

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO DE LA FERTIRRIGACIÓN NITROGENADA – FOSFORADA Y DE LA
APLICACIÓN DE MICRONUTRIENTES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE
ARVEJA (*Pisum sativum* L.) CV. 'TARMA' BAJO R.L.A.F: EXUDACIÓN

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

GIOVANNA PATRICIA RIVERA OBALLE

LIMA – PERU

2004

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**EFFECTO DE LA FERTIRRIGACIÓN NITROGENADA – FOSFORADA Y DE LA
APLICACIÓN DE MICRONUTRIENTES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE
ARVEJA (*Pisum sativum* L.) CV. 'TARMA' BAJO R.L.A.F: EXUDACIÓN**

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

GIOVANNA PATRICIA RIVERA OBALLE

Sustentado y Aprobado por el Jurado:

~~Dr. Sven~~ Villagarcía Hermoza

PRESIDENTE

Ingeniero Lorenzo Hurtado Leo

PATROCINADOR

Ingeniero Sady García Bendezú

MIEMBRO

Dr. Félix Camarena Mayta

MIEMBRO

LIMA – PERU

2004

Quiero agradecer a la Universidad Nacional Agraria La Molina, mi alma mater, a mi familia por soportarme, a mi Patrocinador y amigo el Ingeniero Lorenzo Hurtado Leo por todo el apoyo brindado y a mis amigos de la Unidad de Riego a los que quiero mucho.

1 INTRODUCCIÓN

1

2 FUNDACIÓN HISTORIOGRÁFICA

2

2.1 Características del curso

4

2.1.1 Chile

4

2.1.2 España

4

2.2 Características del curso

5

2.2.1 Temperatura

6

2.2.2 Suelo

6

2.2.3 Necesidades de agua

6

2.3 Nivel

7

2.3.1 Nivel en el suelo

7

2.3.2 Nivel en el agua

7

2.3.3 Nivel en el aire

7

Dedico este trabajo de investigación a mis padres a los que adoro y agradezco por ser los mejores,

a mis hermanos Harrito y Gus los ideales de toda hermana,

y a mis amigos de la Gentita del Grupo (M, C, K, A, V, D, F, Z, M, A, T, K y S).

INDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	4
2.1 Características del cultivo	4
2.1.1 Origen	4
2.1.2 Botánica	4
2.2 Condiciones del cultivo	5
2.2.1 Temperatura	5
2.2.2 Suelo	5
2.2.3 Necesidades de agua	6
2.3 Nitrógeno	7
2.3.1 Nitrógeno en el suelo	7
2.3.2 Nitrógeno en la planta	8
2.3.3 Efecto del nitrógeno en la arveja	8
2.4 Fósforo	10
2.4.1 Fósforo en el suelo	10
2.4.2 Fósforo en la planta	11
2.4.3 Efecto del fósforo en la arveja	11
2.4.4 Absorción del fósforo por la planta	12
2.4.5 Interacción del nitrógeno y el fósforo	13

2.5	Micronutrientes	13
2.5.1	Importancia de los micronutrientes en cultivos intensivos	13
2.5.2	Formas de los micronutrientes en el suelo	14
2.5.3	Micronutrientes en arveja	15
2.6	Quelatos	18
2.7	Fertirrigación	19
2.8	Sistema localizado de alta frecuencia: Exudación	20
2.9	Fertilizaciones foliares	21
2.10	Efecto de las sales en leguminosas	22
III.	MATERIALES Y METODOS	23
3.1	Materiales	23
3.1.1	Ubicación del campo experimental	23
3.1.2	Características del suelo	23
3.1.3	Características del agua de riego	25
3.1.4	Climatología de la zona experimental	25
3.1.5	Cultivo	28
3.1.6	Equipo de riego por exudación	28
3.1.7	Registro de humedad	29
3.1.8	Fertilizantes	29
3.1.9	Otros	29
3.2	Métodos	30
3.2.1	Factores en estudio	31

A. Niveles de fertilización	
nitrogenada-fosforada	31
B. Fertilización suplementaria	
con micronutrientes	32
3.2.2	Conducción del experimento 33
3.2.3	Características del campo experimental 35
3.2.4	Diseño experimental 36
3.2.5	Cronología del ensayo experimental 36
3.2.6	Evaluaciones experimentales 38
A. Fenología	38
B. Variables biométricas	38
C. Rendimiento	39
D. Componentes de rendimiento	39
E. Parámetros agronómicos	39
3.2.7	Análisis económico 39
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES 40
4.1	Parámetros del cultivo e interacciones 40
	agronómicas
4.2	Características hídricas del cultivo y 40
	requerimiento de riego del cultivo de arveja
	cv Tarma 40
4.2.1	Del sistema de riego 43
4.2.2	De las necesidades hídricas del cultivo 43

INDICE DE CUADROS

4.3	Variables morfológicas	44
4.3.1	Efecto de la fertilización nitrogenada-fosforada	49
4.3.2	Efecto de la aplicación de micronutrientes	50
4.3.3	Efecto de la interacción	50
4.4	Variables morfológicas secundarias	54
4.5	Rendimiento del cultivo de arveja	59
4.4.1	Efecto de la fertilización nitrogenada-fosforada	59
4.4.2	Efecto de la aplicación de micronutrientes	62
4.6	Componentes del rendimiento	63
4.6.1	Efecto de la fertilización nitrogenada-fosforada	63
4.6.2	Efecto de la aplicación de micronutrientes	67
4.7	Análisis económico del cultivo de arveja cv Tarma	68
V.	CONCLUSIONES	70
VI.	BIBLIOGRAFIA	73
VII.	ANEXOS	81

INDICE DE CUADROS

Cuadros		Pág.
Nro. 01	Análisis Físico-Químico del suelo	24
Nro. 02	Análisis del agua de riego	26
Nro. 03	Datos metereológicos de La Molina del periodo experimental Agosto - Noviembre del 2000	27
Nro. 04	Cronología de la conducción del experimento	37
Nro. 05	Resultados generales totales del cultivo de arveja cv Tarma	41
Nro. 06	Características hídricas del sistema y requerimiento de riego del cultivo	42
Nro. 07	Variables morfológicas primarias del cultivo de arveja cv Tarma	45
N ro, 08	Variables morfológicas secundarias del cultivo de arveja cv Tarma	55
Nro. 09	Rendimiento del cultivo de arveja cv Tarma	60
Nro. 10	Componentes del rendimiento del cultivo de arveja cv Tarma	64
Nro. 11	Análisis económico del rendimiento del cultivo de arveja var. Tarma	69

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico		Pág.
Nro. 01	Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en la altura de planta del cultivo de arveja cv 'Tarma'	46
N ro. 02	Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en el área foliar del cultivo de arveja cv 'Tarma'	47
Nro. 03	Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en el peso de materia seca total del cultivo de arveja cv 'Tarma'	48
Nro. 04	Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en el peso de materia seca hojas del cultivo de arveja cv 'Tarma'	51
Nro. 05	Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en el peso de materia seca tallos de arveja cv 'Tarma'	52
Nro. 06	Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en el peso de materia seca vainas del cultivo de arveja cv 'Tarma'	53
Nro. 07	Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en el número de granos por vaina del cultivo de arveja cv 'Tarma'	56
Nro. 08	Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en el ancho de vaina del cultivo de arveja cv 'Tarma'	57
Nro. 09	Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en la longitud de vaina del cultivo de arveja cv 'Tarma'	58

Nro. 10	Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en el rendimiento del cultivo de arveja cv 'Tarma'	61
Nro. 11	Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en el número de vainas por planta del cultivo de arveja cv 'Tarma'	65
Nro. 12	Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en el peso promedio de vaina del cultivo de arveja cv 'Tarma'	66

RELACION DE ANEXOS

Anexo 01:	Altura de planta (cm)
Anexo 02:	Area foliar (cm ² /planta)
Anexo 03:	Materia seca total (g/planta)
Anexo 04:	Materia seca de hojas (g/planta)
Anexo 05:	Materia seca de tallos (g/planta)
Anexo 06:	Materia seca de vainas (g/planta)
Anexo 07:	Número de granos por vaina
Anexo 08:	Ancho de vainas (cm)
Anexo 09:	Longitud de vainas (cm)
Anexo 10:	Rendimiento (kg/ha)
Anexo 11:	Número de vainas por planta
Anexo 12:	Peso promedio de vainas (g)

RESUMEN

El presente trabajo de investigación buscó determinar la respuesta del rendimiento en el cultivo de arveja cv. Tarma ante la interacción de la fertilización Nitrogenada – fosforada y la aplicación vía red de riego de microelementos, bajo la modalidad foliar y al suelo en condiciones de suelo y agua salina.

La fase de campo se llevó a cabo en la Unidad de Investigación de Riegos perteneciente al Departamento Académico de Suelos de la Facultad de Agronomía en la Universidad Nacional Agraria La Molina.

El agua de riego empleada según el análisis al que fue sometido muestra una salinidad severa, perteneciendo al tipo C4 según Richards, FAO. Las sales predominantes son Cl_2Ca_4 y $ClNa$ principalmente, sales extremadamente solubles y por tanto, muy perjudiciales para las especies cultivadas, sobre todo leguminosas.

Se probaron 3 formulas crecientes de fertilización nitrogenada-fosforada: (40-40-40, 80-60-40 y 120-80-40) en base a un tratamiento testigo no fertilizado (0-0-40), usando la técnica de inyección de fertilizantes solubilizados para sistemas de riego. La aplicación de micronutrientes (hierro, zinc, manganeso y boro) se realizó bajo dos modalidades: dirigida al suelo inyectado al sistema de riego; y foliar aplicado con una pulverizadora con agua destilada para evitar quemadura del follaje, estos tratamientos fueron evaluados en base a un testigo sin micronutrientes. Asimismo, se trabajó un nivel de fertilización potásica (40 kg/ha de K_2O) que fue constante en todo el campo.

Los resultados generales del cultivo de arveja obtenidos en el presente trabajo experimental muestran un rendimiento promedio de 6653.3 kg/ha, bajo un campo con una población de 83 000 plantas/ha. El requerimiento total de riego fue de 3174.21 m³/ha determinando los siguientes parámetros agronómicos:

La Eficiencia del uso del agua (EUA) fue de 2.10 kg de arveja por m³ de agua aplicada. Asimismo el Coeficiente de transpiración (CT) en promedio alcanzó 1276.06 litros por kilogramo de materia seca producida, indicando una necesidad alta de agua del cultivo, si se compara con otras especies.

En cuanto al parámetro de Índice de área foliar, este nos da un valor de 0.12, expresando la magnitud de área fotosintetizante expuesta por el cultivo a la radiación solar, que en este caso es relativamente bajo debido al alto contenido de sales a los que estuvo expuesto el cultivo, reduciéndose en consecuencia considerablemente el área foliar; el índice de cosecha fue de 53.2%.

El Rendimiento del cultivo muestra una respuesta significativa para las modalidades de aplicación de micronutrientes (MM). Sin embargo, no detecta significación alguna para los niveles de fertilización nitrogenada fosforada (NN), ni para el caso de la interacción (NNxMM). La incidencia de sales en el cultivo de arveja tanto del agua como del suelo fue severa, esto se ve reflejado en el rendimiento promedio obtenido, que para las condiciones de costa central esta por debajo del rendimiento potencial de 10 000 a 12 000 kg/ha según datos alcanzados por la casa Asgrow.

El Análisis económico realizado en base a 9207.5 kg/ha, el mayor rendimiento obtenido (Aplicación media de N-P (80-60-40) con micronutrientes al suelo) muestra un Costo de producción de \$1586.4 que a un precio de \$0.29 por kg de arveja verde nos da una utilidad neta de \$1021.1.

INTRODUCCION

El recurso hídrico es uno de los elementos más preciados en la agricultura de la costa debido a su limitada disponibilidad en la época de estiaje, época donde los caudales de los ríos disminuyen significativamente. Por esto mismo es uno de los factores que más limita el desarrollo de la agricultura de nuestro país: esta situación nos obliga a la utilización de tecnología que nos permita aprovechar al máximo la disponibilidad de este recurso como son los Riegos Tecnificados.

En el Perú la baja tecnología y los precios inestables son los factores causantes de los bajos rendimientos en el cultivo de arveja. Con la modernización de la agricultura se hace una necesidad el uso de tecnología de riego de alta eficiencia, ya que brinda como una de sus ventajas el incremento de los rendimientos y por tanto el aumento de la rentabilidad en los cultivos, es por esto, que es importante programar cantidades y momentos precisos en un programa de fertilización, el requerimiento hídrico durante la campana para lograr el uso eficiente de las sales fertilizantes.

Entre los diversos tipos de Riegos Localizados de Alta Frecuencia, el de cintas de exudación, sistema subsuperficial presenta múltiples ventajas, entre ellas, la economía en la distribución de abonos, eficiencia en la fertilización, mejor asimilación de estos, un régimen de humedad alto y constante.

De otra parte, el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), se practica, más en la sierra del Perú entre 1600 a 3000 m.s.n.m. En el Norte se cultiva en los departamentos de Cajamarca, La Libertad y Ancash. En el centro, en las provincias de Tarma, Huancayo, Jauja, Huánuco y Ayacucho. En el Sur, Paucartambo, Paruro y en provincias de Arequipa. En la costa esta hortaliza se siembra en la zona de Cañete, Asia, Mala, Chancay y Huaral.

La arveja para consumo en verde es considerada una leguminosa hortícola ya que su utilización es muy amplia, esto la convierte es un cultivo con mucho potencial, su uso va desde el consumo en fresco, tanto por sus semillas tiernas como por sus vainas enteras hasta su uso en la industria como conserva y congelamiento. La producción de arveja es extremadamente insuficiente de modo que la demanda interna se tiene que cubrir con las importaciones.

La importancia de este cultivo que hace que sea la tercera leguminosa más sembrada del país con 231 hectáreas de superficie cosechada, radica en su elevado valor nutritivo, contenido de proteínas, vitaminas y minerales.

Por otro lado, esta leguminosa ofrece una excelente alternativa en la rotación de cultivos para evitar el empobrecimiento de los suelos ya que tiene una gran capacidad de fijación de nitrógeno por medio de bacterias nitrificantes inclusive sirve como forraje y abono verde.

OBJETIVOS

- ☛ Determinar la respuesta en el rendimiento en el cultivo de arveja del cv. Tarma, de tres niveles de fertirrigación nitrogenada y fosforada en base a un testigo no fertilizado.
- ☛ Determinar los efectos de interacción de la fertilización nitrogenada fosforada y la aplicación de microelementos vía foliar y al suelo vía la red de riego, bajo condiciones de salinidad del suelo y del agua de riego.
- ☛ Determinar los parámetros agronómicos del cultivo de arveja y el requerimiento de riego bajo condiciones de agricultura moderna.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO

2.1.1 Origen

Los guisantes probablemente se han cultivado en Europa desde la Edad de Bronce. Se han extendido a las zonas templadas, crecen como cosecha de estación fría en los subtropicos y a mayores altitudes en los trópicos. (Kay, 1979)

2.1.2 Botánica

Vilcapoma (1991), menciona que botánicamente la arveja se clasifica en:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta,
Clase: Magnoliopsida.
Subclase: Rosidae
Orden: Fabales
Familia: Fabaceae
Subfamilia: Faboidea
Tribu: Vicia
Género: *Pisum*
Especie. *Pisum sativum* L.

Es una planta anual, trepadora y herbácea que muestra una variación considerable en sus hábitos y forma. La raíz principal se desarrolla mucho y puede crecer hasta una profundidad de 100 -120 cm, tiene muchas raíces débiles laterales que forman un círculo de 50 a 75 cm de diámetro. Los tallos son angulares, redondos y huecos. Las hojas son alternas, pinnadas, con 1 a 3 pares de hojillas ovales o

elípticas que acaban en uno o más zarcillos. Las flores son grandes, semejantes a mariposas, suelen autopolinizar. La vaina suele ser dehiscente por dos suturas y contiene de 2 a 10 semillas que pueden ser globosas-angulares, lisas o arrugadas y de varios colores **(Kay, 1979)**

2.2 CONDICIONES DEL CULTIVO

2.2.1 Temperatura

La arveja necesita de un clima fresco no excesivamente frío. La temperatura mínima de germinación de la semilla es de unos 4° C y la máxima de 24° C. Para que los resultados del cultivo sean óptimos las temperaturas medias deben oscilar entre los 13 y 18° C. Las temperaturas superiores a los 27° C acortan el periodo de crecimiento y afectan adversamente a la polinización. **(Kay, 1979)**

2.2.2 Suelo

Los guisantes prefieren suelos de textura ligera o media, frescos, pero bien drenados, que no posean excesivo contenido de caliza, ni tampoco un pH excesivamente ácido, pudiendo cifrar su pH óptimo entre 6 y 6,5. **(Cubero, 1983)**

Los guisantes pueden cultivarse sobre una amplia variedad de suelos, siempre que el drenaje sea bueno, porque no soportan déficit de aireación. La cosecha crece sobre francos, francos arcillosos o francos arenosos por encima de la arcilla. El pH oscila entre 5.5 y 6.5, aunque algunos cultivos pueden tolerar valores entre 6.9 y 7.5. **(Kay, 1979).**

2.2.3 Necesidades de agua

La relación de las plantas con la humedad es de importancia primordial en la determinación de su distribución natural, debe ser considerada en función de sus necesidades de humedad y de la cantidad de agua que disponen. La necesidad de agua puede definirse como la relación entre la cantidad de agua transpirada por la planta y la cantidad de materia seca producida por la misma. **(Bear, 1963)**

Miller mencionado por **Cubero (1983)**, señala que los mayores rendimientos en arveja se obtenían cuando el grado de humedad del suelo era alto entre la floración y la formación de vainas.

