kg de N/ha, con 100 Kg de P ₂ O ₅ /ha	T ₃
n ₂	p ₁	300 Kg de N/ha, con 0 Kg de P ₂ O ₅ /ha	T ₄
	p ₂	300 Kg de N/ha, con 70 Kg de P ₂ O ₅ /ha	T ₅
	p ₃	300 Kg de N/ha, con 100 Kg de P ₂ O ₅ /ha	T ₆
n ₃	p ₁	350 Kg de N/ha, con 0 Kg de P ₂ O ₅ /ha	T ₇
	p ₂	350 Kg de N/ha, con 70 Kg de P ₂ O ₅ /ha	T ₈
	p ₃	350 Kg de N/ha, con 100 Kg de P ₂ O ₅ /ha	T ₉

Fuente: Elaboración propia.

3.3. MÉTODOS.

3.3.1. Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado en el presente trabajo de investigación es el diseño completamente aleatorizado, con un arreglo factorial de 9 tratamientos correspondientes a las dosis de nitrógeno y fosforo, con 3 repeticiones.

3.3.2. Análisis estadístico.

Para el análisis de los factores en estudio se utilizó la técnica del análisis de varianza, usando la prueba F a un nivel de significación de 0,05 y 0,01. Asimismo se utilizó la técnica de polinomios ortogonales para el factor A (Nitrógeno) y el factor B (fosforo), ajustando a una función de respuesta para hallar el óptimo.

3.3.3. Características del campo experimental.

Largo de parcela experimental	: 41 m
Ancho de parcela experimental	: 22 m
Área de la parcela experimental	: 902 m ²
Número de unidades experimentales	: 27
Largo de unidad experimental	: 22 m
Ancho de unidad experimental	: 1,5 m
Área de la unidad experimental	: 33 m ²
Distancia entre líneas	: 1,5 m
Distancia entre plantas	: 0,6m
Número de tratamientos	: 9

3.3.4. Variables de respuesta.

- **Rendimiento (t/ha).**

Se determinó basándose en la producción obtenida por parcela de cada uno de los tratamientos, la que se transformó a t/ha.

- **Número de frutos por racimo.**

Se contabilizó los frutos por racimos de 5 plantas por unidad experimental tomadas en forma aleatoria, de cada tratamiento.

- **Diámetro ecuatorial de fruto (cm).**

Esta variable se ha obtenido midiendo con un vernier de laboratorio el diámetro ecuatorial del fruto. Se evaluaron 5 frutos en forma aleatoria de cada unidad experimental.

- **Diámetro polar de fruto (cm).**

Esta variable se ha obtenido midiendo con un vernier de laboratorio el

diámetro polar del fruto, que consiste en medir desde la base del fruto hasta el ápice del mismo. Se evaluaron 5 frutos en forma aleatoria de cada unidad experimental.

- **Peso unitario de fruto (g).**

Se determinó pesando cada fruto directamente de campo, uno a uno, se pesaron 5 frutos de cada unidad experimental de forma aleatoria.

- **Peso de frutos por planta (kg).**

Esta variable se ha obtenido pesando directamente en campo, los frutos de la planta en cada cosecha, se tomó el peso de 5 plantas tomadas en forma aleatoria por unidad experimental.

- **Altura de planta.**

Se tomaron 5 plantas al azar por cada tratamiento, las mediciones se hicieron desde la base de la planta hasta la parte apical, se registró la información en la etapa de la cosecha.

3.4. DESARROLLO DEL EXPERIMENTO.

3.4.1. Preparación y manejo de almácigos (bandejas).

El objetivo es obtener plantas sanas y fuertes que sean capaces de resistir el ataque de plagas y enfermedades.

Primero, se ubicó adecuadamente los almácigos dentro del vivero, para facilitar el cuidado y manejo de las plantas. Para lo cual el vivero estaba ubicado en el mejor lugar de la parcela, es decir en un lugar plano, protegido de los vientos fuertes y de los animales (cercado) y cerca de una fuente de agua.

Segundo, se preparó el mejor sustrato para los almácigos, de esta manera se facilitó el desarrollo de las plantas, al tener un sustrato suelto y rico en nutrientes. Para esto se utilizó solamente humus de lombriz, previamente cernido.

Tercero, se sembró adecuadamente en los almácigos, para favorecer la germinación y así no echar a perder la semilla, esto se realizó el 2 de febrero

del 2011, se realizó pequeños orificios en los almácigos, de 0,5 cm de profundidad donde se depositó una semilla de tomate, tapando la semilla con poco sustrato y apretándolo suavemente con la palma de la mano, así la semilla entra en contacto con el sustrato y germina sin dificultad.

En el momento del riego de los almácigos, se realizó con mucho cuidado evitando encharcamientos o el arrastre de las semillas. Al principio se regó con poca agua y seguido, una vez que las plantas germinaron los riegos fueron más espaciados y con más agua; los riegos se realizaron por las mañanas.

Sacar las malas hierbas y aquellas plantas que se encontraban en mal estado, fue una tarea que se realizó durante todo el tiempo que duro el almácigo, que fueron 25 días desde el momento de la siembra hasta el trasplante.

3.4.2. Preparación del terreno.

La preparación del suelo ha sido una necesidad para facilitar el trabajo, que en el caso del tomate, el trasplante se vea facilitado con la preparación

del suelo, y la plántula continúe su crecimiento en el campo, sin limitaciones.

Lo primero que se realizó fue incorporar materia orgánica (estiércol de vacuno) sobre toda la superficie que se destinó como cultivo de tomate. La cantidad que se incorporó fue de 10 t/ha, aproximadamente, de materia orgánica. El movimiento y la mezcla del suelo con las operaciones del laboreo cumplen varias funciones importantes. La primera es el control de los residuos y la vegetación nueva que compite con los cultivos. El laboreo se usa también para controlar el flujo de agua, incorporar los fertilizantes, y para crear condiciones favorables para el establecimiento de los cultivos y el desarrollo del sistema radical.

La preparación de suelo es la primera labor que se consideró para lograr el éxito del cultivo, una buena preparación de suelo es el resultado de varias operaciones de campo con maquinarias e implementos especializados de tal manera que como resultado se obtenga una zona mullida que facilite el arraigamiento de las raíces del cultivo y asegure una gran capacidad de almacenamiento de agua y oxígeno, además, favorece la actividad de los organismos que viven en el suelo.

3.4.3. Plantación.

En donde se busca lograr que la parcela tenga la mayor cantidad de plantas sanas y productivas. Previo al establecimiento del tomate se realizaron surcos distanciados de acuerdo al marco de plantación, el trasplante se realizó de la mejor forma posible y fue en horas de la tarde el 25 de febrero del 2011.

Para esto fue necesario: una vez preparado el terreno, marcar los surcos y realizar los hoyos en la parcela; la distancia entre hileras fue de 1,50 m y entre plantas de 0,60 m.

Al momento del trasplante, el suelo tenía la humedad necesaria para que la planta no se deshidrate y pueda recuperarse más fácilmente. Se escogió del almácigo (bandejas) las mejores plantas (sanas y fuertes), es decir aquellas que tenían 4 o 5 hojas verdaderas o un tamaño de 10 a 12 centímetros, esto ocurrió a los 25 días después de la siembra en los almácigos.

Una vez realizado el trasplante se regó la parcela con mucho cuidado.

Para realizar el replante más o menos a los 5 ó 7 días después del trasplante, se debió sacar las plantas que no habían prendido o que estaban en mal estado, dejando solamente las mejores plantas.

3.4.4. Fertilización del tomate.

En el momento de la preparación del terreno se aplicó todo el fósforo, como fertilizante de fondo, las cantidades fueron de acuerdo a cada tratamiento y aplicadas a cada una de las unidades experimentales. En el caso del potasio no se aplicó, porque era suficiente con lo que aportaba el suelo. El rol del potasio en tomate se relaciona directamente con la calidad y producción.

El aumento de los niveles de potasio mejora el comportamiento de la planta. La acción del potasio contribuye a una mejor eficiencia y aprovechamiento del fertilizante nitrogenado proporcionado.

Luego se aplicó el nitrógeno fraccionado en 4, de acuerdo a cada tratamiento, la primera aplicación fue a los 15 días del trasplante, la segunda

fue a los 35 días, la tercera fue a los 60 días y la cuarta aplicación fue a los 75 días del trasplante.

Para corregir algunas deficiencias de microelementos se aplicó el fertilizante foliar Vital-W a una dosis de 4 ‰ y para una mejor aplicación se usó el adherente Superwet a razón de 0,25 ‰.

3.4.5. Riego.

En el experimento, los riegos se efectuaron mediante sistema de riego localizado (goteo), este sistema mantiene el agua en la zona radicular con las condiciones de utilización más favorables para la planta, los periodos de riego fueron interdiarios.

3.4.6. Control de malezas.

Por los problemas que causan las malezas, al producir competencia con el cultivo y ser un reservorio para plagas, se tomó en cuenta la necesidad de controlarlas adecuadamente y a tiempo, para que no se vuelvan un problema incontrolable.

La mejor forma en que se combatió las malezas fue antes del trasplante, tomando en cuenta el período necesario en que las malezas crecieron hasta un punto en donde son más vulnerables y pueden ser controladas con eficacia.

Las malezas fueron combatidas con un control manual, con herramientas manuales (lampa, pico, etc.) solo en la línea de siembra donde va la cinta de goteo, teniendo cuidado de no romperla y también se realizó un control manual en los contornos de la parcela.

Las principales malezas encontradas fueron las siguientes:

<i>Portulaca oleracea</i>	“Verdolaga”
<i>Amaranthus hybridus</i>	“Yuyo”
<i>Malva nicaensis</i>	“malva”
<i>Taraxacum officinale</i>	“Diente de león”

3.4.7. Control fitosanitario.

El cultivo sufrió el ataque de plagas y enfermedades las cuales fueron

controladas en forma oportuna a fin de evitar daños en el cultivo.

Principales enfermedades.

- *Rhizoctonia solani* "Chupadera".- Donde se observó el ataque a nivel del cuello con un adelgazamiento de la plántula. Esta enfermedad atacó a las plántulas en plena emergencia a los 25 a 30 días después de la siembra, para su control se aplicó Benopoint 50 PM (Benomyl) a una concentración de 0,5 ‰.
- *Phytophthora infestans* "Hielo o Ranca".- En las hojas se observaron manchas irregulares en los bordes de color café oscuro. Esta enfermedad se controló con la aplicación de Polyram DF (Metiram) con una dosis de 1,5 ‰.

Principales plagas.

- *Feltia sp.* "Gusano de tierra".- Atacaron al inicio del cultivo, para su control se aplicó Lorsban 4 E (Clorpirifos) a una concentración de 1,5 ‰.
- *Bemisia argentifolii* "Mosca Blanca".- El daño principal que causó esta plaga, fue el debilitamiento de las plantas, deterioró la calidad de frutos. Pero

se controló con la aplicación de Lancer (Imidacloprid) con una concentración de 1‰.

- *Prodenia eridania* "Gusano perforador del fruto".- Atacó desde el inicio de la floración hasta el inicio de la cosecha, para su respectivo control se aplicó Lorsban 4 E (Clorpirifos) con una concentración de 1,5 ‰ y Cipermax super 10 ce (Alfacipermetrina) a una concentración de 1 ‰.
- *Liriomyza huidobrensis* "Mosca minadora".- En donde atacaron aproximadamente a los 20 días después del trasplante para su control se aplicó Abamex (Abamectina) a una concentración de 1 ‰.

3.4.8. Cosecha.

Como los frutos de tomate son destinados al consumo en fresco, la cosecha se realizó manualmente, de acuerdo a los índices de madurez, por lo que el producto debe alcanzar la madurez correcta para la cosecha. La madurez del tomate al momento de la cosecha determina su vida de almacenamiento y calidad, y afecta la forma en que deben ser manipulados,

transportados y comercializados. Los frutos fueron cosechados con una madurez adecuada, tan rápidamente como fue posible, y se inició el 31 de mayo del 2011.

Durante la recolección, los frutos se trataron con cuidado para evitar que sean lastimados o golpeados, después de la cosecha se colocaron en la sombra.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro IV. Análisis de varianza de diámetro ecuatorial (cm).

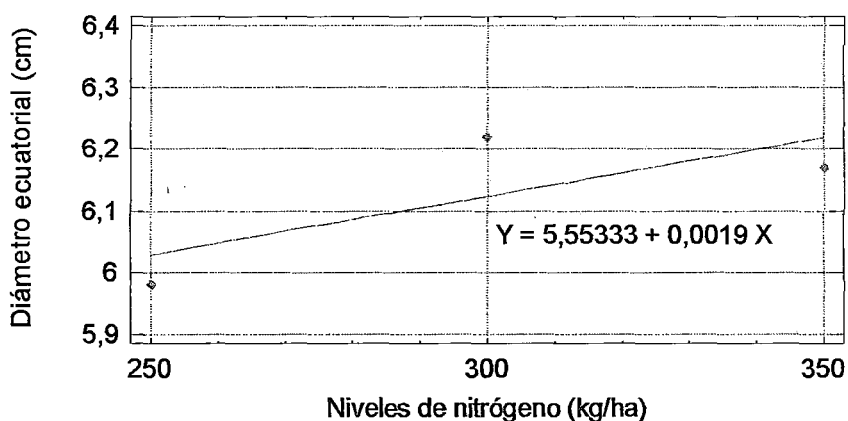
Fuentes de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F.C.	F	
					0,05	0,01
Tratamientos	8	0,5207	0,065	1,993	2,510	3,705 ns
A. Nitrógeno	2	0,2721	0,136	4,167	3,550	6,010 *
Lineal	1	0,1444	0,1444	4,429	4,414	8,285 *
Cuadrática	1	0,1280	0,1280	3,926	4,414	8,285 ns
B. Fosforo	2	0,0311	0,0155	0,476	3,550	6,010 ns
Interacción AxB	4	0,2175	0,0543	1,665	2,930	4,580 ns
Error experimental	18	0,5876	0,0326			
Total	26	1,1084				

C.V. 2,952 %

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza muestra los resultados de diámetro ecuatorial del fruto, los resultados evidencian que no existen diferencias estadísticas al nivel de tratamientos. Para el factor nitrógeno se encontraron diferencias

estadísticas significativas, lo que evidencia que al menos uno de los niveles causó mayor efecto, siendo la componente lineal significativa, por lo que se deduce que a medida que se incrementa los niveles de nitrógeno el diámetro se incrementa; sin embargo, para el factor fósforo no se halló significación estadística, demostrando que no influyeron directamente, la interacción fue no significativa, es decir que ambos factores actuaron independientemente uno del otro, el ensayo es confiable, puesto que el coeficiente de variabilidad fue de 2,952 %.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1. Regresión lineal de diámetro ecuatorial para el factor nitrógeno.