La arveja es una planta mesófila por lo mismo requiere de una disponibilidad de agua sobre el 50% de la humedad aprovechable. Asimismo, agua de riego de buena calidad (bajo tenor salino libre de elementos tóxicos, etc) para lograr el máximo potencial de rendimiento físico y cualitativo, lo que también se ve favorecido por una humedad relativa media a alta **(Krarup, 1993)**

El mayor rendimiento y calidad de las vainitas se produce cuando la humedad del suelo se mantiene por encima del 50% de la humedad útil o disponible. **(Duncan, 1960)**

Un exceso o déficit de agua en un cultivo impide la correcta absorción y traslocación de nutrientes por los vegetales así como su utilización por los mismos. **(Jacob y Vexkul, 1973)**

2.3 NITROGENO

2.3.1 Nitrógeno en el suelo

El nitrógeno en los suelos se encuentra principalmente

- a) Formando parte de la materia orgánica.
- b) Fijado de modo estable en la red de silicatos.
- c) En forma de ión amonio.
- d) En forma de nitratos.

La mayor parte está combinada con la materia orgánica y sólo una pequeña fracción se encuentra en formas utilizables por las plantas tales como nitratos y amonio intercambiables. **(Primo,1981).**

El contenido de nitrógeno en los suelos presenta un amplio ámbito, pero es común el comprendido entre, 0.2 y 0.7% para la denominada capa arable. El porcentaje tiende a disminuir al aumentar la profundidad del perfil. Dentro de los factores de formación del suelo, el clima es el que influye más directamente en el contenido total del nitrógeno, cuyo porcentaje tiende a incrementarse al disminuir la temperatura y al aumentar la precipitación dentro de ciertos límites. **(Fassbender, 1975).**

El nitrógeno se encuentra en el suelo en tres formas principales: orgánica, amoniacal y nítrica, que no tienen el mismo valor inmediato para la planta. El nitrógeno se acumula en el suelo bajo forma de humus que contiene alrededor de 5% de nitrógeno en estado orgánico. Este nitrógeno se mineraliza progresivamente bajo la acción de la flora microbiana (1 a 2% al año) y en la última fase de esta evolución, el nitrógeno orgánico se convierte en nitrógeno nítrico disponible para la planta el nitrógeno

amoniaco es un estado fundamentalmente transitorio mientras que el nítrico es la última fase para poder ser absorbido por la planta.

La nitrificación del nitrógeno amoniacal en nítrico, es la etapa final de la descomposición de la materia orgánica que se desarrolla en dos fases sucesivas, bajo la acción de dos grupos de bacterias oxidantes aeróbicas. Se puede estimar en 50 - 100 kg por hectárea y año, a veces más la cantidad de nitrógeno en forma de nitratos que se obtiene en el suelo a consecuencia de la mineralización del humus. (Gros, 1992)

2.3.2 El Nitrógeno en la planta

El nitrógeno en la planta primeramente es reducido a su forma amoniacal y combinado con las cadenas orgánicas formando ácido glutámico, este a su vez es incluido en más de un centenar de diferentes aminoácidos de esteroides cerca de 20 son utilizados en la forma de proteína. (Rajj, 1991).

La preferencia de las plantas tanto a la forma NO_3^- como la NH_4^+ es determinada por la edad, el tipo de planta, el medio ambiente y otros factores. Cultivos como apio, frijol, vainita, etc. se desarrollan mejor cuando son provistas con NO_3^- . Las plantas absorben el nitrógeno en la forma de NH_4^+ y NO_3^- este último generalmente se presenta a mayor concentración que el NH_4^+ y es libre para moverse a las raíces por flujo de masa. (Tisdale, 1991).

2.3.3 Efecto del Nitrógeno en la arveja

Domínguez (1984), menciona que el nitrógeno de las leguminosas es sostenido en su mayor parte de la asociación con bacterias nitrificantes, salvo que exista en el

suelo suficiente cantidad de Nitrógeno NO_3^- . En cualquier caso la planta necesita nitrógeno durante el periodo inicial del desarrollo antes de que comience la actividad de los nódulos y cuando ya se han agotado las reservas del nitrógeno en la semilla. Aunque este periodo es corto y por tanto, los nódulos pequeños y de fácil disponibilidad en el suelo es importante asegurarse de que no se produzca deficiencia de nitrógeno.

En un trabajo sobre evaluación de las necesidades del cultivo de frijol a nitrógeno químico, **INIAA (1990)** determinaron que estos requerimientos variaban de 40 a 120 kg/ha, pudiendo llegar a inclusive hasta los 220 kg/ha.

El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) muestra generalmente una escasa respuesta a la inoculación bajo condiciones de campo con cepas de *Rhizobium spp.* seleccionadas. Por este motivo, se considera que las tasas de fijación simbiótica de N_2 en este cultivo son bajas y se recurre normalmente a la fertilización nitrogenada. Los fallos en la nodulación, con cierta frecuencia, se pueden relacionar al alto nivel de N residual procedente de cultivos anteriores que actúa inhibiendo la formación de nódulos. **(Montes, 1999)**

El rendimiento de vainita aumenta conforme se va incrementando el nivel de nitrógeno empleado en el cultivo. El tratamiento con 75 kg/ha de nitrógeno con un volumen total de agua aplicada de 8854 m³/ha rindió 16 039 kg/ha. **(Chávez, 1989)**

2.4 FÓSFORO

2.4.1 Fósforo en el suelo

El fósforo se encuentra en su mayor parte en forma inorgánico. El fluorapatita y el hidroxiapatita, minerales muy estables se identifican frecuentemente a la arena y el limo de los suelos muy lavados.

El fósforo añadido por los fertilizantes se fija en el suelo en su mayor parte y es asimilado lentamente por las plantas en formas de iones PO_4H^- o PO_4H_2^- . En la solución suelo la concentración de fósforo suele ser del orden de 1 ppm o menor. A medida que es consumido por la planta debe solubilizarse para asegurar las necesidades del desarrollo de la cosecha. Normalmente la cantidad de fósforo es aprovechada por los cultivos en el periodo de un año, siguiente al abonado, con fertilizantes fosforados solubles no excede de 25% de la cantidad total añadida siendo inferior al 15%.

(Primo, 1981)

El fósforo que se encuentra en el suelo, en su mayoría es estado mineral (ortofosfatos), también se presente combinado en estado orgánico. Los iones fosfóricos se hallan en el suelo en tres formas diferentes:

- Disueltos en la solución del suelo.
- Absorbidos sobre diferentes componentes minerales y orgánicos del suelo.
- Fijados mediante enlaces moleculares relativamente estables.

La relativa baja disponibilidad del fósforo en los suelos de la costa del país se puede explicar por la presencia de la alta actividad del ion Ca^{++} condicionado por la reacción básica

de los suelos (pH 7.8) Asimismo, la libre presencia de minerales arcillosos, especialmente en suelos volcánicos (presencia de alófono) contribuyen a la baja disponibilidad de fósforo en el suelo. El contenido total de fósforo y su disponibilidad en los suelos de la costa, sierra y selva del Perú es bajo, por ser éste elemento relativamente estable en el suelo debido a su baja solubilidad a veces se produce deficiencia de fósforo en la planta a pesar de la continua mineralización de los componentes orgánicos del suelo.

2.4.2 Fósforo en la planta

El rol fundamental del fósforo en la planta es la transferencia de energía necesario para la sobrevivencia de las especies vegetales en el planeta. **(Gros, 1992).**

El fosfato no necesita ser reducido en el interior de la célula antes de ser incorporado en componentes orgánicos. Forma parte de los ácidos nucleicos adenosin-fosfatos (AMP, ADP, ATP) y pirimidin nucleótidos (NAD, NAPP) por lo que participa en todas las reacciones energéticas en el metabolismo, procesos anabólicos y transferencia de las características hereditarias. **(Barceló, 1995)**

2.4.3 Efecto del Fósforo en la arveja

En las leguminosas el fósforo ejerce una acción favorable para el desarrollo de los nódulos radiculares y a la absorción del nitrógeno del aire por las bacterias nitrificantes. **(Kay, 1979)**

En el conjunto de fenómenos que lleva consigo la función clorofílica, el ácido fosfoglicérico es uno de los primeros

compuestos de la fotosíntesis y a partir de aquí se generan los azúcares, grasas, proteínas, vitaminas y hormonas que integran las células. (Kay, 1979)

Ojeda (1996) Encontró diferencias altamente significativas al efecto de niveles de nitrógeno y de fósforo en la producción de materia seca total del cultivo de vainita. Asimismo, el mayor rendimiento (19.84 kg/ha) en vaina, se obtuvo con el nivel de 50 kg de nitrógeno por hectárea el cual representó un incremento del orden del 26% con respecto al tratamiento testigo (0 Kg/ha) hallándose diferencias altamente significativas.

Cruz (2000) Encontró que el incremento de los niveles de fertilización fosforada produjo efectos estadísticamente significativos en los valores de materia seca y crecimiento foliar y no significativos en los valores de altura de planta, hallándose una relación directa entre los niveles de fósforo y todas las variables mencionadas.

El fósforo es el elemento que más limita la producción del frijol y en consecuencia el que presenta mayor número de respuestas en el cultivo. Entre los macronutrientes es el elemento extraído en menor cantidad por el frijol. (Olivera, 1972)

2.4.4 Absorción del fósforo por la planta

Las plantas pueden absorber pequeñas cantidades de $HPO_4^{=}$ por contacto directo de las raíces con los elementos sólidos, pero la mayor parte del fósforo que necesitan lo toman de la solución del suelo, en forma de iones fosfato. Estos iones se desplazan desde las raíces hasta las hojas por medio de la corriente transpiratoria.

La absorción es muy activa durante el período de máximo crecimiento y se reduce a partir de la floración. **(Gros, 1992)**

2.4.5 Interacción del Nitrógeno y el Fósforo

Se ha comprobado que la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosfóricos aumenta la toma de fósforo por la planta especialmente cuando el fertilizante fosfórico tiene una alta solubilidad. **(Knittel, 1988)**

El aumento en la disponibilidad de fósforo no mejora la nodulación en frijol cuando existen altas concentraciones de nitrato, pero sí la capacidad reductora de nitrato de las raíces. **(Montes, 1999)**

Existe un efecto muy significativo que causa la fertilización N-P en la acumulación total de elementos nutritivos N, P y K en el cultivo de frijol panamito.

Presentando la dosis 60-60-60 la primacía en la efectividad de acumulación de nutrientes en la planta. **(Cabrera, 1974)**

2.5 MICRONUTRIENTES

2.5.1 Importancia de los micronutrientes en cultivos intensivos

Las razones en la mayor parte por los microelementos y sus carencias, son múltiples.

- Rendimientos mucho mayores que incrementan las extracciones de microelementos del suelo.
- Abonos, cada vez más concentrados, que privan al suelo de los microelementos que contienen los productos de baja concentración.

- La menor proporción de abonados orgánicos ricos en microelementos y fácilmente asimilables.
- La explotación de nuevas tierras de cultivos que, frecuentemente presentan carencias de tal o cual elemento. **(Gros, 1992)**

La deficiencia de micronutrientes específicos es responsable de muchas enfermedades vegetativas típicas de gran interés en sí mismas. **(Bidwell, 1993)**

Para el rendimiento del cultivo del pepino para encurtido el rendimiento (total y comercial) presentó diferencias significativas para la aplicación de micronutrientes. También presentaron valores máximos con el nivel más elevado de fertilización de N - K y con la aplicación de microelementos. **(González, 2001)**

2.5.2 Formas de los micronutrientes en los suelos

Dentro de las formas de los microelementos en los suelos se pueden considerar las siguientes diferenciaciones:

- a) Estructural o relacionada a los minerales primarios y secundarios presentes en los suelos.
- b) Precipitada en forma de óxidos e hidróxidos, especialmente en el caso de Fe y Mn.
- c) Incorporada a la materia orgánica formando quelatos.
- d) Absorbida en el complejo coloidal del suelo y soluble y presente en la solución del suelo. **(Fassbender, 1975)**

El contenido total de micronutrientes en el suelo no indica cantidades disponibles para el crecimiento de las plantas

durante una etapa de crecimiento, sino una abundancia relativa de un poder de suministro potencial para los nutrientes en particular. **(Villagarcia, 1994)**

2.5.3 Micronutrientes En Arveja

Boro

La función del boro parece ser el de regulador de la degradación de glucosa, favorece la formación de fenoles y el transporte de clorofila. **(Barceló, 1995)**

Menciona que el boro es esencial en la germinación de los granos de polen y en el crecimiento del tubo polínico, es importante para la formación de proteínas y de la formación de las paredes celulares. Su deficiencia esta relacionado por lo general con la atrofia de la planta comenzando con el punto de crecimiento y las hojas nuevas. **(Villagarcia, 1994)**

La deficiencia de boro provoca cambios en el metabolismo muy rápidos en la planta. Un suministro limitado de boro provoca una detención en el crecimiento en longitud preferentemente en las raíces lo que parece estar relacionado con un efecto en el alargamiento celular. **(Guardiola, 1990).**

Hierro

El papel fisiológico del hierro es muy amplio. Sus principales funciones se relacionan a la respiración, la síntesis de la clorofila y la fotosíntesis, la fijación del nitrógeno atmosférico.

La deficiencia de hierro produce hojas de color verde pálido (clorosis) con una distinción marcada entre venas

verdes y las entre venas amarillas. Estas deficiencias por lo general son producidas por el desequilibrio de metales como Mo, Cu o el Mn. **(Loué, 1988).**

La carencia de hierro casi nunca es debida a que no exista suficiente hierro en el suelo. El exceso de caliza CaCO_3 y de fosfatos y la pobre aeriación del suelo inducen a la manifestación de clorosis. **(Guerrero, 1990)**

Las plantas absorben hierro en forma de ión ferroso (Fe^{++}) pero en condiciones de pH básico la solubilidad de este ión es muy baja e insuficiente para cubrir las necesidades de la planta. La deficiencia de hierro es por tanto, frecuente en suelos básicos salvo que el hierro se encuentre en forma de complejos orgánicos (quelatos) que son absorbidos independientemente del pH. **(Guardiola, 1990)**

Manganeso

El manganeso desarrolla un papel directo en la fotosíntesis ayudando en la síntesis de clorofila, también acelera la germinación y la madurez, aumenta la disponibilidad de P y Ca. También participa en la síntesis de fosfolípidos activando la enzima fosfolipasa. Los síntomas de deficiencia aparecen primero en hojas jóvenes con amarillamientos entre las venas. Si bien es cierto que su deficiencia está a menudo asociada con el pH alto del suelo puede provenir de un desequilibrio con otros nutrientes tales como el Ca, Mg y Fe. **(Dennos, 1982)**

Señala que el manganeso en el suelo se considera generalmente que existe en 3 estados de valencias:

1. Manganeso divalente, Mn^{2+}
2. Manganeso trivalente, que se supone que existe como un óxido altamente reactivo Mn_2O_3
3. Manganeso tetravalente Mn^{4+} que existe como el óxido que es muy inerte MnO_2 .

En suelos ricos en materia orgánica y de una reacción próxima a la neutralidad, los cultivos particularmente las leguminosas y cereales pequeños, exhiben varios grados de deficiencia de manganeso. **(Tisdale, 1991)**

Zinc

Afirma que la deficiencia de zinc es una de las deficiencias de los cultivos en microelementos que está más extendida y puede ser también que sea la de más incidencia sobre los rendimientos. Los primeros síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas más jóvenes por lo que el Zn no es traslocado en la planta. Los numerosos factores que determinan la disponibilidad del Zn son: el pH del suelo, el alto contenido de fosfatos en el suelo, la materia orgánica, el riego, el lixiviado y los suelos fríos.

Las interacciones P/Zn en las plantas se traducen por un desequilibrio P/Zn y que los contenidos exagerados de P interfieren con las funciones metabólicas del Zinc. Los efectos fisiológicos en las plantas de la interacción Zn/P son más importantes que las relaciones P/Zn en los suelos. **(Loué, 1988)**

En las plantas el zinc se encuentra como catión divalente no sufriendo cambios en su estado de oxidación. Es constituyente estructural o bien actúa como activador o

regulador de un elevado número de enzimas. Una de las alteraciones más características de la deficiencia de zinc es la reducción en la longitud de los entrenudos y el tamaño de las hojas. **(Guardiola, 1990)**

Las carencias de zinc suelen ser inducidas por un exceso de cal o por una riqueza elevada de P_2O_5 (antagonismo de iones). **(Guerrero, 1990)**

2.6 QUELATOS

Los quelatos son compuestos químicos en el que una molécula orgánica rodea y se enlaza por varios puntos a un ión metálico de manera que le protege de cualquier acción desde el exterior, evitando su hidrólisis y precipitación. **(Cadahia, 1998)**

Los quelatos son compuestos que forman complejos solubles con ciertos elementos metálicos, se utilizan como transportadores de hierro, cobre, manganeso y zinc. Mantienen estos elementos en una forma disponible para las plantas del suelo a que los elementos podrían de otra manera precipitar y ser convertidos en no disponibles. **(Tisdale, 1991)**

Afirma que los mejores resultados se obtienen aplicando quelatos, ya que en ellos el hierro, por ejemplo, se encuentra protegido y puede penetrar y circular por la planta. Los quelatos pueden incorporarse al suelo o utilizarse en pulverizaciones foliares. **(Guerrero, 1990)**

2.7 FERTIRRIGACIÓN

Fertirrigación es la aplicación de fertilizantes disueltos en el agua de riego, se utiliza en riego localizado aunque también puede utilizarse en riego por aspersion.