El gráfico 1, muestra la ecuación de regresión simple $Y = 5,55333 + 0,00019 X$ en donde señala, que por cada unidad de nitrógeno incorporado al experimento, el fruto se eleva en 0,00019 cm respectivamente.

Al agregar cada unidad de nitrógeno, el diámetro ecuatorial del fruto se eleva, esto podría deberse a que, según Guerrero, A. (1996) las plantas después de la fecundación siguen absorbiendo nitrógeno para formar parte de la masa de las hojas y éstas a su vez realizan la fotosíntesis para transformar parte de su energía en masa y llenado de frutos.

Chura (2005), en su investigación titulada "Rendimiento de 7 híbridos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el C.E.A. III "Los Pichones" utilizando una fertilización de N-P₂O₅-K₂O: 130-120-20 reportó un diámetro ecuatorial de 7,58 cm con la variedad Campeón, y Amachi, E. (2008), "Rendimiento de cuatro cultivares de (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con tres densidades de siembra bajo riego por goteo en el fundo los Pichones-Tacna" trabajando con una fertilización de N-P₂O₅-K₂O: 300-130-0 con la variedad Nirvana, obtuvo un diámetro ecuatorial de 5,54 cm.

Asimismo Palomino (2010), en su trabajo "comparativo de rendimiento de cuatro híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el C.E.A. III los Pichones-Tacna" con una fertilización de N-P₂O₅-K₂O: 300-100-25 en la variedad Lía reportó 5,70 cm siendo inferior al promedio obtenido en el presente trabajo de investigación que fue de 6,41cm con una dosis de N : 330 y P₂O₅ : 100.

Cuadro V. Análisis de varianza de diámetro polar del fruto (cm).

Fuentes de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F.C.	F	
					0,05	0,01
Tratamientos	8	0,1892	0,0236	0,721	2,510	3,705 ns
A. Nitrógeno	2	0,0750	0,0375	1,146	3,550	6,010 ns
B. Fosforo	2	0,0101	0,0050	0,147	3,550	6,010 ns
Interacción AxB	4	0,1040	0,0260	0,155	2,930	4,580 ns
Error experimental	18	0,5888	0,0327			
Total	26	0,778				

C.V. 2,829 %

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro V, del análisis de varianza muestra los resultados del diámetro polar del fruto en donde se evidencia que no existen diferencias estadísticas al nivel de tratamientos, para el factor nitrógeno y fósforo no se encontraron diferencias estadísticas, lo que evidencia que los niveles empleados para ambos factores tuvieron el mismo efecto. La interacción fue no significativa, es decir que ambos factores actuaron independientemente uno del otro, el ensayo es confiable, puesto que el coeficiente de variabilidad fue de 2,829 %.

Nuez, F. (2001), menciona que la calidad del fruto está principalmente relacionada con su color, forma, tamaño, ausencia de defectos firmeza y sabor, unidos a su capacidad de almacenamiento y resistencia al transporte.

Los promedios de diámetro polar de fruto obtenidos son inferiores a los reportados por Amachi E. (2008); en el ensayo denominado "Rendimiento de cuatro cultivares de (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con tres densidades de siembra bajo riego por goteo en el fundo los Pichones-Tacna" con una fertilización de N-P₂O₅-K₂O: 300-130-0 donde obtiene como promedio 7,47 cm con la variedad Nirvana. Sin embargo por Palomino, O. (2010) con una

fertilización de N-P₂O₅-K₂O: 300-100-25 obtuvo promedios de diámetro polar, en la variedad Lía, de 6,64 cm en su experimento denominado “comparativo de rendimiento de cuatro híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el C.E.A. III los Pichones-Tacna” superior al presente trabajo de investigación, que fue de 6,40 cm.

Cuadro VI. Análisis de varianza de peso unitario de fruto (g).

Fuentes de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F.C.	F	
					0,05	0,01
Tratamientos	8	390,583	48,823	4,025	2,510	3,705 ns
A. Nitrógeno	2	192,250	96,125	7,926	3,550	6,010 **
Lineal	1	32,455	32,455	2,676	4,414	8,285 ns
Cuadrática	1	159,179	159,179	13,129	4,414	8,285 **
B. Fosforo	2	80,4722	40,236	3,317	3,550	6,010 ns
Interacción AxB	4	117,861	29,465	2,429	2,930	4,580 ns
Error experimental	18	218,292	12,127			
Total	26	308,875				

C.V. 2,026 %

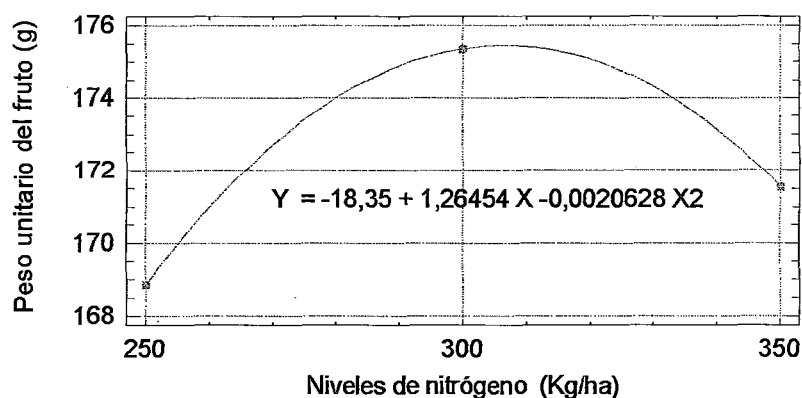
Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza muestra los resultados de peso del fruto, los resultados evidencian que no existen diferencias estadísticas al nivel de tratamientos. Para el factor nitrógeno se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, lo que evidencia que al menos una de los niveles causó mayor efecto, siendo la componente cuadrática altamente significativa, por lo que se deduce que a medida que se incrementa los niveles de nitrógeno el peso se reduce, sin embargo para el factor fósforo no se halló significación estadística, demostrando que no influyeron directamente, la interacción fue no significativa, es decir que ambos factores actuaron independientemente uno del otro, el ensayo es confiable, puesto que el coeficiente de variabilidad fue de 2,026 %.