Ventajas

- o Los fertilizantes se localizan en la zona donde se desarrollan las raíces
- o Los fertilizantes se suministran a la planta conforme a sus necesidades en las distintas etapas de su desarrollo. Hay menos pérdidas de elementos nutritivos. **(Fuentes, 1999)**

La fertirrigación es el método más racional para realizar una fertilización optimizada y respetando el medio ambiente dentro de la denominada agricultura sostenible. **(Cadahia, 1998)**

La fertirrigación es la aplicación de los elementos nutritivos necesarios para un correcto desarrollo de los cultivos, utilizando los sistemas operacionales de riego. **(Castañon, 2000)**

Comparando de dos sistemas de riego, en la producción verde y en grano del cultivo de vainita, un ahorro con el sistema de exudación de 113% en relación al volumen de agua empleado con el sistema tradicional. **(Conroy, 1991)**

En el análisis económico indica un margen de utilidad para el cultivo de vainita cv. 'Bush Blue Lake 47' bajo RLAF: exudación, siendo este de 43.1% mostrando de

esta manera el beneficio económico de una agricultura moderna. (Vargas, 1997)

2.8 SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO DE ALTA FRECUENCIA: EXUDACIÓN.

El riego localizado de alta frecuencia por exudación, consiste en una tubería o cinta fabricada a partir de una membrana compuesta de micro fibras de polietileno entrecruzadas, formando una malla en las que los poros tienen un tamaño medio de 4 - 5 micras y ocupan el 50% de la superficie de la membrana. Al aplicar una presión que normalmente, está comprendida entre 2 a 3.5 m.c.a., la tubería se hincha y el agua sale al exterior por los poros, homogéneamente en toda su longitud. La presión antes mencionada corresponde a un caudal de 1 a 1.75 l/hora y metro de cinta, aunque por tratarse de un emisor que trabaja en régimen laminar, dicho caudal se ve considerablemente afectado por la temperatura de agua y su viscosidad que es variable en función de la salinidad. (Pizarro, 1990).

Con estos sistemas de riego de bajo caudal se trata realmente de un sistema de precisión para suministrar agua y los elementos nutritivos de modo muy ajustado a las necesidades reales del cultivo. Cuando se trata de una fertirrigación completa hay que centrarse en los riegos localizados de alta frecuencia. (Domínguez, 1993)

Los riegos localizados se manejan usualmente como riegos de alta frecuencia porque de una parte, obligados por el hecho de reducir el volumen de suelo mojado, se fraccionan las aplicaciones para suministrar de modo

eficiente el agua que el cultivo necesita. De otra porque el costo asociado a cada aplicación es bajo por tratarse de instalaciones fijas. **(Rodrigo, 1997).**

2.9 FERTILIZACIONES FOLIARES

El objetivo de la fertilización foliar es el alcanzar el óptimo del rendimiento cuando todos los factores de la producción se encuentran en niveles óptimos. La fertilización foliar proporciona una rápida utilización de los micronutrientes y permite la corrección de las deficiencias observados en menor tiempo del sugerido por las tratamientos del suelo, las aplicaciones foliares constituyen el medio más eficaz de colocación del fertilizante. **(Fritz, 1978)**

Pacheco (1996), al evaluar el efecto de la fertilización foliar suplementaria en el rendimiento de melón este no resulta significativo, sin embargo, se observa que el rendimiento es ligeramente superior con el tratamiento con fertilización foliar cuando el nivel de potasio es muy alto ese obtiene un mayor rendimiento que sin aplicación del fertilizante foliar.

Los microelementos son más eficaces cuando se aplican sobre las hojas que cuando se aplican por el suelo. Por otro lado las necesidades de los microelementos son escasas. **(Fuentes, 1999)**

2.10 EFECTO DE LAS SALES EN LEGUMINOSAS

Teniendo en cuenta el importante lugar que ocupan las leguminosas en el sistema alimentario y en la economía agrícola a nivel mundial se han hecho una serie de investigaciones para resolver las limitaciones de producción más persistentes como: la fertilidad, sequías, manejos integrados para controlar plagas y enfermedades pero hace falta investigación en lo referente a la adaptación de estos cultivos en condiciones de suelos y aguas con problemas de salinidad.

El mal manejo del sistema de irrigación y el resultado de la salinidad es una de las consecuencias de la variación de los grados de productividad de por lo menos un tercio de 230 000 000 hectáreas de las tierras irrigadas en el mundo. **(Reeve y Fireman, 1967)**

El riego por goteo hace posible aún con agua salina lograr cosechas similares a las que se obtienen con agua de buena calidad. De acuerdo a los resultados mostrados en el cultivo de frejol, este puede crecer y desarrollarse en suelos con contenido de salinidad menores de 2.0 dS/m bajo un control de riego. La excesiva irrigación y el inadecuado drenaje son las principales causas del incremento de la salinidad. **(Lopez, 2000).**

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Ubicación del campo experimental

La fase de campo del presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Unidad de Investigación de Riegos perteneciente al Departamento Académico de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, siendo su ubicación geográfica la siguiente

Latitud: 12° 05' 06" Sur
Longitud: 76° 75' 00" Oeste
Altitud: 238 msnm

3.1.2 Características del suelo

En general, los suelos de la Molina se caracterizan por ser profundos, de buen drenaje, permeabilidad moderada, textura media, estructura granular y de consistencia friable en húmedo. Para las características físico - químico del suelo se realizó el muestreo al azar en el área de estudios a una profundidad de 30 cm. El análisis de las muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro Nro. 01, el suelo presenta una textura franco arenoso lo cual indica que este tiene una moderada capacidad de retención de humedad, adecuada permeabilidad y buena aeriación. El suelo presenta un pH de 5.6, siendo ligeramente básico, un nivel medio de carbonato de calcio (4.09%), presenta un bajo contenido de materia orgánica (1.53%), un alto contenido de

CUADRO Nro. 01
ANALISIS FISICO QUIMICO DEL SUELO

Determinación	Valor	Unidad	Método de análisis
CE	5.6	dS/m	Lectura extracto de saturación
Análisis mecánico			
Arena	64	%	Hidrómetro de Bouyoucos
Limo	28	%	Hidrómetro de Bouyoucos
Arcilla	8	%	Hidrómetro de Bouyoucos
Textura	Frango arenoso		Triángulo textural
pH	7.6		Potenciómetro 1:1 agua – suelo
Calcareao total	4.09	%	Gasó volumétrico
MO	1.53	%	Walkley y Black
Fosforo disp.	38.10	ppm	Olsen modificado
Potasio disp.	537.00	kg/ha	Extracto de acetato de amonio
CIC	12.80	cmol (+)/kg	Extracto de acetato de amonio
Cationes intercambiables			
Ca ⁺⁺	9.53	cmol (+)/kg	Espectrometría de Absorción Atómica
Mg ⁺⁺	2.57	cmol (+)/kg	Espectrometría de Absorción Atómica
K ⁺	0.35	cmol (+)/kg	Espectrometría de Absorción Atómica
Na ⁺	0.35	cmol (+)/kg	Espectrometría de Absorción Atómica

fósforo (38.1 ppm) y un nivel medio alto de potasio total (537 kg/ha). La CIC es alta sin embargo las relaciones Ca/Mg (5.3), Ca/K (25.7) y Mg/K (4.8), indican que existe una mayor concentración de cationes Ca^{++} y Mg^{++} respecto al K^+ determinando el desequilibrio de los niveles óptimos para una adecuada nutrición mineral.

3.1.3 Características del agua de riego

El cuadro Nro. 02 muestra los resultados del análisis de agua, que se utilizó para regar el campo experimental. Se observa una salinidad severa, perteneciendo al tipo C4 según Richards, FAO. Las sales predominantes son Cl_2Ca_4 y NaCl principalmente, sales extremadamente solubles y por tanto, muy perjudiciales para las especies cultivadas, sobre todo leguminosas. La relación de sodio respecto al calcio y al magnesio (RAS) es bajo 2.9; clasificándose como S1 (Según FAO) y los niveles de Na^+ y Cl^- indican severa restricción por el efecto tóxico. Para el caso del Boro no existe problema alguno por encontrarse en cantidades aceptables, el pH es normal 6.9.

3.1.4 Climatología de la zona experimental

La Molina está ubicada en la zona media del Valle del Rimac, de clima subtropical costero, con alta humedad relativa y poca precipitación pluvial. Según el sistema modificado de Koeppen, La Molina pertenece a la clasificación de Desierto Sub-tropical Árido Caluroso. En el cuadro Nro. 03 se presenta los datos climatológicos correspondientes a la zona experimental durante el periodo vegetativo del cultivo (Agosto - Noviembre, 2000) obtenidos de los registros del Observatorio

CUADRO Nro. 02
ANALISIS DE AGUA

Determinación	Valor	Unidad
CE	3.71	dS/m
pH	6.90	
Calcio	20.66	me/l
Magnesio	5.61	me/l
Sodio	10.82	me/l
Potasio	0.31	me/l
SUMA DE CATIONES	37.40	me/l
Nitratos	0.80	me/l
Carbonatos	0.00	me/l
Bicarbonatos	1.41	me/l
Sulfatos	6.97	me/l
Cloruros	28.10	me/l
SUMA DE ANIONES	37.28	me/l
Sodio	28.93	%
RAS	2.98	
Boro	0.20	ppm

CUADRO Nro. 03

DATOS METEREOLÓGICOS DEL AREA EXPERIMENTAL

MES	Heliofania hr	Temperatura Media (°C)	H. relativa Media mensual (%)	Evapotranspiración Del tanque (mm/día)	Precipitación (mm/día)
AGOSTO	2.08	15.9	93	2.86	1.70
SETIEMBRE	4.63	16.3	91	3.33	0.40
OCTUBRE	5.10	18.1	88	3.93	TZ
NOVIEMBRE	7.50	18.7	86	4.63	0.30

Metereológico, "Alexander Von Humbolt de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.1.5 Cultivo

La arveja (*Pisum sativum* L.) del cv. Tarma. según la firma Asgrow presenta las siguientes características:

Variedad:	Para mercado fresco
Peso de 100 semillas:	30.7 g
Precocidad:	Intermedia (87 a 95 días en costa)
Altura de planta:	70 cm
Longitud de vaina:	11 a 13 cm
Vainas por nudos:	1 a 2
Granos por vaina:	9 a 11
Observación:	Excelente
Resistencias:	PM (Oidium o Mildiu polvoriento)
Floración a partir del nudo	14 a 15
Rendimiento potencial en costa central:	10000 - 12000 kg/ha

3.1.6 Equipo de riego por exudación

El modulo del sistema de riego localizado de alta frecuencia: exudación, utilizado estuvo constituido por:

Características Hidro-físicas del sistema.

- ⌘ 180 m de cinta microporosa de exudación
- ⌘ 30 m de tubería de PVC de 1"
- ⌘ 20 conectores para la unión de la cinta de exudación al microtubo
- ⌘ 20 cierres de cinta
- ⌘ 12 válvulas de cinta

- ⊗ 28 m de microtubo de polietileno de 100 de diámetro
- ⊗ 1 válvula de 1"
- ⊗ 1 filtro de anillos de 1"
- ⊗ 1 contómetro de agua (m³/hora)
- ⊗ Accesorios de PVC
- ⊗ Depósito elevado de fertilizantes (para la práctica de fertirriego mediante el principio de presión por altura de la columna de agua)
- ⊗ 1 punto de toma de agua

3.1.7 Registro de Humedad

Se utilizó tensiómetros múltiples a diferentes profundidades: 10,20, 30 y 40 cm.

3.1.8 Fertilizantes

Fuente	Ley
Nitrato de amonio	33.5% N
Fosfato monoamónico	12% N - 61 % P ₂ O ₅
Nekamil	50% p/v – 33% p/p de K ₂ O
Fertigro Hierro	4.5% de Fe
Fertigro Manganeso	4.0% de Mn
Fertigro Zinc	6.5% de Zn
Fertigro Boro	2.5% de B

3.1.9 Otros

- Estacas
- Mochila pulverizadora
- Cinta métrica
- Pabilo
- Lampa

- Pico
- Rastrillo
- Libreta de campo
- Balanza de precisión (0.1 g)
- Estufa (65 - 109 C)
- Pesticidas

3.2 Métodos

A nivel de campo se probaron 3 fórmulas crecientes de fertilización nitrogenada-fosforada: (40-40-40, 80-60-40 y 120-80-40) en base a un tratamiento testigo no fertilizado (0-0-40), para lo cual se usó la técnica de inyección de fertilizantes solubilizados para sistemas de riego localizado de alta frecuencia.

Para la aplicación de micronutrientes se realizó bajo dos modalidades: una dirigida al suelo inyectado al sistema de riego; y foliar aplicado con una pulverizadora, con agua destilada para evitar la quemadura del follaje por problemas de sales presentes en el agua de riego, tratamientos evaluados en base a un testigo sin micronutrientes.

El ensayo se maneja con camas levantadas a un distanciamiento de 1.6 m entre cintas, cada cama de producción fue alimentada por una cinta de exudación. El cultivo tuvo una disposición espacial de doble hilera por cinta de exudación con una separación entre hileras de 0.30 m y entre plantas de 0.15 m con una planta por golpe, lo que nos permitió manejar una población de 83000 plantas por hectárea.

El nivel de fertilización potásica (40 kg/ha de K_2O) fue constante en todo el campo.

3.2.1 Factores en estudio

A. Niveles de Fertilización Nitrogenada - Fosforada

En el presente estudio se aplicaron niveles crecientes de nitrógeno y fósforo cada una en forma independiente. Las aplicaciones se realizaron diluyéndolos en un tanque e inyectándolos vía red de riego a una altura de 1.80 m consiguiendo que por diferencia de carga, el fertilizante ingrese al sistema.

En cuanto al Fósforo este empezó a ser aplicado 10 días después de la emergencia, en forma fraccionada totalizando 3 aplicaciones durante 3 semanas.

El nitrógeno se empezó a aplicar al mismo tiempo que el fósforo por la compatibilidad entre ambos elementos nutrientes respecto a su disponibilidad para las plantas, (el fosfato monoamónico es un fertilizante con ambas fuentes), una vez terminado la aplicación del fosfato monoamónico se empezó con la aplicación del Nitrato de amonio, este fertilizante se fraccionó en 4 y la aplicación se realizó por ende en 7 semanas. Simultáneamente a la aplicación del nitrógeno con esta fuente se aplicó el potasio, fraccionándolo en 6 oportunidades.

Tratamiento	Clave	Categoría	N – P ₂ O ₅ – K ₂ O (kg/ha)
0	T0	Testigo	0-0-40
1	T1	Bajo	40-40-40
2	T2	Medio	80-60-40
3	T3	Alto	120-80-40

B. Fertilización suplementaria con Micronutrientes

Los micronutrientes se aplicaron al mes de la siembra y fueron fraccionados en 6 aplicaciones durante 6 semanas. Todos los productos utilizados pertenecen a la casa comercial Cosmocell S. A. (Monterrey - México).

Dichos micronutrientes fueron aplicados directamente a las subparcelas en forma localizada, estos se diluyeron en agua para posteriormente ser aplicados al campo. Las dosis utilizadas fueron las siguientes:

Aplicación al suelo

Fuente	Elemento	Dosis * (l/ha)
Fertigro – Fe	Hierro	10.0
Fertigro – Mn	Manganeso	6.0
Fertigro – Zn	Zinc	5.0
Fertigro – B	Boro	3.0

* Niveles recomendados por la Casa Cosmocell basado en resultados obtenidos de experimentación confiable. Productos no fitotóxicos y combinables con la mayoría de los agroquímicos de uso común.

Aplicación foliar

Fuente	Elemento	Dosis ** (l/ha)
Fertigro – Fe	Hierro	2.5
Fertigro – Mn	Manganeso	2.0
Fertigro – Zn	Zinc	3.0
Fertigro – B	Boro	2.0

** Cosmocell S.A. recomienda estos niveles aplicados preferentemente durante las etapas tempranas del crecimiento del cultivo.

Adicionalmente a la aplicación de microelementos, a estos se le agregó un quelatante conocido Bio – mar 15 compuesto de 15% de ácidos húmicos y 3% de extracto de algas marinas, además de un ablandador de agua conocido como Buffex de la misma casa comercial mencionada con anterioridad, debido a la excesiva dureza del agua empleada.

3.2.2 Conducción del experimento

Preparación del terreno

Primero se procedió al lavado del terreno para bajar los niveles de sales, para luego aplicar yeso micronizado calmax a una dosis de 1000 kg/ha. Después se realizó la remoción de la capa arable que es de más o menos 20 cm de profundidad, se le incorporó materia orgánica en forma de compost, luego se levantó camas de 1 metro de ancho por 10 metros de largo y 10 cm de altura, dejando calles de 60 cm entre camas.

Instalación del sistema de riego

Para la instalación del sistema de riego se procedió a hacer una nivelación de las camas para luego enterrar las cintas de exudación en la mitad de estas, a una profundidad de 8 cm.

Una vez probado todo el sistema que consistió en comprobar el estado de las cintas de exudación tanto como la conexión de estas, también incluye la perfecta instalación

de la tubería madre como de las válvulas y demás accesorios.

Siembra

El sistema de riego se abrió 3 días antes, esto con la finalidad de que al momento de la siembra la semilla encuentre la humedad necesaria para que pueda germinar. Esta labor fue manual colocando 3 semillas por golpe las cuales estuvieron distanciadas a 0.15 m y a una profundidad aproximada del doble de su diámetro, esto es algo de 4 cm. La siembra se realizó a doble hilera.

Fertilización

Este consistió en la solubilización de los fertilizantes e inyección al sistema de riego. Y la aplicación foliar por parte de los micronutrientes. La única fertilización constante en todo el campo fue la potásica (40 kg/ha de K₂O) fraccionándola en 6 aplicaciones semanales, posteriormente a la aplicación de la fósforo.

Desahije

Esta labor se realizó a los 20 días después de la siembra dejándose una planta por golpe.

Riego

El juego de tensiómetros (10, 20, 30 y 40 cm) permitió mantener niveles altos y constantes en el suelo. El volumen de agua aplicado de acuerdo a las necesidades del cultivo y condición del suelo, estando todo ello controlado por un contómetro al inicio de la instalación de riego.

Control de malezas

Se realizó en forma manual.

Control Fitosanitario

Se basó en la instalación de trampas amarillas y aplicación de químicos preferentemente preventivos, previa evaluación realizada semanalmente.