Para establecer la dosis óptima de nitrógeno para peso de fruto (g) se ajustaron a una función cuadrática cuya ecuación resultante es la siguiente:

$$Y = -18,35 + 1,26454 X - 0,0020628 X^2$$

Estableciéndose que el nivel óptimo de nitrógeno es de 306,51 kg/ha con lo que se logra alcanzar 175,45 g por fruto.



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 2. Regresión polinomial de peso unitario del fruto (g) para el factor nitrógeno.

El gráfico 2, muestra la ecuación de regresión polinomial, donde se observa la curva de respuesta de los niveles de nitrógeno, deduciéndose que a mayor dosis de nitrógeno el peso del fruto se reduce del fruto.

Cancino (1990), encontró que el tamaño de fruto (estrechamente relacionado con el peso del fruto) depende de tres a cinco pares de genes, aspecto que concuerda con lo señalado por Ashcroft *et al.* (1993), en que el tamaño del fruto está controlado por factores genéticos, además de factores fisiológicos; tales como maduración, despunte y defoliación. Asimismo, Ponce (1995), mencionó que la competencia se establece entre los frutos de

un mismo racimo, y tiende a disminuir el tamaño del fruto por inflorescencia, siendo pequeños los del extremo y más en los últimos racimos de la planta.

Ho (1996), dice que el tamaño potencial del fruto está definido por el número de células del ovario fijado en pre-antesis, mientras que su tamaño real es consecuencia de la elongación celular durante el período de crecimiento rápido.

Los pesos encontrados en el presente trabajo difieren de los reportados por Amachi, E. (2008), que obtuvo un promedio de peso de fruto con el híbrido Tabata de 117,311g que fue inferior al promedio del presente trabajo que fue de 175,45 g , sin embargo, en el mismo experimento con la variedad Nirvana alcanzó un promedio de peso de 98,922 g inferior al obtenido en la presente investigación, asimismo Palomino, O. (2010) obtuvo con la variedad Lía un promedio de 198,25 g y Chura, O. (2007) obtuvo un promedio de peso del Híbrido Campeón de 245,35 g.

Cuadro VII. Análisis de varianza del número de frutos por racimo.

Fuentes de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F.C.	F	
					0,05	0,01
Tratamientos	8	1,603	0,2003	4,668	2,510	3,705 **
A. Nitrógeno	2	0,5096	0,2548	5,931	3,550	6,010 *
Lineal	1	0,319	0,319	7,435	4,414	8,285 *
Cuadrática	1	0,190	0,190	4,428	4,414	8,285 *
B. Fosforo	2	0,1985	0,099	2,311	3,550	6,010 ns
Interacción AxB	4	0,8947	0,2236	2,206	2,930	4,580 ns
Error experimental	18	0,7733	0,0429			
Total	26	2,3763				

C.V. 4,535 %

Fuente: Elaboración Propia.

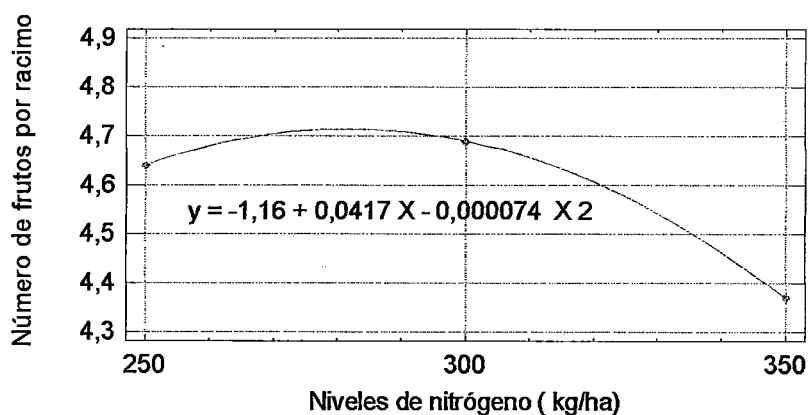
El análisis de varianza muestra los resultados número de frutos por racimo, los resultados evidencian que existen diferencias estadísticas altamente significativas al nivel de tratamientos. Para el factor nitrógeno se encontraron diferencias estadísticas significativas, lo que evidencia que al menos uno de los niveles causó mayor efecto, presentando la componente lineal y cuadrática diferencias significativas, sin embargo para el factor fósforo no se halló significación estadística, demostrando que no influyeron directamente, la interacción fue no significativa, es decir que ambos factores

actuaron independientemente uno del otro, el ensayo es confiable, puesto que el coeficiente de variabilidad fue de 4,535 %.

Para establecer la dosis óptima de nitrógeno para el número de frutos por racimo, se ajustaron a una función cuadrática cuya ecuación resultante es la siguiente:

$$Y = -1,16 + 0,0417 X - 0,000074 X^2$$

Determinándose que el nivel óptimo de nitrógeno fue de 281,756 kg/ha con lo que se logra alcanzar 4,71 frutos.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3. Regresión polinomial de número de frutos para el factor nitrógeno.

El gráfico 3, muestra la ecuación de regresión polinomial, donde se observa la curva de respuesta de los niveles de nitrógeno, deduciéndose que a mayor dosis de nitrógeno el número de frutos se reduce.

Escalante (1999), dice que a mayor tamaño de fruto se tiene menor número de frutos. Esto se corrobora por las características de cada cultivar ya que los fotosintatos que asimila la planta en algunos casos aumenta el número de frutos y en otros aumenta el tamaño. Antonio y Solís (1999), demostraron que al aumentar el peso del fruto se redujo el número de ellos por planta, existiendo una correlación negativa.

Ponce (1995), mencionó que la competencia se establece entre los frutos de un mismo racimo, y tiende a disminuir el tamaño del fruto por inflorescencia, siendo pequeños los del extremo y más en los últimos racimos de la planta.

Csiznszky (1994), obtuvo aumentos en el tamaño de los frutos y número de frutos comerciales con niveles adecuados de nitrógeno. Por su parte, Vicente y René (1998) encontraron que altas concentraciones del

elemento provocaron reducción en el número de frutos por planta y como consecuencia en la producción del cultivo.

Cuadro VIII. Análisis de varianza de altura de planta (cm).