Se tuvo principalmente las siguientes plagas:

- Trips (*Thrips tabaci*)

Se aplicó Dimetoato al 1‰

- Mosca minadora (*Liriomisa huídobrensis*)

Para esta plaga se realizaron instalaciones de trampas amarillas y se realizaron aplicaciones de Metamidophos al 3% cada 15 ó 20 días dependiendo de los resultados de las evaluaciones. También se aplicaron cebos tóxicos para gusanos de tierra como una medida preventiva.

3.2.3 Características del campo experimental

Largo total	12.0 m
Ancho total	20.0 m
Área total	240.0 m ²

Ensayo

Largo efectivo	7.8 m
Ancho efectivo	19.2 m
Área efectiva	149.8 m ²

Bloque

Largo efectivo	1.95 m
Ancho efectivo	19.20 m
Área efectiva	37.4 m ²
Numero de bloques:	4

Parcela

Largo efectivo	1.95 m
Ancho efectivo	6.40 m
Área efectiva	12.48 m ²
Numero de parcelas:	12

Subparcela

Largo efectivo	1.95 m
Ancho efectivo	1.6 m
Área efectiva	3.12 m ²
Número de subparcelas:	48

3.2.4 Diseño experimental

El diseño experimental empleado en el ensayo es el de diseño de bloques completamente al azar con 4 repeticiones con arreglo factorial asignando aleatoriamente los niveles de fertilización nitrogenada - fosforada en cuanto a la fertilización suplementaria con micronutrientes será asignada aleatoriamente a la subparcela dentro de cada parcela.

3.2.5 Cronología del ensayo experimental

Las labores de conducción del cultivo se presentan en el cuadro Nro. 04.

CUADRO Nro 04 CRONOLOGÍA DE LA CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

Actividades	Fecha	Días de la semana
Preparación el terreno	07.08.00	-10
Intalación del sistema	11.08.00	-6
Apertura del sistema	14.08.00	-3
Siembra	17.08.00	0
Germinación	24.08.00	7
Cebos tóxico	29.08.00	12
Resiembra	04.09.00	18
Primeras hojas verdaderas	05.09.00	19
Desahije	06.09.00	20
Primera aplicación de Fosfato monoamónico	07.09.00	21
Aplicación de dimetoato al 1°/oo para thrips	08.09.00	22
Aplicación de Benlate 1 o/oo para chupadera	09.09.00	23
Segunda aplicación de Fosfato monoamónico	14.09.00	28
Instalación de trampas amarillas	15.09.00	29
Aplicación de Benlate al 1°/oo	16.09.00	30
Aplicación de Tamaron 30g/15l	16.09.00	30
Primera aplicación de manganeso	20.09.00	34
Tercera y última aplicación de Fosfato monoamónico	21.09.00	35
Aplicación de Tamaron 30g/15l	22.09.00	36
Primera aplicación de boro	23.09.00	37
Primera aplicación de Hierro	25.09.00	39
Primera aplicación de cinc	26.09.00	40
Segunda aplcación de manganeso	27.09.00	41
Primera aplicación de Nitrato de amonio	28.09.00	42
Primera aplicación de potasio	29.09.00	43
Aplicación de VICTENON 15g/15l	29.09.00	43
Segunda aplicación de boro	30.09.00	44
Floración	02.10.00	46
Segunda aplicación de hierro	02.10.00	46
Segunda aplicación de cinc	03.10.00	47
Tercera aplicación de manganeso	04.10.00	48
Segunda aplicación de Nitrato de amonio	05.10.00	49
Segunda aplicación de potasio	06.10.00	50
Tercera aplicación de boro	07.10.00	51
Tercera aplicación de hierro	09.10.00	53
Tercera aplicación de cinc	10.10.00	54
Cuarta aplicación de manganeso	11.10.00	55
Formación de vainas	12.10.00	56
Tercera aplicación de Nitrato de amonio	12.10.00	56
Tercera aplicación de potasio	13.10.00	57
Cuarta aplicación de de boro	14.10.00	58
Cuarta aplicación de hierro	16.10.00	60
Cuarta aplicación de cinc	17.10.00	61
Quinta aplicación de manganeso	18.10.00	62
Cuarta y última aplicación de Nitrato de amonio	19.10.00	63
Llenado de vainas	20.10.00	64
Cuarta aplicación de potasio	20.10.00	64
Quinta aplicación de boro	21.10.00	65
Quinta aplicación de hierro	23.10.00	67
Quinta aplicación de cinc	24.10.00	68
Sexta aplicación de manganeso	25.10.00	69
Quinta aplicación de potasio	27.10.00	71
Sexta aplicación de boro	28.10.00	72
Sexta aplicación de hierro	30.10.00	74
Sexta aplicación de cinc	31.10.00	75
Sexta y última aplicación de potasio	03.11.00	78
Primera cosecha	16.11.00	91
Segunda cosecha	23.11.00	98
Tercera cosecha	30.11.00	105

3.2.6 Evaluaciones experimentales

A. Fenología

- Días a la germinación
- Floración
- Inicio de la cosecha
- Periodo de la cosecha
- Ciclo de vida

B. Variables biométricas

- Altura de planta (cm)

Se tomó una planta de cada subparcela para determinar su longitud, desde el cuello de la planta al ras del suelo hasta el final del tallo principal.

- Área foliar (cm²/planta)

Medidas en base a diferentes pesos entre el total de la masa foliar y una muestra de área desconocida.

- Materia seca de hojas, tallos, frutos y total (g/planta)

Se extrajo al azar una muestra de cada subparcela, la cual fue pesada y separada en sus componentes parciales: hojas, tallos, vainas y frutos; luego fueron colocadas a la estufa a temperatura constante de 65° centígrados durante 48 horas. Las muestras de hojas, tallos y vainas fueron colocadas en bolsas de papel kraft.

- Largo promedio de las vainas (cm)

Se midió el largo de las vainas desde el inicio de esta sin tomar en cuenta el pedúnculo hasta el final.

- Ancho promedio de las vainas (cm)

Se midió en base al ancho máximo de la vaina.

C. Rendimiento (kg/ha)

Este parámetro se obtuvo en base a la recolección de vainas de todas las plantas de cada subparcela.

D. Componentes del rendimiento

- Número de plantas por subparcela a la cosecha

- Número de vainas por planta

Relación del número total de vainas de cada subparcela entre el número de plantas existentes en dicha subparcela.

- Peso promedio de vainas

El peso promedio se evaluó por subparcela, dividiéndose el peso total de vainas entre el número total de vainas.

E. Parámetros agronómicos

- o Eficiencia de uso de agua EUA (kg/m^3)
- o Índice de cosecha IC (%)
- o Coeficiente de transpiración CT (l/kg)
- o Requerimiento de riego por el cultivo (m^3/ha)
- o Índice de Área foliar IAF

3.2.7 Análisis económico

Este análisis se efectuó para cuantificar la inversión necesaria para implementar un sistema de riego tipo exudación y los costos de producción correspondientes al cultivo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Parámetros del Cultivo e Interrelaciones agronómicas

El cuadro Nro. 05 presenta los resultados generales del cultivo de arveja obtenidos en el presente trabajo experimental. Para un rendimiento promedio de 6653.3 kg/ha, el requerimiento total de riego fue de 3174.21 m³/ha determinando que los siguientes parámetros agronómicos alcancen los siguientes valores:

La Eficiencia del uso del agua (EUA) fue de 2.10 kg de arveja por m³ de agua aplicada. Asimismo el Coeficiente de transpiración (CT) en promedio alcanzó 1276.06 litros por kilogramo de materia seca producida, indicando una necesidad alta de agua del cultivo, si se compara con otras especies.

En cuanto al parámetro de Índice de área foliar, este nos da un valor de 0.12, expresando la magnitud de área fotosintetizante expuesta por el cultivo a la radiación solar, que en este caso es relativamente bajo debido al alto contenido de sales a los que estuvo expuesto el cultivo, reduciéndose en consecuencia considerablemente el área foliar. Finalmente el índice de cosecha fue de 53.15%.

4.2 Características hídricas del sistema y requerimiento de riego del cultivo de arveja cv Tarma

El cuadro Nro. 06 muestra las características físicas e hidráulicas del sistema de riego por exudación. Los cuales se basan en los diferentes estados de crecimiento del periodo vegetativo del cultivo de arveja

CUADRO Nro. 05

RESULTADOS PROMEDIOS TOTALES DEL CULTIVO DEL ARVEJA CV TARMA

CARACTERÍSTICAS		PROMEDIO GENERAL
I.	Rendimiento promedio (kg/ha)	6653.3
II.	Componentes del rendimiento	
	a. Número de vainas por planta	14.12
	b. Peso promedio de vainas (g)	4.73
III.	Variable morfológica primarias	
	a. Altura de planta (cm)	85.17
	b. Área foliar (cm ² /planta)	141.00
	c. Materia seca total (g/planta)	29.97
	d. Materia seca de hojas (g/planta)	5.08
	e. Materia seca de tallos (g/planta)	8.71
	f. Materia seca de vainas (g/planta)	15.93
IV.	Variables morfológicas secundarias	
	a. Número de granos por vaina	4.32
	b. Ancho de vainas	1.61
	c. Largo de vainas	9.52
V.	Parámetros agronómicos	
	a. Índice de cosecha (IC en %)	53.15
	b. Coeficiente de transpiración (CT en l/kg)	1276.06
	c. Eficiencia del uso del agua (EUA en kg/m ³)	2.10
	d. Requerimiento del agua de riego (m ³ /ha)	3147.21
	e. Índice de área foliar	0.12

CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS DEL SISTEMA Y REQUERIMIENTO DE RIEGO DEL CULTIVO

Área efectiva de riego: 180.46 cm²
 Presión promedio: 1.5 m.c.a.
 Eficiencia Agronómica: 90%

Etapa del cultivo	Fenología	Fecha	P. vegetativo		Gasto Lts/area efectiva	Requerim. Riego Neto mm	Riego aplicado m ³ /ha	Evapotra Nsp. mm/ha	Kc
			Intervalo	Días					
Apertura del sistema		14.08.00		1					
Siembra		17.08.00	3	3	2964.05		164.25		
Crecimiento	Germinación	24.08.00	7	10	2119.32	10.57	117.44	1.51	0.53
	Hojas primarias	05.09.00	12	22	6106.40	30.45	338.38	2.53	0.82
	Primera hoja trifoliada	12.09.00	7	29	4113.04	20.51	227.92	2.93	0.88
	Prefloración	20.09.00	8	37	4860.87	24.24	269.36	3.03	0.91
Floración	Floración	02.10.00	12	49	9433.01	47.04	522.72	3.92	1.08
Fructificación	Formación de vaina	12.10.00	10	59	7958.82	39.69	441.03	3.96	1.01
	Llenado de vaina	20.10.00	8	67	7057.97	35.20	391.11	4.40	1.13
Cosecha	Cosecha	16.11.00	27	94	12668.29	63.18	702.00	2.34	0.52
Totales/ Promedios	-	-	-	94	57281.77	270.88	3174.21	3.08	0.86

4.2.1 Del sistema de riego

Presión promedio de trabajo del sistema 1.50 m.c.a.

Caudal promedio exudado: 2.6 lts/m/hora

Tiempo promedio ponderado de funcionamiento del sistema: 2.0 h/día.

Volumen total exudado por área experimental (180.46 m²/120 m lineal de cinta de riego): 57281.8 litros.

Eficiencia de riego del sistema: 90%

4.2.2 De las necesidades hídricas del cultivo

Requerimiento de riego 3174.2 m³/ha

Etapas:

Crecimiento (35 días) 953.1 m³/ha

Floración (12 días): 522.7 m³/ha

Fructificación (18 días): 832.1 m³/ha

Cosecha (27 días): 702.0 m³/ha

Evapotranspiración promedio del cultivo: 2.73 mm/día

Etapas:

Crecimiento: 2.50 mm/día

Floración: 3.92 mm/día

Fructificación: 4.18 mm/día

Cosecha: 2.34 mm/día

Se puede observar que el requerimiento total de agua del cultivo, consume el 30.0% en la etapa de crecimiento, 16.5% en la etapa de floración, 26.2% en la fructificación y 22.1% a la cosecha. El bajo porcentaje dado en la etapa de crecimiento se debió a la temperatura media, alta humedad relativa y a las pocas horas de sol registradas en estas fechas.

4.3 Variables Morfológicas

El cuadro Nro. 07 presenta los resultados del análisis de variancia para cada una de las tres variables morfológicas evaluadas (Altura de planta, Área foliar y Materia seca aérea) en el presente ensayo. Para la variable "Altura de planta" se halló diferencias altamente significativas para el factor Nivel de Fertilización N-P (NN) más no para el factor Modalidad de aplicación de micronutrientes (MM), ni para la interacción (NNxMM). El coeficiente de variabilidad obtenido fue de 10%. Para la variable de "Área foliar" no se encontró diferencia significativa alguna para las tres fuentes de variabilidad.

Los valores obtenidos en general son bajos, debido a los diferentes factores a los que estuvieron expuestas las plantas durante toda la evaluación, como por ejemplo la elevada concentración de sales tanto en el agua de riego como en el suelo.

Padilla (1997) señala, el peso fresco y seco de la planta así como la de la zona aérea y radicular disminuyeron significativamente a medida que aumentaba los niveles de salinidad en tomate.

El coeficiente de variabilidad obtenido para esta variable fue de 34.4% un porcentaje medio para área foliar. Como nuestro objetivo apunta al rendimiento del cultivo se tomó sólo una muestra por subparcela al azar, de tal manera que no se alteren los posibles resultados, por esto los datos obtenidos para esta variable pueden no haber sido de lo más homogéneos.

Para la variable de "Materia Seca Total" se halló diferencias altamente significativas para las tres fuentes de variabilidad: - Niveles de Nitrogeno - Fosforo, Modalidades de aplicación de micronutrientes e Interacciones. El coeficiente variabilidad obtenido fue de 13.2% considerado aceptable por **Calzada, (1981)**.

Variable Morfológicas primarias del Cultivo de Arveja cv Tarma

A. Niveles de Fertilización Nitrogenada - Fosforada

Tratamientos	Niveles N - P ₂ O ₅	Altura de planta (cm)	Área foliar (cm ²)	Materia Seca (g/planta)			
				Hojas	Tallos	Vainas	Total
T0	00 - 00	76.75	164.8	4.32	7.17	12.86	24.35
T1	40 - 40	86.92	193.8	4.70	8.04	16.27	29.02
T2	80 - 60	91.67	220.7	6.91	11.32	18.38	36.55
T3	120 - 80	85.00	176.4	5.41	8.31	16.26	29.98

B. Modalidades de Aplicación con Micronutrientes

Modalidades	Altura de planta (cm)	Área foliar (cm ²)	Materia Seca (g/planta)			
			Hojas	Tallos	Vainas	Total
Testigo	85.25	160.6	5.15	7.89	14.14	27.18
Aplicación foliar	83.46	189.4	5.14	9.02	15.45	29.61
Aplicación al suelo	86.40	216.8	5.72	9.22	18.20	33.13

G.L.	Altura de planta (cm)	Área foliar (cm ²)	Materia Seca (g/planta)			
			Hojas	Tallos	Vainas	Total
Niveles N - P (NN)	3	Ns	**	**	**	**
Modalidades (MM)	2	Ns	ns	ns	**	**
Interacción (NNXMM)	6	Ns	ns	*	ns	**

Gráfico Nro. 01

Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en la Altura de planta del cultivo de arveja cv 'Tarma'



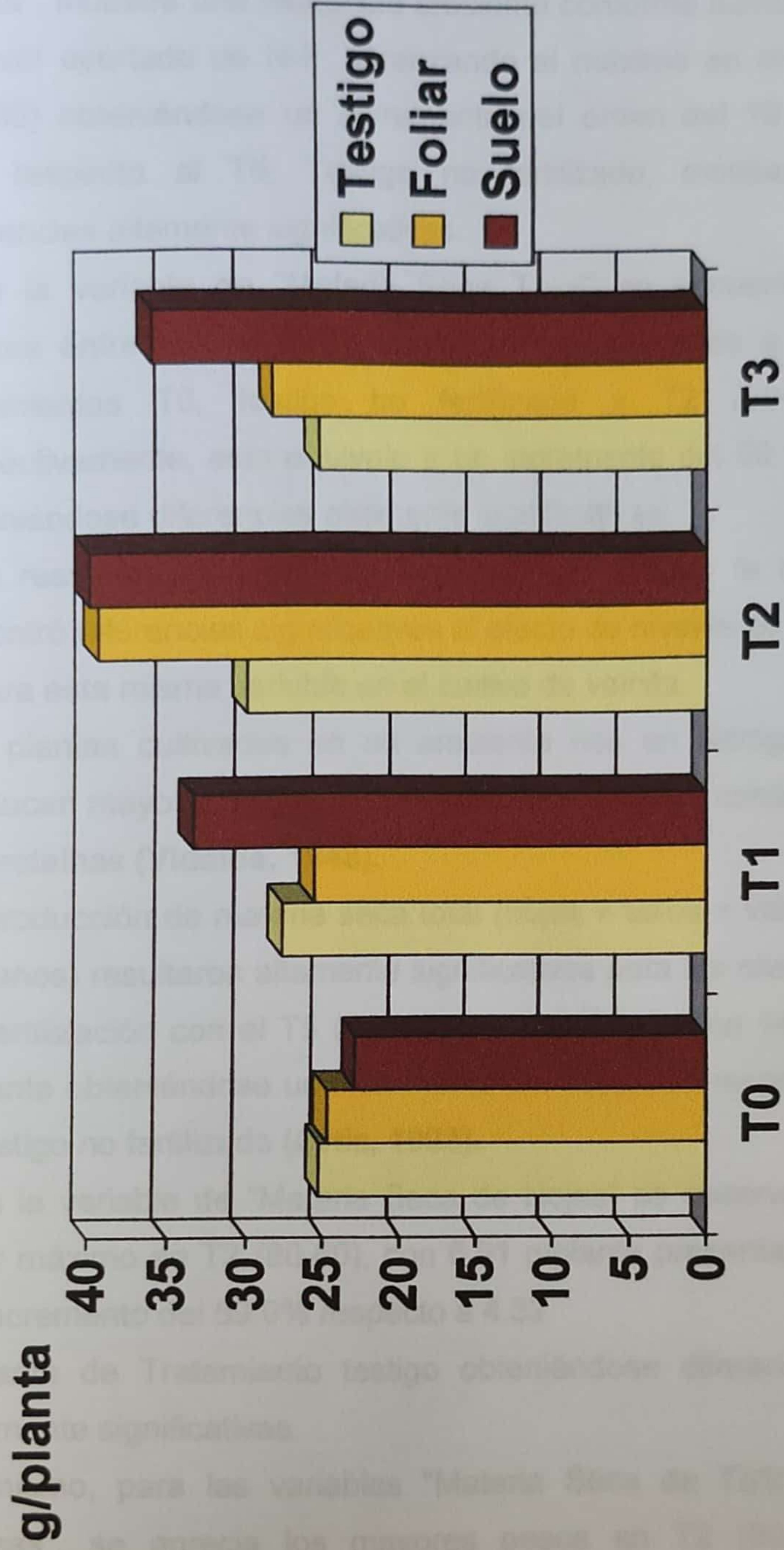
Gráfico Nro. 02

Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en la Area foliar del cultivo de arveja cv 'Tarma



Gráfico Nro. 03

Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en la Materia seca total del cultivo de arveja cv 'Tarma



4.3.1 Efecto de la Fertilización Nitrogenada - Fosforada

El Análisis de Variancia para la variable de "Altura de planta", muestra una tendencia creciente conforme aumenta el nivel aportado de N-P, alcanzando el máximo en el T2 (80-60) obteniéndose un incremento del orden del 19.4% con respecto al T0, Testigo no fertilizado, mostrando diferencias altamente significativas.