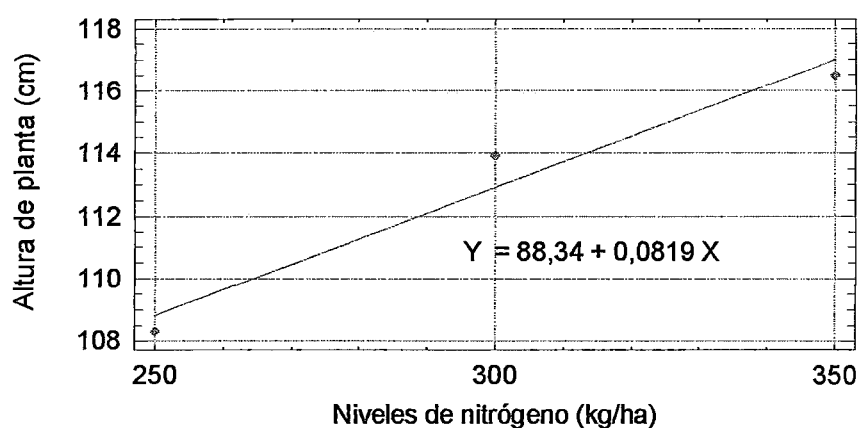
Fuentes de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F.C.	F	
					0,05	0,01
Tratamientos	8	426,750	53,343	2,947	2,510	3,705 *
A. Nitrógeno	2	315,493	157,747	8,715	3,550	6,010 **
Lineal	1	301,761	301,761	16,761	4,414	8,285 **
Cuadrática	1	13,732	13,732	0,7586	4,414	8,285 ns
B. Fosforo	2	100,438	50,219	2,744	3,550	6,010 ns
Interacción AxB	4	10,819	2,7048	0,1494	2,930	4,580 ns
Error experimental	18	325,813	18,1001			
Total	26	752,563				

C.V. 3,768 %

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de varianza de altura de planta, los resultados evidencian que existen diferencias estadísticas significativas al nivel de tratamientos. Para el factor nitrógeno se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, lo que evidencia que al menos una de los niveles causó mayor

efecto en la altura, sin embargo para el factor fósforo no se halló significación estadística, demostrando que no influyeron directamente, la interacción fue no significativa, es decir que ambos factores actuaron independientemente uno del otro, el ensayo es confiable, puesto que el coeficiente de variabilidad fue de 3,768 %.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4. Regresión lineal de altura de planta para el factor nitrógeno.

El gráfico 4, muestra la ecuación de regresión simple $Y = 88,34 + 0,0819 X$ señalando que por cada unidad de nitrógeno incorporado al cultivo de tomate, la altura de planta se eleva en 0,0819 cm respectivamente.

Silva (1989) y Siviero (1996), indican que la deficiencia de nitrógeno, en el cultivo de tomate, produce retardo en el crecimiento vegetativo, las hojas adquieren tonalidades que van desde el verde pálido hasta el amarillo, los folíolos se toman pequeños, con sus nervaduras arrosadas y con tonalidades púrpuras.

Ardelini (1999), señala que el desarrollo en altura de la joven planta de tomate, se produce primero por obra de su tallo que, después de haber producido hojas en diversos nudos, se acaba en una inflorescencia apical o en un ramo estéril.

Mondoñedo (1990), sostiene que los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo del tomate, dependen de las condiciones del clima, del suelo y de las características genéticas de la variedad.

La tendencia es que a mayores dosis de nitrógeno, mayor altura de planta; lo cual podría ocasionar un consumo de lujo en la planta, con consecuencias negativas en la producción de tomate. Caracterizándose la altura por un crecimiento acelerado a partir de su estado fenológico de crecimiento vegetativo. La importancia del grafico 4 es que proporciona

información, que nos muestra que existe una tendencia a aumentar el crecimiento en la altura de la planta, al agregar cada unidad de nitrógeno. Hay que considerar la demanda de este nutrimento durante el ciclo de vida del cultivo.

Cuadro IX. Análisis de varianza de peso de frutos por planta (kg).

Fuentes de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F.C.	F	
					0,05	0,01
Tratamientos	8	5,04	0,630	4,256	2,510	3,705 **
A. Nitrógeno	2	2,368	1,184	7,976	3,550	6,010 **
Lineal	1	0,168	0,168	1,135	4,414	8,285 ns
Cuadrática	1	2,200	2,200	14,864	4,414	8,285 **
B. Fosforo	2	1,200	0,599	4,039	3,550	6,010 *
Lineal	1	1,051	1,051	7,101	4,414	8,285 *
Cuadrática	1	0,147	0,147	0,993	4,414	8,285 ns
Interacción AxB	4	1,475	0,368	2,4039	2,930	4,580 ns
Error experimental	18	2,671	0,148			
Total	26	7,714				

C.V. 6,518 %

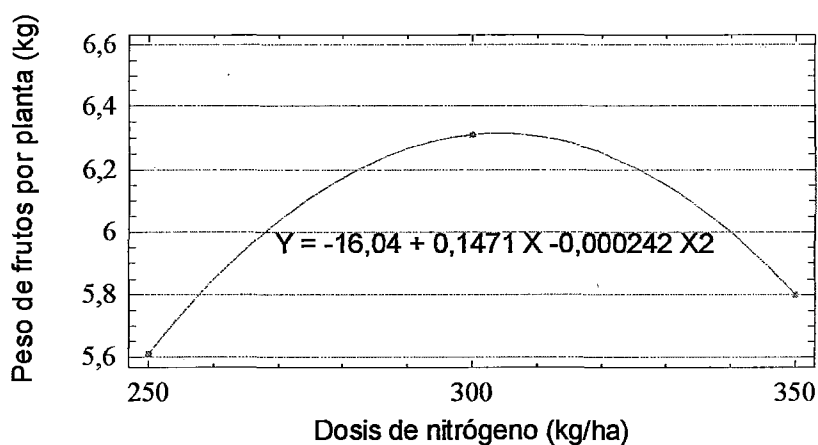
Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza muestra los resultados de peso de frutos por planta, los resultados evidencian que existen diferencias estadísticas altamente significativas al nivel de tratamientos. Para el factor nitrógeno se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, lo que evidencia que al menos uno de los niveles causó mayor efecto, siendo la componente cuadrática altamente significativa, por lo que se deduce que a medida que se incrementa los niveles de nitrógeno el peso de frutos se reduce, para el factor fósforo se halló diferencias estadísticas significativas, demostrando que influyeron directamente, siendo la componente lineal significativa, la interacción fue no significativa, es decir que ambos factores actuaron independientemente uno del otro, el ensayo es confiable, puesto que el coeficiente de variabilidad fue de 6,518 %.

Para establecer la dosis óptima de nitrógeno para peso de frutos por planta (kg) se ajustaron a una función cuadrática cuya ecuación resultante es la siguiente:

$$Y = -16,04 + 0,1471X - 0,000242 X^2$$

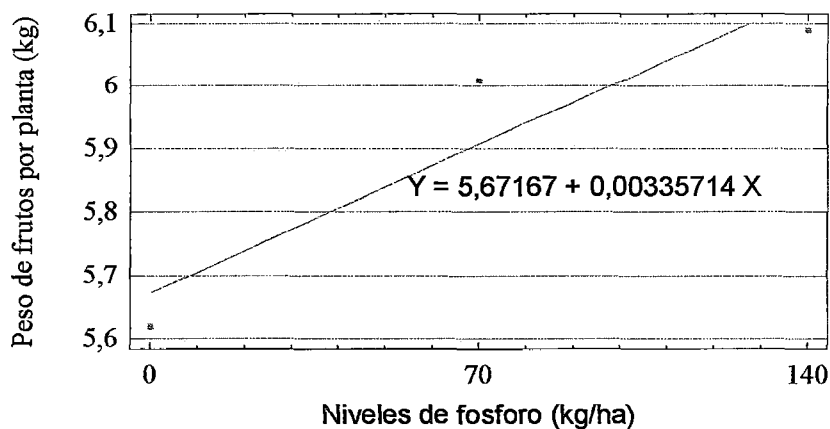
Estableciéndose que el nivel óptimo de nitrógeno de 303,925 kg/ha con lo que se logra alcanzar 6,31 Kg de frutos por planta.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5. Regresión polinomial de peso de frutos por planta para el factor nitrógeno

El gráfico 5, muestra la ecuación de regresión polinomial, donde se observa la curva de respuesta de los niveles de nitrógeno, deduciéndose que a mayor dosis de nitrógeno el peso de frutos por planta se reduce.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6. Regresión lineal de peso de frutos por planta para el factor fósforo.

El gráfico 6, muestra la ecuación de regresión simple $Y = 5,67167 X + 0,00335714 X$ señalando que por cada unidad de fósforo incorporado al cultivo de tomate, el peso de frutos por planta se eleva en 0,00335714 kg respectivamente.

Mondoñedo (1990), indica que para obtener una buena producción y frutos de alta calidad, se requiere de un terreno que permita la fácil penetración de las raíces a 70 cm de profundidad mínimo.

Cuadro X. Análisis de varianza del rendimiento (t/ha).

Fuentes de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F.C.	F	
					0,05	0,01
Tratamientos	8	745,2136	93,152	24,504	2,510	3,705 **
A. Nitrógeno	2	306,661	153,331	40,334	3,550	6,010 **
Lineal	1	260,376	260,376	68,492	4,414	8,285 **
Cuadrática	1	46,285	46,285	12,175	4,414	8,285 **
B. Fosforo	2	417,550	208,775	54,919	3,550	6,010 **
Lineal	1	407,076	407,076	107,082	4,414	8,285 **
Cuadrática	1	10,474	10,474	2,755	4,414	8,285 ns
Interacción AxB	4	21,001	5,2504	1,3811	2,930	4,580 ns
Error experimental	18	68,427	3,8015			
Total	26	813,640				

C.V. 2,752 %

Fuente: Elaboración propia.

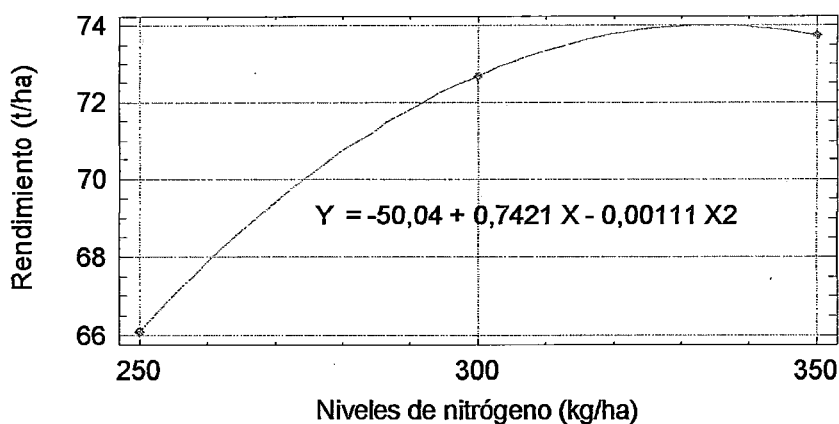
El análisis de varianza de rendimiento evidencia que existen diferencias estadísticas altamente significativas a nivel de tratamientos. Para el factor nitrógeno se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, lo que evidencia que al menos una de los niveles causó mayor efecto en el rendimiento, siendo la componente lineal y cuadrática altamente significativa, por lo que se deduce que a medida que se incrementan los niveles de

nitrógeno el rendimiento se eleva, Por otra parte para el factor fósforo se halló alta significación estadística, demostrando que influyeron directamente, siendo la componente lineal altamente significativa, la interacción fue no significativa, es decir que ambos factores actuaron independientemente uno del otro, el ensayo es confiable, puesto que el coeficiente de variabilidad fue de 2,752 %.

Para establecer la dosis óptima de nitrógeno para el rendimiento se ajustaron a una función cuadrática cuya ecuación resultante es la siguiente:

$$Y = - 50,04 + 0,7421 X - 0,00111 X^2$$

Determinándose que el nivel óptimo de nitrógeno fue de 334,279 kg/ha con lo que se logra alcanzar 73,99 t/ha.

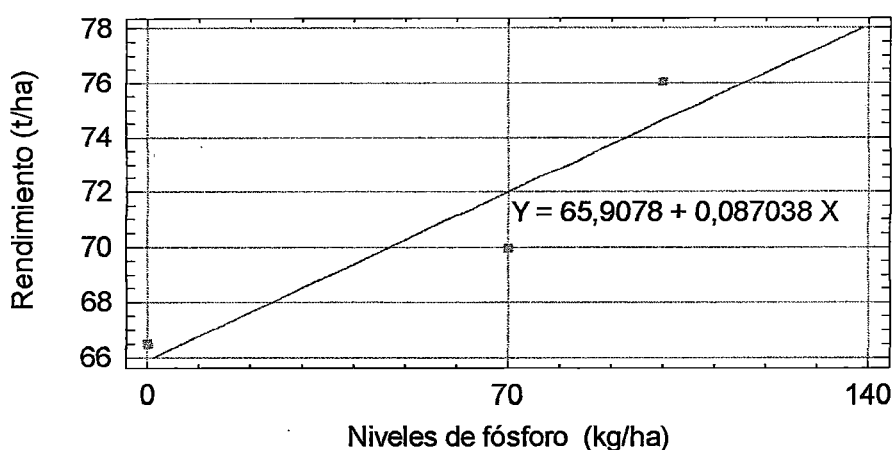


Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7. Regresión polinomial de rendimiento (t/ha) para el factor nitrógeno.

El gráfico 7, muestra la ecuación de regresión polinomial, donde se observa la curva de respuesta de los niveles de nitrógeno, deduciéndose que a mayor dosis de nitrógeno el rendimiento se reduce.

La cantidad de un elemento que absorben las plantas en un momento dado es el resultado de la acción y de la interacción de varios factores, tales como: suelo, clima, edad de la planta, prácticas culturales, sistema de siembra, cultivares, plagas y enfermedades entre otros.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8. Regresión lineal de rendimiento (t/ha) para el factor fósforo.

El gráfico 8, muestra la ecuación de regresión simple $Y = 65,9078 X + 0,087038 X$ señalando que por cada unidad de fósforo incorporado al cultivo de tomate, el rendimiento se eleva en 0,087038 t/ha respectivamente.

La ley del mínimo dice que, la insuficiencia de un elemento reduce la eficiencia de otros y por consiguiente disminuye el rendimiento. La ley de los rendimientos decrecientes de Mitscherlich dice, que cuando se aportan al suelo dosis crecientes de un elemento fertilizante, a aumentos iguales

corresponden aumentos cada vez menores de rendimiento a medida que la cosecha se acerca a su máximo.