Para la variable de "Materia Seca Total" se encuentran valores entre 24.3 y 36.6 g/planta correspondientes a los tratamientos T0, testigo no fertilizado y T2 (80-60) respectivamente, esto equivale a un incremento del 50.1%, obteniéndose diferencias altamente significativas.

Este resultado de corroborado por **Ojeda (1996)**, la cual encontró diferencias significativas al efecto de niveles de N y P para esta misma variable en el cultivo de vainita.

Las plantas cultivadas en un ambiente rico en Nitrógeno producen mayor cantidad de materia seca y mayor cantidad de proteínas (**Vidalós, 1948**).

La producción de materia seca total (hojas + tallos + vainas + granos) resultaron altamente significativos para los niveles de fertilización con el T5 (Premiun 60 - 80 - 80) con 14.98 g/planta obteniéndose un incremento del 46%, con respecto al testigo no fertilizado (**Ortiz, 1993**).

Para la variable de "Materia Seca de Hojas" se observa el valor máximo en T2 (80-60), con 6.91 g/planta presentando un incremento del 59.9% respecto a 4.32

g/planta de Tratamiento testigo obteniéndose diferencias altamente significativas.

Asimismo, para las variables "Materia Seca de Tallos y Vainas", se aprecia los mayores pesos en T2 (80-60) mostrando ambas diferencias significativas con un incremento del orden del 57.7 y 42.5% respectivamente.

4.3.2 Efecto de la Aplicación de Micronutrientes.

En la variable de "Materia Seca Total" se observa un incremento del 21.8% con la aplicación de micronutrientes al suelo con relación a la modalidad sin micronutrientes encontrándose diferencias altamente significativas.

Este resultado es confirmado por **Quispe (2001)** que para la variable de Materia Seca Total observó que los valores más altos se obtienen con el tratamiento con microelementos.

Al probar el efecto del nivel de microelementos en el cultivo de espárrago se encontró que en general para la variable Materia Seca Total el nivel Me2 (6l/ha) muestra un incremento del 21.5% respecto del tratamiento testigo sin microelementos (**Vidal, 2001**).

Para la variable "Materia Seca de Vainas" el Análisis de Variancia muestran diferencias altamente significativas, los valores fluctúan entre 14.1 y 18.20 g/planta correspondiente al testigo sin micronutrientes y a la aplicación de micronutrientes al suelo respectivamente, esto equivale a un incremento del 28.7%.

4.3.3 Efecto de la Interacción

En la variable de "Materia Seca Total" al realizar la Prueba de Efectos simples se observa que los valores más altos se obtuvieron con T2MS (80-60, con aplicación de micronutrientes al suelo) esto equivale aun incremento del 57.9% con relación al testigo (00-00, sin micronutrientes) encontrándose diferencias altamente significativas.

Los pesos siguientes al valor más alto en orden descendiente pertenecen a T2MF (80-60, con aplicación foliar de microelementos), T3MS (120-80, con aplicación de micronutrientes al suelo), y T1MS (40-40, con aplicación de micronutrientes al suelo), lo que tienen en común todos estos tratamientos es que en todas se hace uso de la

Gráfico Nro. 04

Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en la Materia seca hojas del cultivo de arveja cv 'Tarma

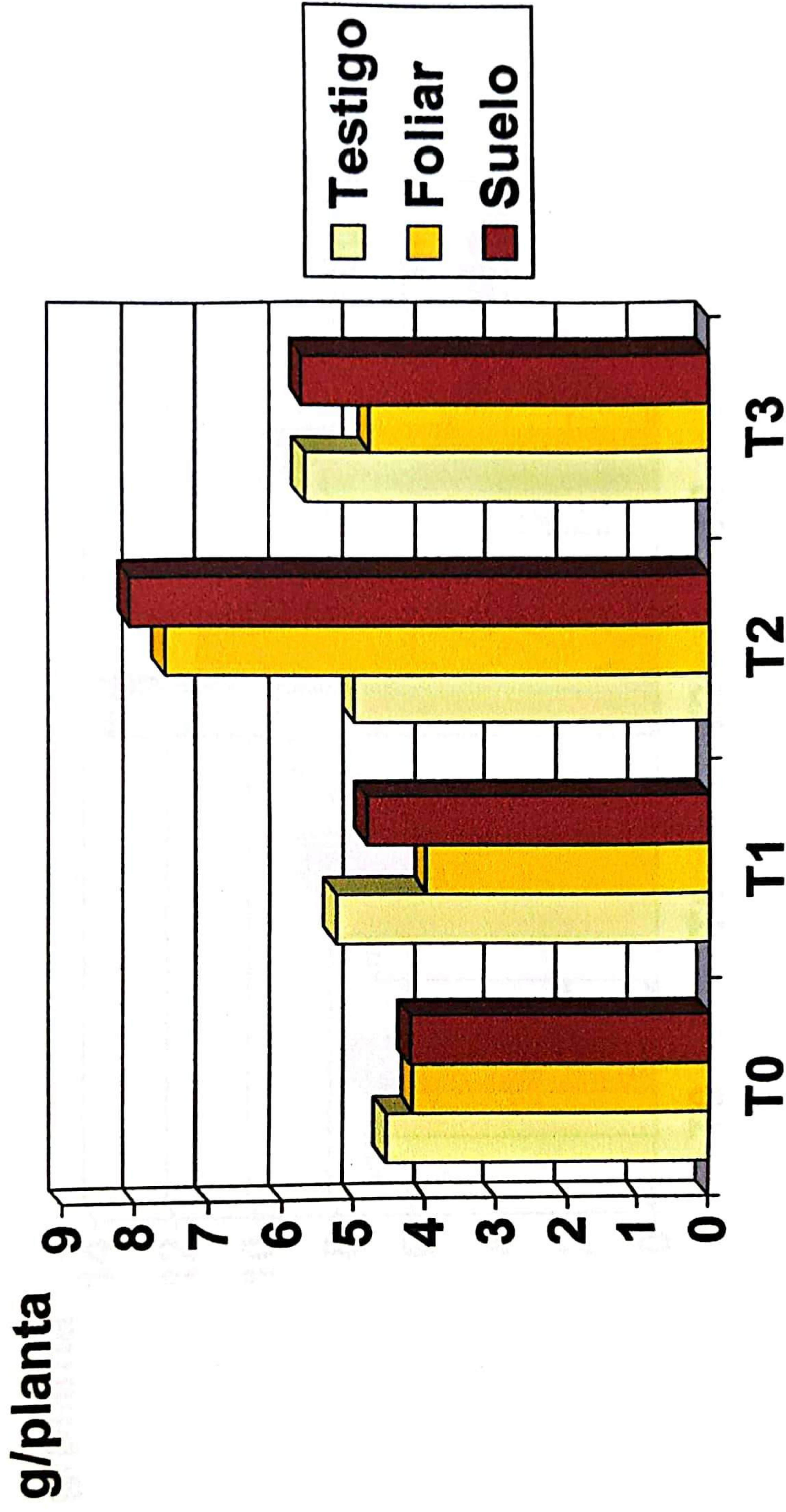


Gráfico Nro. 05

Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en la Materia seca tallos del cultivo de arveja cv 'Tarma

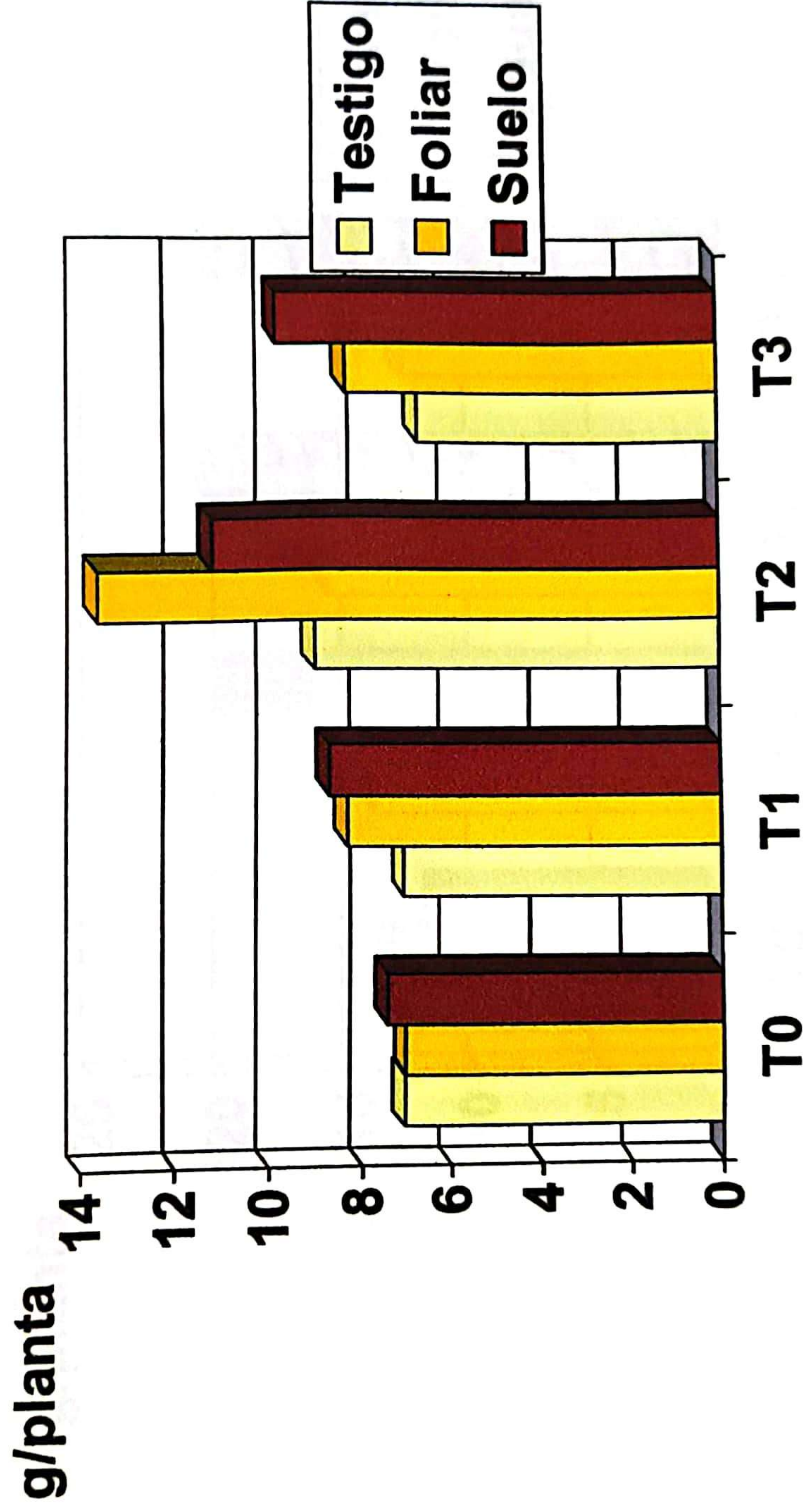
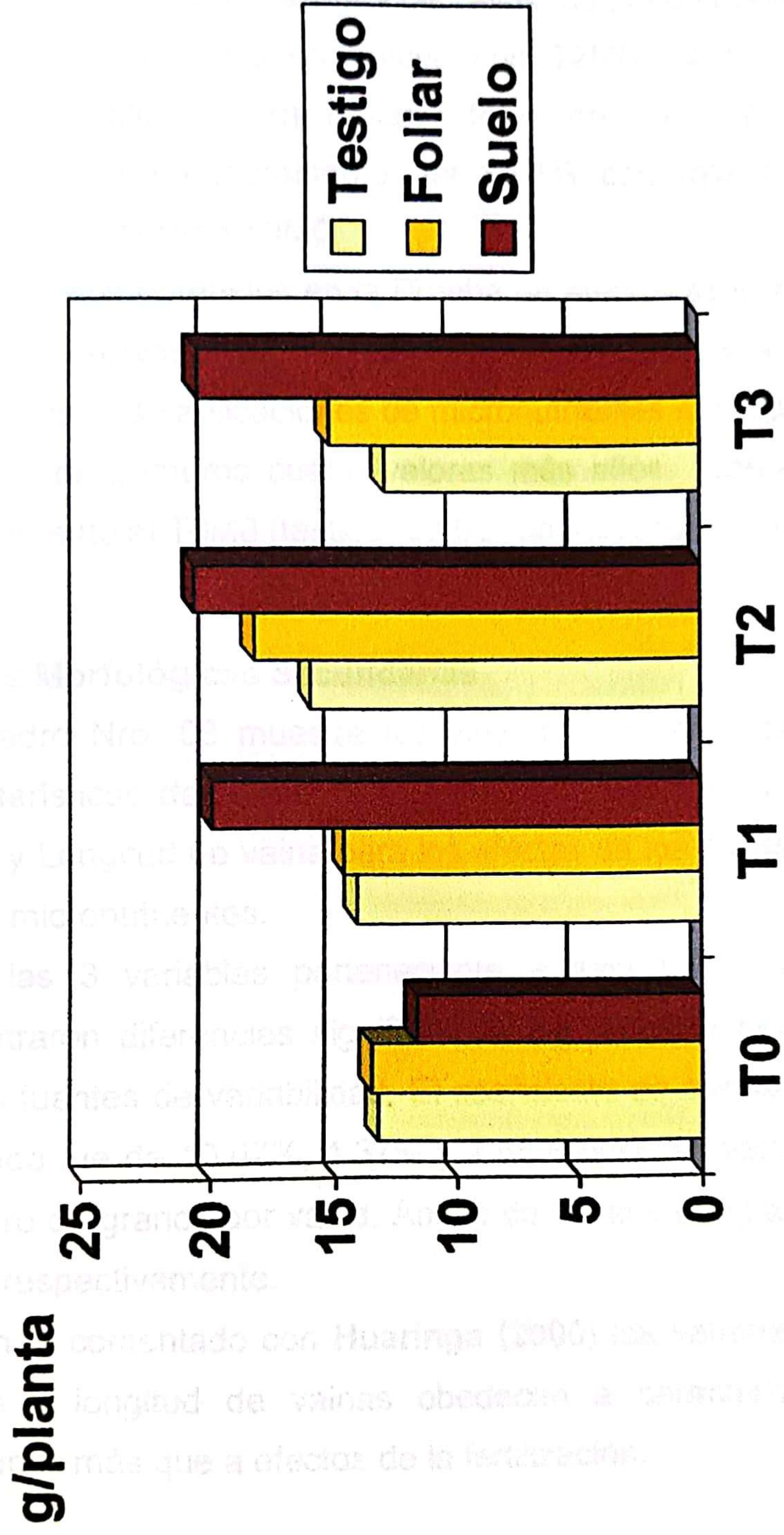


Gráfico Nro. 06

Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en la Materia seca vainas del cultivo de arveja cv 'Tarma



aplicación de micronutrientes en sus diversas modalidades primando la aplicación al suelo.

Para la variable "Materia Seca de Tallos" se puede observar que el valor máximo se obtuvo con T2MS (80-60, con aplicación foliar de microelementos) con 13.7 g/planta obteniéndose un incremento del 83.4% con relación al testigo no fertilizado T0M0.

Por los datos obtenidos en la Prueba de efectos simples se puede observar que el T2 (80-60) en sus diversas modalidades de aplicaciones de micronutrientes son los que ocupan los primeros cuatro valores más altos; superando ampliamente al T0M0 (testigo. 00-00, sin micronutrientes).

4.4 Variables Morfológicas Secundarias

El cuadro Nro. 08 muestra los valores promedios de las características de Número de granos por vaina, Ancho de vaina y Longitud de vaina para los efectos de los niveles de N-P y micronutrientes.

Para las 3 variables perteneciente a este rublo no se encontraron diferencias significativas alguna para ninguna de las fuentes de variabilidad. El coeficiente de variabilidad obtenido fue de 10.07%, 1.37% y 2.68% para las variables Número de granos por vaina, Ancho de vaina y Longitud de vaina respectivamente.