Vargas (1995), reportó que obtuvo un rendimiento promedio de 39.93 t/ha en su experimento utilizando la variedad Río grande a la aplicación de tres niveles de Ekologin Cen y tres niveles de nitrógeno inferior a los obtenidos en el experimento. En su investigación Chura, O. (2007), en un experimento realizado en el C.E.A. III "los Pichones" utilizando híbridos, con una fertilización de $N-P_2O_5-K_2O$:300-120-20 obtuvo rendimientos con Romina con 72,66 t/ha, seguido de los híbridos FA-144 con 72,25 t/ha y Campeón 70,61 t/ha, como testigo utilizó la variedad Río grande con la que alcanzó un rendimiento promedio de 49,04 t/ha, siendo superior el rendimiento obtenido en el presente trabajo de investigación con la variedad Lía.

Asimismo Palomino (2010), en su ensayo llevado a cabo con cuatro cultivares de tomate, menciona que en el fundo "los Pichones" con una fertilización de $N-P_2O_5-K_2O$: 300-100-25 se obtiene como promedio 72,88 t/ha con el híbrido Lía, inferior al obtenido en el presente trabajo de

investigación que fue de 73,99 t/ha, con una dosis de N: 330 y P₂O₅:100 en el mismo Centro Experimental.

V. CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados en el experimento se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se concluye que bajo las condiciones climáticas y edáficas del lugar del experimento, el nivel óptimo de fertilización para el factor nitrógeno fue de 334,279 kg/ha y en el factor fósforo la mejor cantidad fue de 100 kg/ha con lo que se logró alcanzar un rendimiento de 73,99 t/ha.
2. Respecto a la variable evaluada de peso unitario de fruto, el nivel de fertilización óptima para el factor nitrógeno fue de 306,51 kg/ha y la cantidad más adecuada para el factor fósforo fue de 100 kg/ha con lo que se logró alcanzar un peso de 175,45 g por fruto.
3. En la variable evaluada de número de frutos por racimo se encontraron diferencias estadísticas para el factor nitrógeno, resultando un promedio

de 4,71 frutos por racimo, con una dosis óptima de 281,756 kg/ha y la mejor cantidad para el factor fósforo fue de 100 kg/ha.

4. En lo referente al peso de frutos por planta, el nivel óptimo para el factor nitrógeno fue de 303,925 kg/ha y para el factor fósforo la mejor cantidad fue de 100kg/ha, con lo que se logró alcanzar un promedio de 6,31 kg de frutos por planta.

VI. RECOMENDACIONES

1. Las dosis de nutrientes a aplicar en cada caso dependen de las extracciones del cultivo, del contenido de nutrientes en el suelo y de su eficiencia de utilización por el cultivo, fundamentalmente del sistema radicular del cultivo, del manejo del abonado y de la eficiencia del riego.
2. Replicar esta investigación en otras zonas productoras de tomate, con el fin de obtener datos comparativos que permitan confirmar la información obtenida.
3. Se recomienda evaluar la eficiencia en el uso del riego, la calidad del agua y el potencial de salinización de los suelos, ya que el aprovechamiento puede disminuir dependiendo del manejo general de estas informaciones.
4. La fertilización debe realizarse de acuerdo a las necesidades nutricionales

del cultivo, ya sea total o por etapas. Se debe tomar en cuenta las recomendaciones de cantidad y tipo de fertilizantes, llevar un registro de aplicación, tipo de maquinaria usada, lugar de almacenamiento y tipos de fertilizantes usados (inorgánicos y orgánicos), además de contar con personal capacitado y equipos en buenas condiciones.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. AMACHI, E. 2008. Rendimiento de cuatro cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) con tres densidades de siembra bajo riego por goteo en el fundo "Los Pichones"–Tacna .Tesis Ing. Agrónomo UNJBG. Tacna-Perú.
2. ANDERLINE, R. 1989. El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa. Madrid-España.
3. ANÓNIMO. 1997. Fertilización en el tomate. Folleto técnico No. 8 SARH. México, D.F.
4. AROTO, J. 1983. Horticultura Herbácea Especial. Editorial Mundi-Prensa. Madrid-España.
5. AZCON-BIETO, J.; TALON, M. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Editorial McGraw-Hill interamericana. Barcelona-España.

6. BLACK, C. 1975. Relaciones Agua Suelo Planta. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires-Argentina.
7. BRAVO M. 1988. El cultivo de Tomate. Sociedad Nacional De Agricultura. Santiago-Chile.
8. BLANCARD, D. 1990. Enfermedades del Tomate. Editorial Mundi-Prensa. Madrid-España.
9. CATIE. Proyecto Regional Manejo Integrado de Plagas. 1990. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. Serie técnica Informe técnico N°151. Turrialba-Costa Rica.
10. CHURA, O. 2007. Rendimiento de siete híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en el CEA III "Los Pichones". Tesis Ing. Agrónomo UNJBG. Tacna-Perú.
11. DE LA LOMA, J.L. 1996. Experimentación Agrícola. Editorial Hispano Americana. México D.F.
12. DEVLIN, M. R. 1980. Fisiología Vegetal. 3ra edición. Editorial Omega S.A.

13. GROS, A. 1992. Abonos, Guía práctica de fertilización agrícola, 8ta. Edición. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid-España.
14. GIACONI, V. 1989. Cultivo de Hortalizas. Editorial Universitaria, 5ta.edición. Santiago-Chile.
15. HESSAYON, D.G. 1999. Manual de Horticultura. Editorial Blume. Barcelona-España.
16. KUEHL, R.O. 2001. Diseño de experimentos, Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones, 2da edición. Editorial Thomson Learning. México D.F.
17. LIRA, R. H. 1994. Fisiología Vegetal. Editorial Trillas. México D.F.
18. LOOMIS, R. S.; CONNORS, D. J. 2002. Ecología de Cultivos, Productividad y Manejo en Sistemas Agrarios. Mundi-Prensa. Madrid-España.
19. MAROTO, J. 1995. Horticultura Herbácea Especial, 4ta edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid-España.

20. NAVARRO, G. 2003. Química Agrícola, El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal, 2da. edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-España.
21. NUEZ, F. 1995. El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa. Madrid-España.
22. PADRON, E. 1996. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. Editorial Trillas. México D.F.
23. PLASTER, E.J. 2000. La ciencia del suelo y su manejo. Editorial Paraninfo. Madrid-España.
24. RODRÍGUEZ, R.; TABARES, J.M.; MEDINA, J. A. 1997. Cultivo moderno del Tomate. 2da. Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-España.
25. RODRÍGUEZ, J. 1993. La Fertilización de los Cultivos: un método racional. Colección en agricultura, Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica. Santiago-Chile.
26. ROJAS, G.M. Y M. ROVALO, 1987. Fisiología Vegetal Aplicada. 3a. edición. Editorial Mcgraw-Hill. México, D.F.

27. SOBRINO, E. 1992. Tratado de Horticultura Herbácea, hortalizas de legumbre – tallo – bulbo y tuberosas. Editorial Aedos. Barcelona-España.
28. THOMPSON, L.M.; TROEH, F.R. 2002. Los suelos y su fertilidad. Editorial Reverté. Barcelona-España.
29. THORNE, O.W. 1980. Técnica del riego, fertilidad y explotación de los suelos. Editorial Continental s.a. México.
30. TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial Limusa. México D.F.
31. VARGAS, O. (1998). Respuesta del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) cultivar Río grande, a la aplicación de tres niveles de Ekologin Cen y tres niveles de fertilización de nitrógeno en Magollo-Tacna. Tesis Ing. Agrónomo UNJBG. Tacna-Perú.
32. VASQUEZ, V. 1990. Experimentación Agrícola, diseños estadísticos para la investigación científica y tecnológica. Editorial Amaru Editores. Lima-Perú.

33. VIVES M., E. 1984. El cultivo del tomate. Editorial Sintet s.a. Barcelona-España.
34. VON HAEFF, J. 1990. Tomates, 2da.edición. Editorial Trillas. México D.F.
35. ZVALETA, A. 1992. Edafología. El suelo en relación con la producción. CONCYTEC. Lima – Perú.

ANEXOS

Anexo 1. Aleatorización de tratamientos en el Campo Experimental.

Fila 1	T7
Fila 2	T9
Fila 3	T8
Fila 4	T8
Fila 5	T5
Fila6	T8
Fila 7	T7
Fila 8	T2
Fila 9	T2
Fila 10	T3
Fila11	T3
Fila12	T4
Fila13	T7
Fila14	T4
Fila15	T6
Fila16	T6
Fila17	T3
Fila18	T5
Fila19	T5
Fila 20	T9
Fila 21	T6
Fila 22	T2
Fila 23	T4
Fila 24	T9
Fila 25	T1
Fila 26	T1
Fila 27	T1

Anexo 2. Costos de producción (ha).

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Total
Costos Directos				
Preparación de suelo				450,00
Aradura	Horas	4	45,00	180,00
Rastraje	Horas	2	45,00	90,00
Nivelación	Horas	2	45,00	90,00
Surcado	Horas	2	45,00	90,00
Mano de obra				1325,00
Incorporación de materia orgánica	Jornal	5	25,00	125,00
Tendido de cintas	Jornal	4	25,00	100,00
Plantación y replantación	Jornal	12	25,00	300,00
Fertilización y Control de plagas	Jornal	10	25,00	250,00
Podas	Jornal	5	25,00	125,00
Riegos	Jornal	6	25,00	150,00
Cosecha	Jornal	5	25,00	125,00
Clasificación	Jornal	6	25,00	150,00
Insumos agrícolas				3881,50
Semilla de tomate var. Lía (sobre)	1	2,5	800,00	2000,00
Estiércol	kg	10000	0,05	500,00
Fosfato diamónico	kg	300	1,45	435,00
Sulfato de potasio	kg	150	3,36	504,00
Urea	kg	450	1,09	490,50
Abono foliar	kg	3	11,00	33,00
Pesticidas				1933,00
Abamex	1	2,40	80,00	192,00

Lorsban	1	3,30	40,00	132,00
Tifón	1	3,20	45,00	144,00
Lancer	1	2,40	200,00	480,00
Sunfire	1	1,70	300,00	510,00
Ryzolex	Kg	0,50	70,00	35,00
Ridomil MZ	Kg	4,30	85,00	365,50
Superwett	1	2,50	30,00	75,00
Sub total				7589,5
Imprevistos (5% del sub total)				379,48
Costos Directos				7968,98
Costos Indirectos (7% de los C.D.)				557,83
Costo total				8526,81

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Datos originales del diámetro ecuatorial del fruto (cm).

Código	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
T1	5,86	6,09	5,96	5,97
T2	5,94	5,77	5,97	5,89
T3	6,05	6,10	6,10	6,08
T4	6,36	6,19	6,67	6,41
T5	6,11	6,05	6,16	6,11
T6	6,11	6,06	6,25	6,14
T7	6,41	5,65	6,18	6,08
T8	6,04	6,18	6,44	6,22
T9	6,24	6,13	6,18	6,18

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Datos originales del diámetro polar del fruto (cm).

Código	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
T1	6,07	6,32	6,53	6,31
T2	6,43	6,41	6,24	6,36
T3	6,44	6,45	6,35	6,41
T4	6,45	6,45	6,82	6,57
T5	6,48	6,15	6,67	6,43
T6	6,39	6,43	6,36	6,39
T7	6,50	6,06	6,30	6,29
T8	6,40	6,05	6,50	6,32
T9	6,50	6,49	6,35	6,44

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5. Datos originales del peso unitario de fruto (g).

Código	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
T1	169,75	168,74	165,38	167,96
T2	170,22	166,78	167,42	168,14
T3	168,30	170,06	173,11	170,49
T4	174,20	177,78	185,24	179,07
T5	165,70	175,12	174,33	171,71
T6	175,92	173,82	176,17	175,30
T7	172,25	169,52	164,27	168,68
T8	172,14	165,28	171,41	169,61
T9	176,21	178,23	174,62	176,35

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6. Datos originales del número de frutos por racimo.

Código	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
T1	4,40	4,60	4,60	4,53
T2	4,60	4,40	4,20	4,40
T3	5,40	5,00	4,60	5,00
T4	5,00	4,60	4,60	4,73
T5	5,00	5,00	4,60	4,87
T6	4,60	4,40	4,40	4,47
T7	4,00	4,20	4,40	4,20
T8	4,40	4,20	4,40	4,33
T9	4,60	4,60	4,60	4,60

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7. Datos originales de la altura de planta (cm).

Código	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
T1	104,40	102,00	108,20	104,87
T2	108,40	107,20	112,40	109,33
T3	108,40	109,40	114,40	110,73
T4	112,00	112,00	113,60	112,53
T5	111,60	116,67	112,40	113,56
T6	113,80	119,20	114,00	115,67
T7	110,60	113,60	116,67	113,62
T8	117,40	122,20	112,33	117,31
T9	123,20	124,50	108,00	118,57

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8. Datos originales del peso fresco de frutos por planta (Kg).

Código	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
T1	5,17	4,99	5,59	5,25
T2	4,84	6,15	5,60	5,53
T3	6,46	5,92	5,79	6,05
T4	5,28	5,99	6,37	5,88
T5	6,01	6,66	6,39	6,35
T6	6,55	6,86	6,72	6,71
T7	5,50	5,69	5,97	5,72
T8	6,10	5,77	6,62	6,16
T9	5,60	5,55	5,45	5,53

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9. Datos originales del rendimiento total del tomate (t/ha).

Código	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
T1	60,95	60,53	64,61	62,03
T2	66,44	63,79	66,89	65,71
T3	73,85	69,50	68,44	70,60
T4	69,91	67,91	68,91	68,91
T5	72,25	73,67	71,02	72,31
T6	74,28	79,43	76,85	76,85
T7	70,80	68,56	66,55	68,64
T8	71,95	73,50	70,12	71,86
T9	81,84	80,65	79,49	80,66

Fuente: Elaboración propia.