Según lo comentado con **Huaranga (2000)** las variables de ancho y longitud de vainas obedecen a características genéticas más que a efectos de la fertilización.

Variable Morfológicas Secundarias del Cultivo de Arveja cv Tarma

A. Niveles de Fertilización Nitrogenada - Fosforada

Tratamientos	Niveles N - P ₂ O ₅	Número de granos por vaina	Ancho de vaina (cm)	Longitud de vaina (cm)
T0	00 - 00	4.17	1.60	9.16
T1	40 - 40	4.50	1.61	9.61
T2	80 - 60	4.47	1.60	9.52
T3	120 - 80	4.38	1.63	9.77

B. Modalidades de Aplicación con Micronutrientes

Modalidades	Número de granos por vaina	Ancho de vaina (cm)	Longitud de vaina (cm)
Testigo	4.52	1.62	9.68
Aplicación foliar	4.43	1.61	9.56
Aplicación al suelo	4.19	1.60	9.31

Fuentes de Variabilidad	G.L.	Número de granos por vaina	Ancho de vaina (cm)	Longitud de vaina (cm)
Niveles N - P (NN)	3	Ns	ns	ns
Modalidades (MM)	2	Ns	ns	ns
Interacción (NNXMM)	6	Ns	ns	ns

Gráfico Nro. 07

Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en el Número de granos por vaina del cultivo de arveja cv 'Tarma

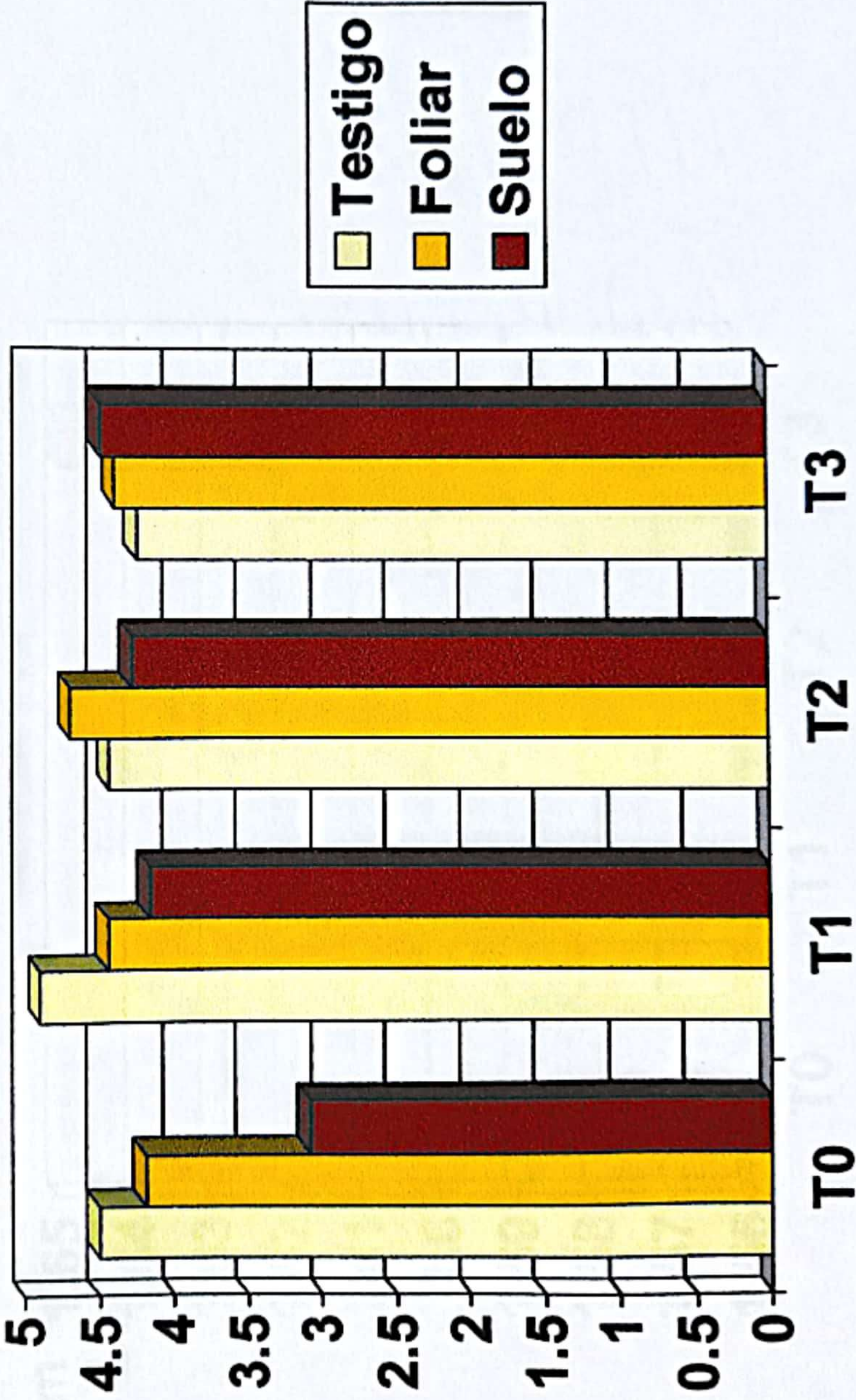


Gráfico Nro. 08

Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en la Ancho de vainas del cultivo de arveja cv 'Tarma

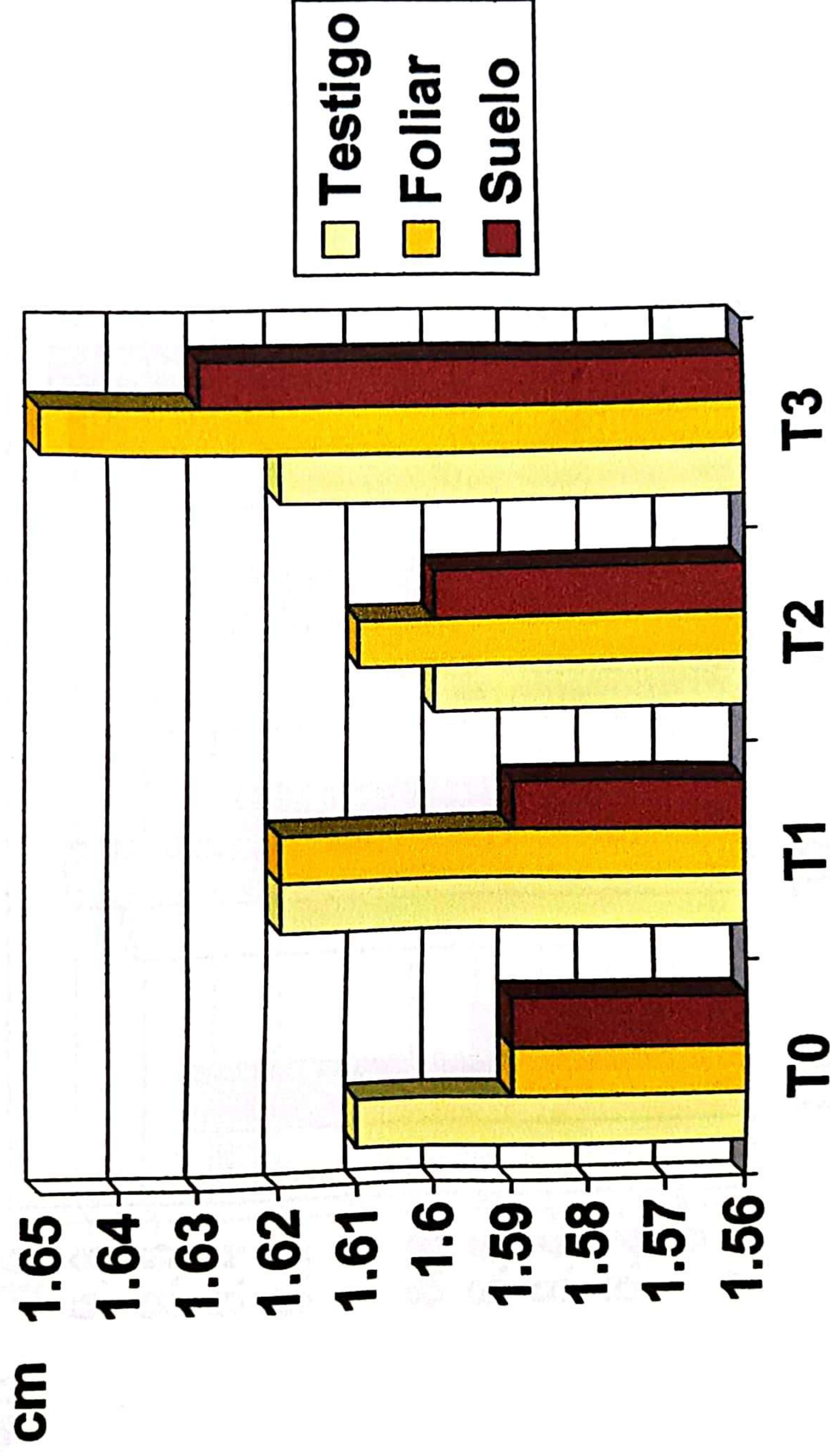
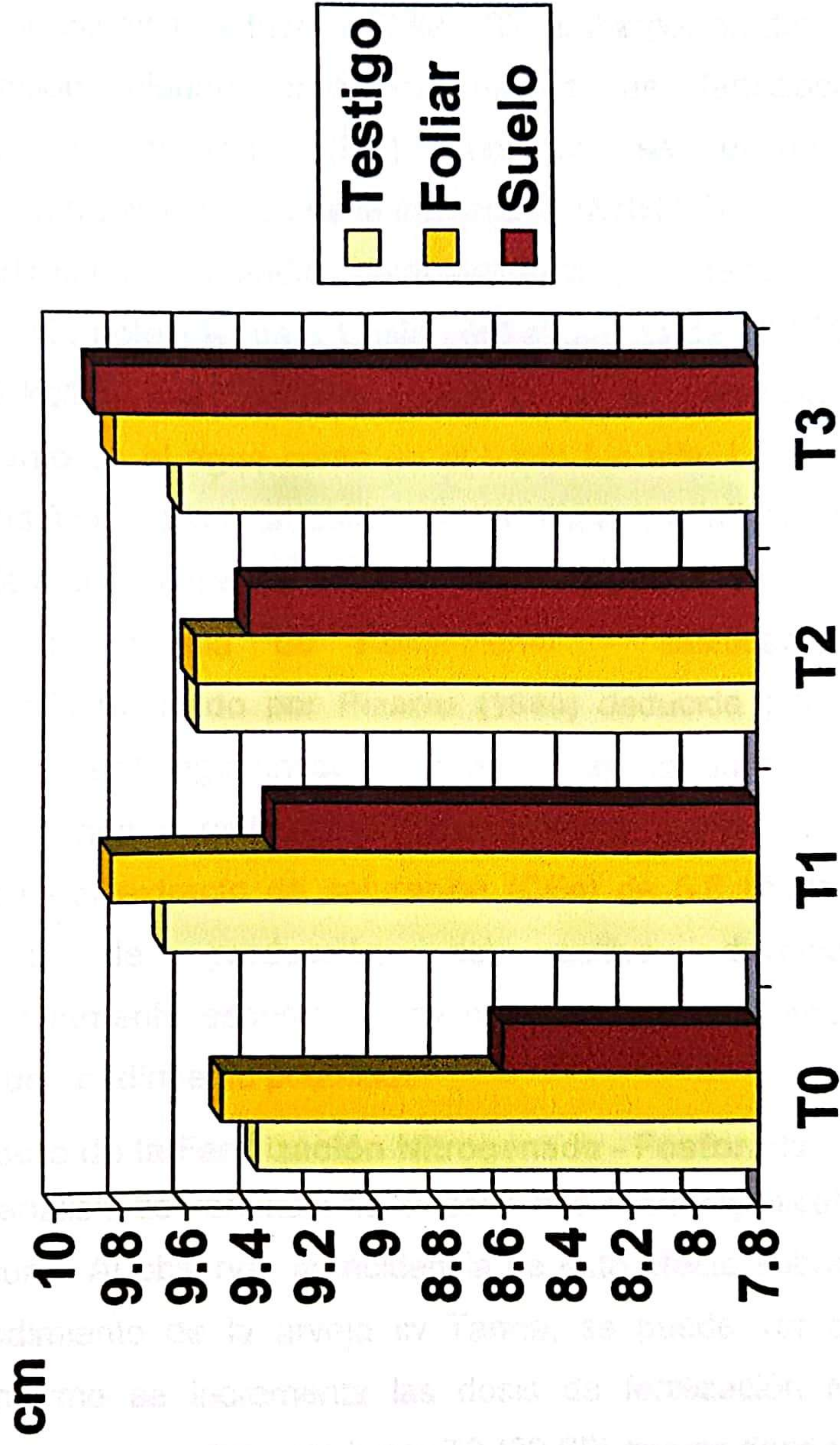


Gráfico Nro. 09

Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en la Longitud de vainas del cultivo de arveja cv 'Tarma



4.5 Rendimiento del cultivo de Arveja cv Tarma

El cuadro Nro. 09 presentan los resultados del análisis estadístico para el rendimiento de arveja. Se observa que existe una respuesta significativa para las modalidades de aplicación de micronutrientes (MM). Sin embargo, no detecta significación alguna para los niveles de fertilización nitrogenada fosforada (NN), tampoco se encuentra significación para el caso de la interacción (NNxMM).

El rendimiento promedio obtenido está por debajo del rendimiento potencial para Costa central que es de 10 000 a 12 000 kg/ha (**Asgrow**) esto debido a que la incidencia de sales tanto en el agua como en el suelo fue alta. La arveja está clasificada como un cultivo no resistente y relativamente sensible a la salinidad (**Cubero, 1983**).

Según la fórmula de Rendimiento – salinidad de Mass-Hoffman citado por **Pizarro (1990)** deducida para el cultivo de frejol, leguminosa que mas semejanza guarda con la arveja; nos permite inferir que con una Conductividad Eléctrica del extracto de saturación (CEe) de 5.6 dS/m, el potencial de producción del cultivo disminuirá significativamente esperando una producción equivalente al 11.6% del rendimiento potencial.

4.5.1 Efecto de la Fertilización Nitrogenada - Fosforada

El análisis de variancia no muestra diferencia significativa alguna. Al observar la incidencia de este efecto sobre el rendimiento de la arveja cv Tarma, se puede ver que conforme se incrementa las dosis de fertilización N-P aumenta el rendimiento hasta T2 (80-60) que es donde se alcanza el mayor valor, produciéndose una ligera caída en el T3 (120-80).

Rendimiento del Cultivo de Arveja cv Tarma

A. Niveles de Fertilización Nitrogenada - Fosforada

Tratamientos	Niveles N - P ₂ O ₅	Rendimiento kg/ha	Incremento (%)
T0	00 - 00	5566.7	100.0
T1	40 - 40	6850.8	123.1
T2	80 - 60	7251.7	130.3
T3	120 - 80	6944.2	124.7

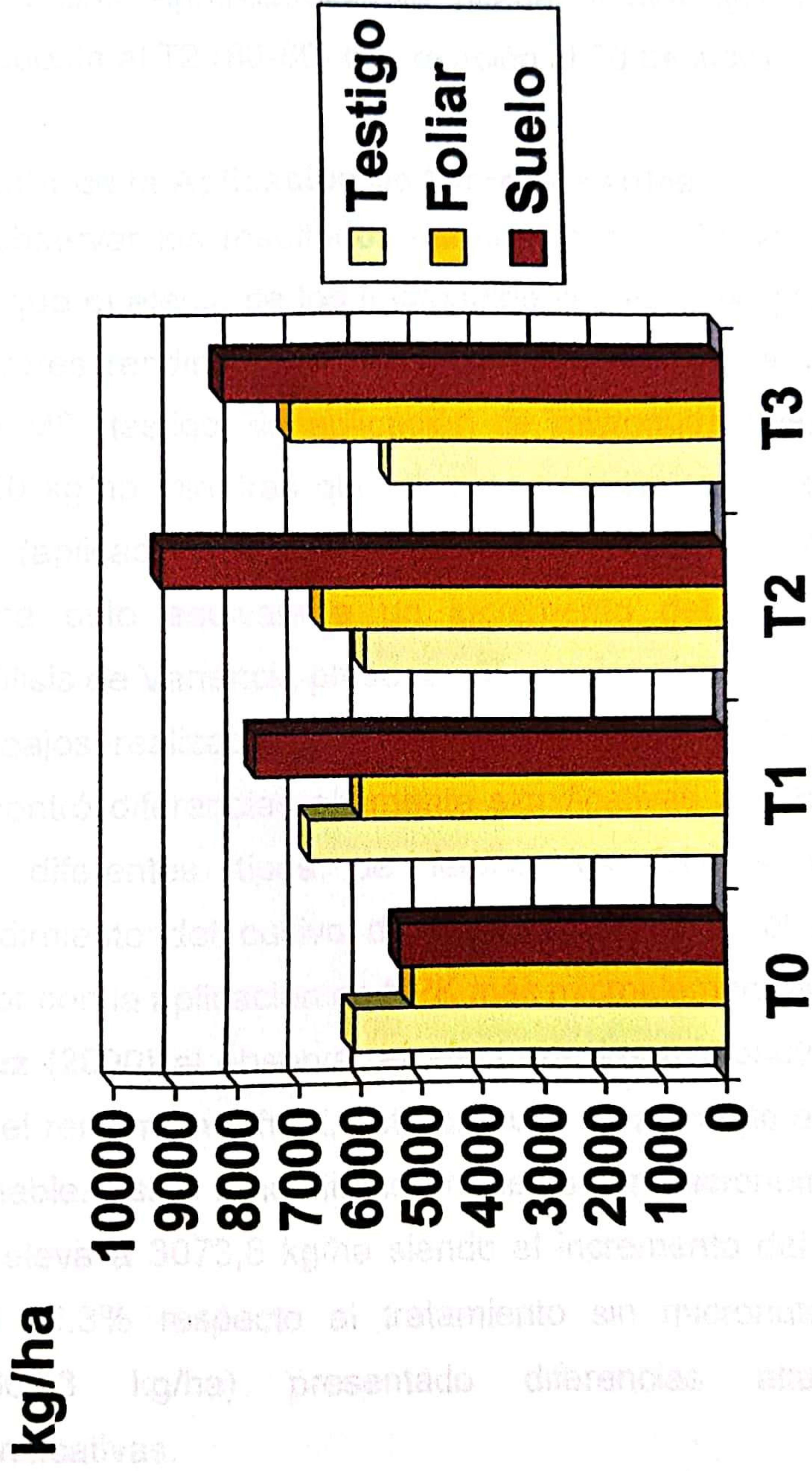
B. Modalidades de Aplicación con Micronutrientes

Modalidades	Rendimiento Kg/ha	Incremento (%)
Testigo	6100.0	100.0
Aplicación foliar	6226.3	102.1
Aplicación al suelo	7633.8	125.1

Fuentes de Variabilidad	G.L.	Número de granos por vaina
Niveles N - P (NN)	3	ns
Modalidades (MM)	2	*
Interacción (NNXMM)	6	ns

Gráfico Nro. 10

Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en la Rendimiento del cultivo de arveja cv 'Tarma



Los valores para esta variable van desde 5566.7 kg/ha hasta 7251.7 kg/ha correspondiente al T2 (80-60) y al T0 (testigo) respectivamente; siendo el incremento del orden del 30.3%. Este resultado a pesar de no presentar diferencias significativas, se puede afirmar que existe respuesta al T2 (80-60) con relación al T0 (testigo).

4.5.2 Efecto de la Aplicación de Micronutrientes

Al observar los resultados del cuadro Nro. 09 se puede ver que el efecto de los micronutrientes es el de producir mayores rendimientos. Así el valor más bajo se obtuvo con M0 (testigo sin aplicación de micronutrientes), con 6100 kg/ha mientras que el mayor rendimiento fue para MS (aplicación de micronutrientes al suelo) con 7633.8 kg/ha esto equivale a un incremento del 25.1%. El Análisis de Variancia presenta diferencias significativas.

Trabajos realizados como el de **Barriga (1999)** donde encontró diferencias altamente significativas a efecto de los diferentes tipos de fertilizantes foliares en el rendimiento del cultivo de vainita, mostrando el mayor valor con la aplicación de NPK más microelementos.

Cruz (2000) al observar el efecto de los micronutrientes en el rendimiento fríjol, este produce un aumento en esta variable. Así el rendimiento promedio con micronutrientes se eleva a 3073,6 kg/ha siendo el incremento del orden del 15.3% respecto al tratamiento sin micronutrientes (2666,3 kg/ha) presentado diferencias altamente significativas.

La aplicación de microelementos a niveles crecientes respecto al tratamiento testigo sin microelementos determina que el valor más elevado en el rendimiento total se presenta a nivel del tratamiento Me2 (6l/ha) elevándose la producción de espárrago verde y siendo

los incrementos respecto al nivel Me1 (3 l/ha) del 6.6% y del 13.3% respecto al tratamiento testigo sin microelementos, estableciéndose una tendencia lineal creciente en el rendimiento a la fertilización con microelementos (**Vidal, 2001**).

Los mayores valores en el rendimiento total y rendimiento comercial presentan bajo las condiciones del tratamiento con microelementos (**González, 2001**)

4.6 Componentes del Rendimiento

El cuadro Nro. 10 muestra los valores para los componentes del rendimiento: Número de vainas por planta y Peso promedio de vainas.

La variable "Número de Vainas por Planta" no muestra diferencias significativas para los niveles de fertilización nitrogenada fosforada (NN) y para la interacción (NNxMM), sin embargo para las modalidades de aplicación de micronutrientes presenta diferencias altamente significativas. El coeficiente de variabilidad es de 23.3%

Para la variable "Peso Promedio de Vainas" no se muestran diferencias significativas para ninguna de las fuentes de variabilidad.

4.6.1 Efecto de la Fertilización Nitrogenada - Fosforada

La variable de "Número de vainas por Planta" no presenta diferencias significativas pero podemos notar que existe un incremento lineal hasta el T2 (80-60), repitiéndose el mismo patrón presentado en la mayoría de variables evaluadas en el presente ensayo, para después tener una baja en el T3 (120-80).

Los valores varían entre 15.3 a 12.5 vainas pertenecientes al T2 (80-60) y T0 (testigo)

Componentes del Rendimiento del Cultivo de Arveja cv Tarma

A. Niveles de Fertilización Nitrogenada - Fosforada

Tratamientos	Niveles N - P ₂ O ₅	Número de vainas por planta	Peso promedio de vainas (g/planta)
T0	00 - 00	12.53	4.62
T1	40 - 40	14.63	4.81
T2	80 - 60	15.37	5.30
T3	120 - 80	13.88	5.18

B. Modalidades de Aplicación con Micronutrientes

Modalidades	Número de vainas por planta	Peso promedio de vainas (g/planta)
Testigo	6100.0	100.0
Aplicación foliar	6226.3	102.1
Aplicación al suelo	7633.8	125.1

Fuentes de Variabilidad	G.L.	Número de granos por vaina
Niveles N - P (NN)	3	ns
Modalidades (MM)	2	*
Interacción (NNXMM)	6	ns

Gráfico Nro. 11

Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en la Número de vainas por planta del cultivo de arveja cv 'Tarma

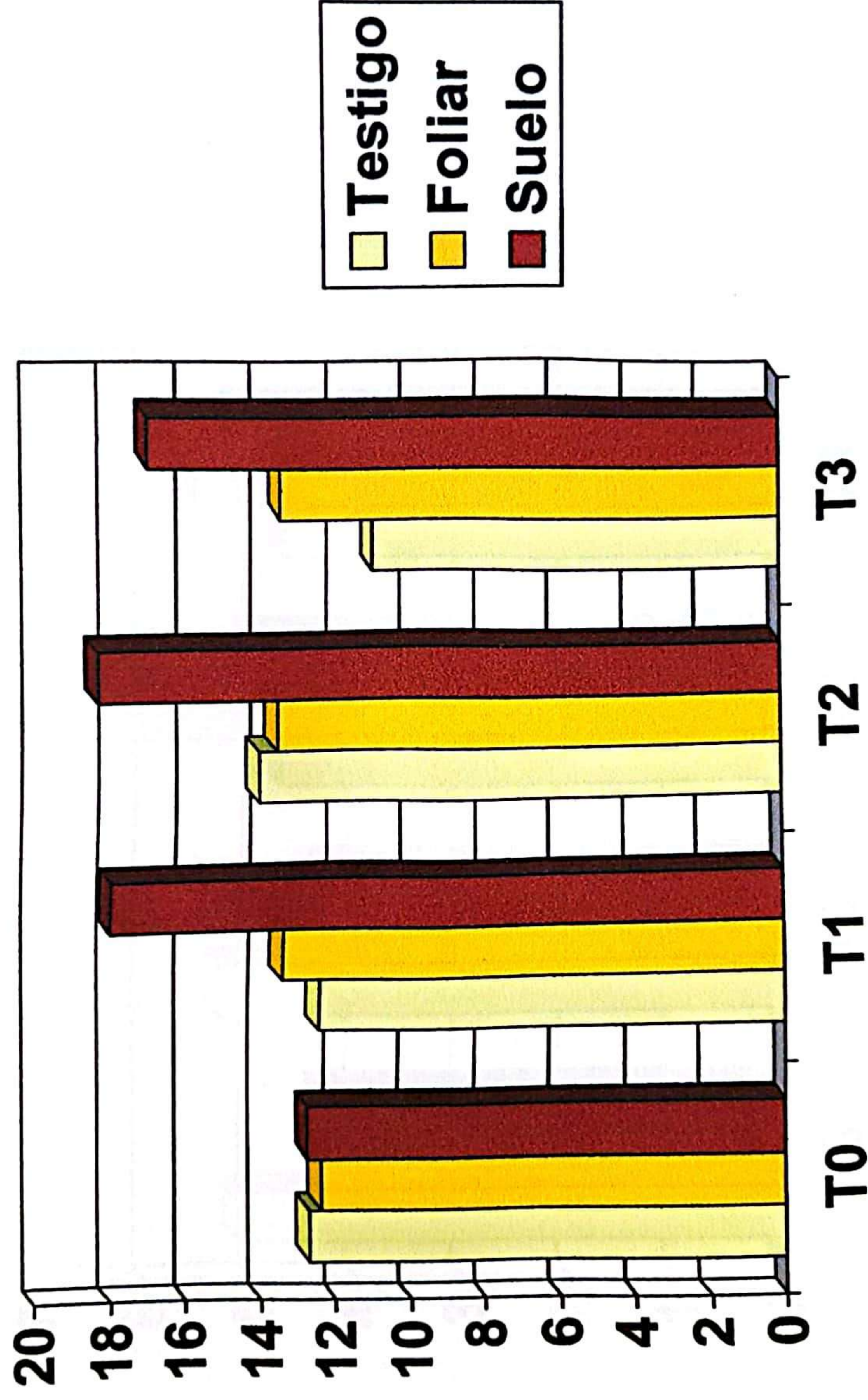
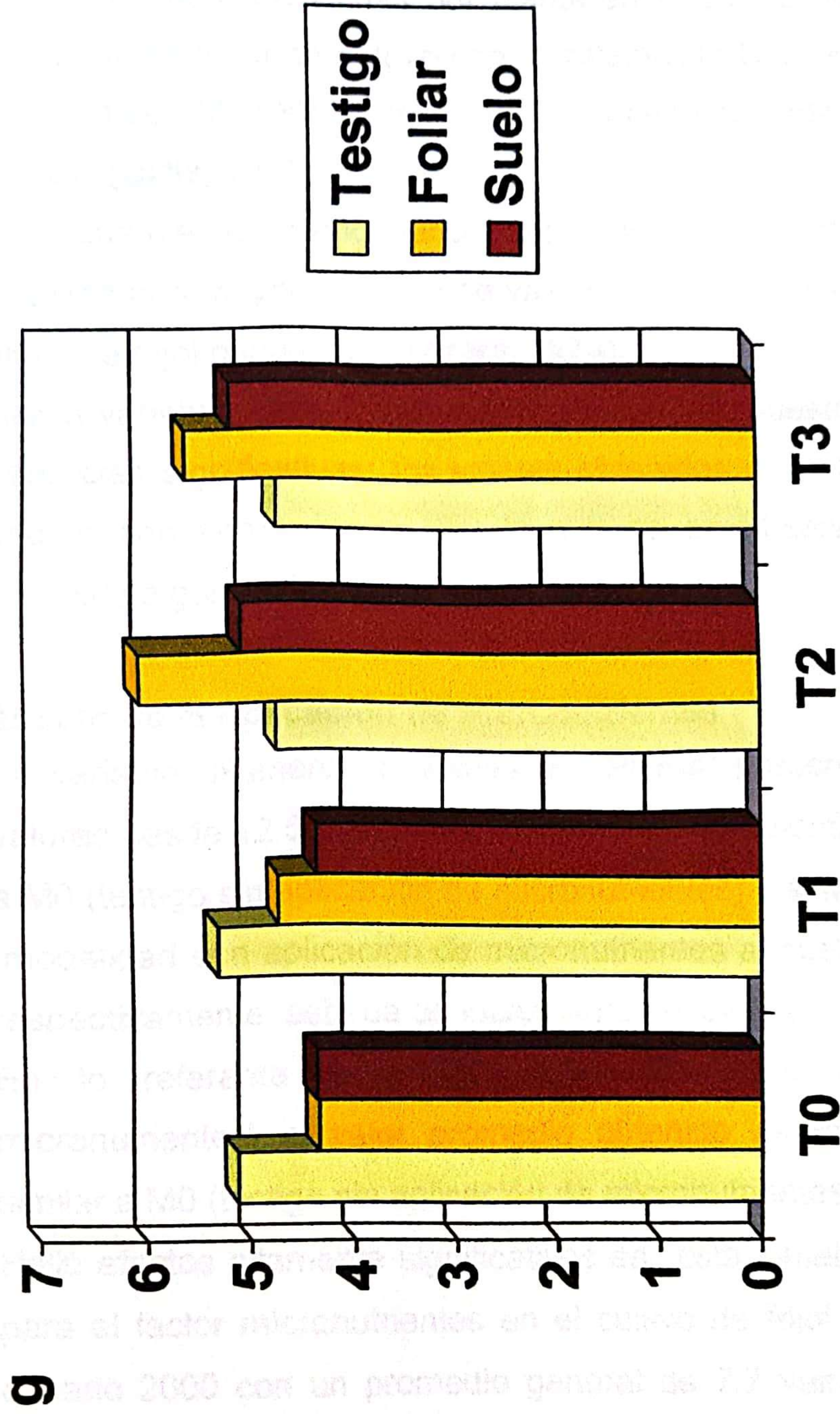


Gráfico Nro. 12

Efecto de la fertilización N-P y la aplicación de micronutrientes al suelo y foliar en el Peso promedio de vainas del cultivo de arveja cv 'Tarma



9

para el factor micronutrientes en el cultivo de arveja cv 'Tarma' en el año 2000 con un promedio general de 7.7 vainas por planta (Cruz, 2000).

El efecto de la aplicación de micronutrientes a través de la fertilización foliar y al suelo en el cultivo de arveja cv 'Tarma' en el año 2000, mostró diferencias altamente significativas para la variable número de frutos por planta mostrando el mayor valor al tratamiento con micronutrientes (González, 2004).

respectivamente. Esto equivale a un incremento del 22.3%.

A pesar de no hallarse diferencias significativas para la variable Número de vainas por planta en el cultivo de frijol el mayor valor se obtuvo con el tratamiento Nro. 06 (Premiun 80-100-100) habiendo un incremento del orden del 62% **(Ortiz, 1993)**.

El abonamiento nitrogenado hace que la planta produzca una mayor cantidad de vainas por planta en el cultivo de frijol panamito **(Cabrera, 1974)**.

Para la variable "Peso Promedio de Vainas" no muestra diferencias significativas; los valores obtenidos en esta variable son homogéneos, por lo que no se observa respuesta alguna a los diferentes tratamientos.

4.6.2 Efecto de la Aplicación de Micronutrientes

La variable "Numero de Vainas por Planta" presenta valores desde 12.5 hasta 16.4 vainas correspondientes a M0 (testigo sin aplicación de micronutrientes) y al MS (modalidad con aplicación de micronutrientes al suelo) respectivamente, esto da un incremento del 54.6%.

En lo referente a la MF (aplicación foliar de micronutrientes) el valor promedio obtenido es muy similar a M0 (testigo sin aplicación de micronutrientes).

Halló efectos altamente significativos en esta variable para el factor micronutrientes en el cultivo de frijol cv canario 2000 con un promedio general de 7.7 vainas por planta **(Cruz, 2000)**.

El efecto de la aplicación de micronutrientes muestra diferencias altamente significativas para la variable Número de frutos por planta mostrando el mayor valor el tratamiento con micronutrientes **(González, 2000)**.

4.7 Análisis económico del Cultivo de Arveja cv Tarma

El Cuadro Nro. 11 muestra los costos de Producción para el cultivo de Arveja cv Tarma. Los Gastos están divididos en tres rubros. El primero, Gastos del cultivo, aquí se consideran los costos de mano de obra en jornales y horas tractor, esto equivale al 25.5% de los gastos totales. Los Gastos especiales constan de los costos de insumos que significa el 58.3% del valor de la inversión total y finalmente los Gastos generales que incluyen los gastos administrativos, financieros, imprevistos y leyes sociales esto representa el 16.2% del total gastado.

Este análisis se realizó en base al mayor rendimiento obtenido (Aplicación media de N-P (80-60-40) con micronutrientes al suelo), que fue de 9207.5 kg/ha por lo que a un precio de \$0.29 por kg de arveja verde se tuvo un valor de \$2670.2; la Utilidad neta obtenida de esta producción fue de \$1021.1.

CUADRO Nro. 11

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARVEJA CV TARMA

Resumen de costos y gastos generales

I.	Gastos del cultivo	405.14
II.	Gastos especiales	925.12
III.	Gastos generales	256.12
Costo producción total		1586.38

Valoración de la cosecha

	Unidades	Precio por kg (\$)	Total
Rendimiento probable kg/ha	9207.5	0.29	
Valor bruto de la producción			2760.18

Análisis económico

Valor bruto de la producción	2670.18
Costos de producción total	1586.38
Utilidad bruta de la producción	1083.80
Precio promedio de venta por kg	0.29
Costo de producción por kg	0.19
Margen de utilidad por kg	0.10
Indice de rentabilidad	52.63%

V. CONCLUSIONES

- ♦ Durante los 92 días que duró el ciclo vegetativo del cultivo de arveja var. Tarma, con una población media de 83 000 plantas/ha; el rendimiento promedio obtenido fue de 6653.4 kg/ha. Las variables morfológicas presentaron: una altura de planta promedio de 85.0 cm, los pesos secos promedio para hojas, tallos y vainas fueron 5.3, 8.7 y 15.9 g/planta respectivamente. Asimismo el peso seco total promedio fue de 29.9 g/planta.
- ♦ El requerimiento de riego bajo R.L.A.F.: exudación para el cultivo durante todo el periodo vegetativo fue de 3174.2 m³/ha. Durante las etapas fenológicas se consumió: crecimiento; 953.1 m³/ha, floración, 522.7 m³/ha fructificación 832.1 m³/ha, y cosecha, 702.0 m³/ha.
- ♦ Los valores para los principales parámetros agronómicos del cultivo alcanzan en promedio: un índice de cosecha (I.C) de 53.1 % un coeficiente de transpiración (C.T) de 1276.1 l/kg y una eficiencia de uso del agua (EUA) de 2.1 kg/m³
- ♦ El incremento de los niveles de fertilización N - P produjo diferencias estadísticamente significativas en los valores de altura de planta, materia seca de hojas, tallos, vainas y total y no significativos para área foliar. Hallándose una relación directa entre los niveles N-P y todas las variables mencionadas.

- ◆ En cuanto al efecto de los micronutrientes, se producen incrementos estadísticos altamente significativos en las variables materia seca de vainas y total.
- ◆ Para el caso de la interacción se obtuvo diferencias significativas para la variable de materia seca de tallos y altamente significativa para materia seca total.
- ◆ Las variables morfológicas secundarias no detectaron diferencias significativas tanto para los niveles de fertilización N-P como para las modalidades de aplicación de micronutrientes.
- ◆ Respecto al rendimiento, en el análisis de variancia se encontró diferencias altamente significativas para el factor modalidades de aplicación de micronutrientes, no hallándose significación estadística tanto para los niveles de fertilización N-P como para la interacción de ambos factores.
- ◆ Para el rendimiento, el menor valor se presentó para T0MF (00-00, aplicación de micronutrientes foliar) con 5175 kg/ha y el mayor perteneció a T2MS (80-60, aplicación de micronutrientes al suelo) con 9207.5 kg/ha que es 65.4% mayor respecto al testigo no fertilizado.
- ◆ El efecto de la salinidad por parte del suelo como del agua de riego sobre el componente del rendimiento para el cultivo de arveja en vaina verde es notorio por encontrarse el promedio (6653.3 kg/ha) por debajo del rendimiento potencial (10000 - 12000 kg/ha) para el cultivo en condiciones de costa central. También se puede inferir según la fórmula de Mass-Hoffman para el cultivo de frejol, con una conductividad eléctrica de 5.6 dS/m, el potencial

de producción del cultivo disminuye significativamente teniendo una producción equivalente al 11.6% del rendimiento potencial.

- ♦ Los Componentes del rendimiento no muestran respuestas estadísticamente significativas para los Niveles ascendentes de N-P, mientras que para las modalidades de aplicación de micronutrientes, sólo la variable número de vainas por planta presenta diferencias altamente significativas.
- ♦ El análisis económico muestra que T2MS (Nivel de fertilización media 80-60-40, con aplicación de micronutrientes al suelo) y con un rendimiento de 9207.5 kg/ha obtuvo un índice de rentabilidad del 40.6%.

BIBLIOGRAFIA

1. ACERO CH. (2000) Efecto de la fertirrigación NPK en base a la técnica del elemento faltante, con y sin micronutrientes en el rendimiento de pallar (*Phaseolus lunatus* L) cultigrupo Sieva. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú
2. BARCELÓ C. J. (1995) Fisiología Vegetal. Ed. Pirámide S.A. Madrid España.
3. BARRIGA D. A. (1999) Efecto de la fertilización Nitrogenada y foliar en el rendimiento del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L) cv. BBL 92. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú
4. BEAR E. F. (1963). Suelos y Fertilizantes. Ed. Arancibia. Barcelona - España.
5. BENNET W. (1994). Nutrient deficiencies and toxicities in crops plants. The American Phytopathological Society. Minnesota - EEUU.
6. BIDWELL R. G. (1993). Fisiología Vegetal. Ed. Editor S.A. México
7. BRADY N. C. (1984) The Nature and properties of soils. Macmillan Publishing Company, New York - EEUU.
8. CABRERA B. J. (1974) Respuesta del frijol panamito mejorado en los resultados sanilac y frarie a la aplicación de fertilizantes inorgánicos a base de NPK y sus interacciones. Tesis para

optar el título de Ingeniero Agrónomo. Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.

9. CADAHIA C. (1998) Fertirrigación, cultivos hortícolas y ornamentales. Ed. Mundi Prensa. España.
10. CALZADA B. (1982) Métodos Estadísticos para la Investigación. Ed. Milagros. Lima - Perú.
11. CASTAÑON G. (2000) Ingeniería del riego, utilización racional del agua. Ed. Parainfo Thompson Learning. España.
12. CRUZ B.I. (2000). Efecto de la fertilización fosforada con y sin micronutrientes en el rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) cv. Canario 2000 bajo RLAF: goteo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
13. CUBERO J. 1. (1983). Leguminosas de grano. Ed. Mundi - Prensa. Madrid, España.
14. DOMINGUEZ A. V. (1984). Tratado de fertilización. Ed. Mundi - Prensa. Madrid España.
15. DOMINGUEZ A. (1993). Fertirrigación. Ed. Mundi - Prensa, España
16. DUNCAN A. (1960). Commercial Production of pole snap - beans extension. Bulletin 687. Oregon, EEUU.
17. FASSBENDER H. W. (1975). Química de suelos. IICA, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Costa Rica

18. FRITZ A. (1978). Foliar fertilization A technique for improved. Coop. Production Limburgerhof. Federal republic of Germany en Act Hort.
19. FUENTES Y. JL. (1999) Manual práctico del manejo del suelo y de los fertilizantes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ed. Mundi Prensa, España.
20. FUNIDACÃO CARGILL (1982). Micronutrientes. Brasil
21. GONZALES, L. Andrés (2001). Efecto de la fertilización Nitrogenada - Potásica y de la aplicación de microelementos en el rendimiento de cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L) para encurtido cv National Pickling bajo RLAF: goteo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
22. GROS A. (1992). Abonos, Guía Práctica de la fertilización. Ed. Mundi - Prensa. Madrid -España.
23. GUARDIOLA B. (1990). Fisiología Vegetal I. Nutrición y transporte. Ed. Síntesis. Madrid -España.
24. GUERRERO A. (1990). El suelo, los abonos y la fertilización de cultivos. Ed. Mundi Prensa. España.
25. HANSON B. (1999) Agriculture Salinity and Drainage. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3375. University of California Irrigation Program. Davis.

26. HURTADO L. (2001), Degradación de los suelos por Salinidad y Alcalinidad. Separata del curso de suelos áridos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú
27. INIAA (1990). Primera Reunión Bianual del Programa de Investigación.
28. JACOB A. Y VEXKUL V. (1973). Fertilización, nutrición y abonamiento de los cultivos tropicales. Cuarta edición. Ed. Euroamericana. Barcelona - España.
29. KAY D. E. (1979) Legumbres alimenticias. Ed. Acribia S.A. España.
30. KNITTEL H. (1988). Placement of solid fertilizers in agricultural crops, A review proceeding the Fertilizer Society Nro. 173
31. KRARUP C. (1993) Cultivo de arveja china. Fac. Cs. Agr. y For. Universidad de Chile. Santiago - Chile.
32. LOPEZ E. C. J. (2000) Pérdida de agua en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) cultivada en suelos salinos bajo condiciones de estrés de agua. Tesis para optar el título de Ingeniero Meteorólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina.
33. LOUÉ A. (1988). Los Microelementos en Agricultura. Ed. Mundi-Prensa, España.
34. MAROTO B. (1983). Horticultura herbácea especial. Ed. Mundi-Prensa. España.

35. MASS E. (1990) Crop salt tolerance. In; Agricultural Salinity Assessment and Management. Ed. K.K. Tanji. Amer. Soc. of Civil Eng. Man and Rep on Eng, Nro. 71
36. MONTES (1999). Efecto de la fertilización nitrogenada de (*Phaseolus vulgaris* L) XII Reunión nacional de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal. Sevilla - España.
37. MOYA J. A. (1994). Riego Localizado y fertirrigación. Ed. Mundi-Prensa, España.
38. OJEDA N. M. (1996). Efecto de la fertilización nitrogenada y fosforada en el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L) Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina.
39. OLIVEIRA I. P. (1972). Efecto de macro y micronutrientes en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en lactosol vermelho oscuro. Reunión Anual de Investigación del frijol.
40. OLIVERA (1972). Comparativo de rendimiento de 18 cultivares de frijol de grano Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina.
41. ORTIZ L. M. (1993). Efecto de los diferentes niveles de fertilización NPK con fertilizantes compuestos con micronutrientes en el rendimiento de 2 cultivares de frijol. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú
42. PACHECO S. R. (1996). Efecto de la fertilización potásica y de la foliar suplementaria en el rendimiento de melón (*Cucumis*

melo L) cv galeao bajo RLAF: exudación, Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

43. PADILLA M. S. G. (1997) Efecto de la salinidad del agua de riego aplicado por goteo en un suelo de arena en el rendimiento y calidad de tomate. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
44. PERALES A. (1999) Absorción de fósforo por el cultivo de arveja bajo 6 niveles de fosfohumus. Tesis para optar el grado académico de Magíster Scienticae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
45. PEREZ C. (1991) Fisiología vegetal, nutrición inorgánica. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco. Cuzco - Perú.
46. PIZARRO F. (1990). Riegos localizados de alta frecuencia, goteo, microaspersión, exudación. Ed. Mundi-Prensa, España.
47. PRIMO E. Y. (1981). Química Agrícola. Ed. Alambra. España.
48. RAIJ B. V. (1991) Fertilidade do solo e adubacao. Ed. Agronómica Ceres Ltda. e Potafos. Brasil.
49. REEVE R.C. Y FIREMAN M. (1967) Salt problems in relation to agriculture. In irrigation of Agricultural Lands. Ed. R.M. Hagan, H.R. Haise and T.J. Edmisnter. Am. Soc. Agron. Madison

50. RODRIGO L., Hernández A., Pérez R., Gónzales H. (1997) Riego Localizado. Segunda Edición. Ed. Mundi-Prensa. España.
51. ROJAS G. (1993). Fisiología vegetal aplicada. Cuarta edición, Interamericana Mc graw - Hffl. México.
52. ROJAS h. (1999). Efecto de la fertilización NPK en 4 cultivares de arveja china (*Pisum sativun var Saccharatum*) bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
53. SALCEDO V. A. (1990). Métodos estadísticos. CONCYTEC. Lima-Perú.
54. SALISBURY F. B. (1994). Fisiología vegetal. Grupo editorial Iberoamericana S.A.. Cuarta edición. California, EEUU.
55. TISDALE S. Y WERNER L. N. (1991). Fertilidad de los suelos y fertilizantes Ed Limusa S.A., México.
56. VARGAS, E. H. (1997). Efecto de la fertilización NPK y de la densidad de siembra en el rendimiento del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L) cv. "Bush Blue Lake 47" bajo RLAF: exudación. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
57. VIDAL M. E. (2001) Efecto de la relación Calcio - Microelementos en el Rendimiento de espárrago verde (*Asparagus officinalis* L) cv. VC-157-FI bajo RLAF: cintas de goteo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú

58. VIDALOS G. L. (1948). Producción y Composición de arvejas en relación a la fertilización con Nitrógeno, Calcio, y Potasio. Lima – Perú
59. VILCAPOMA G. (1991) Manual de Botánica Sistemática. Departamento Académico de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú
60. VILLAGARCIA S y AGUIRRE (1994) Manual de uso de fertilizantes. Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento de Suelos y Fertilización. Perú

ALTURA DE PLANTA (cm)

TRAT	MS	MF	MO	PROMEDIO
T0	69.75	73.13	82.00	76.96
T1	92.75	80.50	87.50	86.92
T2	96.00	30.25	88.75	91.67
T3	80.00	84.00	91.38	85.13
PROMEDIO	84.63	83.47	87.41	

Cuadro de Análisis de Variancias

K Valores	Fuentes	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio	Valores F	
1	Bloques	3	271.356	90.452	1.2499	
2	MM	2	74.582	37.291	0.5153	ns
4	MMXNN	3	1385.956	461.985	6.3839	**
6	MMXNN	6	446.512	74.419	1.0283	ns
-7	Error	33	2388.114	72.367		
Total		47	4566.519			

Coefficiente de variabilidad: 10.00%

Prueba de Duncan

Orden original

T0 = 76.75 B
 T1 = 86.92 A
 T2 = 91.62 A
 T3 = 95.00 A

Orden ranqueado

T2 = 91.62 A
 T1 = 86.92 A
 T3 = 85.00 A
 T4 = 76.75 B

AREA FOLIAR (cm²/planta)

TRAT	MS	MF	MO	PROMEDIO
T0	146.00	95.00	88.80	109.93
T1	170.90	110.90	145.60	142.47
T2	228.30	175.00	106.60	169.97
T3	148.30	138.30	138.40	141.67
PROMEDIO	173.38	129.80	119.85	

Cuadro de Análisis de Variancias

K Valores	Fuentes	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio	Valores F	
1	Bloques	3	834.137	278.046	0.066	
2	MM	2	25228.578	12614.289	2.9926	ns
4	MMXNN	3	21258.714	7086.238	1.6811	ns
6	MMXNN	6	12879.687	2146.615	0.5093	ns
-7	Error	33	139099.342	4215.132		
Total		47	199300.458			

Coeficiente de variabilidad: 34.36%

ANALISIS DE EFECTOS SIMPLES

ANVA ($\alpha = 0.05$)

FV GL Promedio Significación

E. simples MM

FV	GL	Promedio	Significación
MM (T0)	2	6.053	.
MM (T1)	2	64.226	*
MM (T2)	2	124.058	**
MM (T3)	2	129.094	**

E. simples TRAT

TRAT (MF)	3	184.371	**
TRAT (MS)	3	212.222	**
TRAT (SM)	3	23.01	ns

MM dentro de T0

TRAT	MEDIAS	DUNCAN
T0-MS	25.32	A
T0-MF	24.75	A
T0-MS	22.96	A

MM dentro de T1

TRAT	MEDIAS	DUNCAN
T1-MS	33.49	A
T1-MF	27.78	AB
T1-MS	25.77	B

MM dentro de T2

TRAT	MEDIAS	DUNCAN
T2-MS	39.99	A
T2-MF	39.53	A
T2-MS	30.12	B

MM dentro de T3

TRAT	MEDIAS	DUNCAN
T3-MS	36.06	A
T3-MF	28.38	B
T3-MS	24.97	B

TRAT dentro de MF

MS	MEDIAS	DUNCAN
MF - T2	39.53	A
MF - T3	28.38	B
MF - T1	25.77	B
MF - T0	24.75	B

TRAT dentro de MS

MS	MEDIAS	DUNCAN
MF - T2	39.99	A
MF - T3	36.06	AB
MF - T1	33.49	B
MF - T0	22.96	C

TRAT dentro de SM

SM	MEDIAS	DUNCAN
SM - T2	30.12	A
SM - T1	27.78	A
SM - T0	25.32	A
SM - T3	24.97	A

MATERIA SECA TOTAL (g/planta)

TRAT	MS	MF	MO	PROMEDIO
T0	23.0	24.8	25.3	24.4
T1	33.5	25.8	27.8	29.0
T2	40.0	39.5	30.1	36.5
T3	36.1	28.4	25.5	30.0
PROMEDIO	33.2	29.6	27.2	

Cuadro de Análisis de Variancias

K Valores	Fuentes	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio	Valores F	
1	Bloques	3	121.642	40.547	2.6088	0.068
2	MM	2	286.648	143.324	9.2212	**
4	MMXNN	3	909.701	303.234	19.5059	**
6	MMXNN	6	341.557	56.926	3.6625	**
-7	Error	33	512.913	15.543		
Total		47	2172.913			

Coefficiente de variabilidad: 13.15%

Prueba de Duncan

VALOR LSD = 2.836

$s_x = 0.9856$

$\alpha = 0.05$

Orden original

M1 = 33.13 A
M2 = 29.61 B
M3 = 27.18 B

Orden ranqueado

M1 = 33.13 A
M2 = 29.61 B
M3 = 27.18 B

Prueba de Duncan

VALOR LSD = 3.275

$s_x = 1.138$

$\alpha = 0.05$

Orden original

T0 = 24.35 C
T1 = 29.02 B
T2 = 36.55 A
T3 = 29.98 B

Orden ranqueado

T2 = 36.55 A
T3 = 29.98 B
T1 = 29.02 B
T0 = 24.35 C

MATERIA SECA DE HOJAS (g/planta)

TRAT	MS	MF	MO	PROMEDIO
T0	4.22	4.18	4.57	4.32
T1	4.83	4.00	5.27	4.70
T2	5.08	7.58	8.06	6.91
T3	5.74	4.79	5.69	5.41
PROMEDIO	4.97	5.14	5.90	

Cuadro de Análisis de Variancias

K Valores	Fuentes	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio	Valores F	
1	Bloques	3	1.889	0.63	0.3549	
2	MM	2	3.551	1.775	1.0006	ns
4	MMXNN	3	46.305	15.635	8.8116	**
6	MMXNN	6	23.317	3.886	2.1902	ns
-7	Error	33	58.553	1.774		
Total		47	134.215			

Coefficiente de variabilidad: 24.97%

Prueba de Duncan

VALOR LSD = 1.106

$s_x = 0.3845$

x

$\alpha = 0.05$

Orden original

T0 = 4.321 B
 T1 = 4.701 B
 T2 = 6.907 A
 T3 = 5.408 B

Orden ranqueado

T2 = 6.907 A
 T3 = 5.408 B
 T1 = 4.701 B
 T0 = 4.321 B

MATERIA SECA DE TALLOS (g/planta)

TRAT	MS	MF	MO	PROMEDIO
T0	7.04	7.01	7.45	7.17
T1	8.73	7.08	8.33	8.05
T2	11.24	13.66	9.03	11.31
T3	9.84	8.34	6.75	8.31
PROMEDIO	9.21	9.02	7.89	

Cuadro de Análisis de Variancias

K Valores	Fuentes	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio	Valores F	
1	Bloques	3	37.494	12.487	1.0093	
2	MM	2	16.435	8.175	2.6331	ns
4	MMXNN	3	117.207	36.905	12.533	**
6	MMXNN	6	52.041	8.692	2.7824	*
-7	Error	33	102.87	3.121		
Total		47	360.048			

Coefficiente de variabilidad: 4.17%

Prueba de Duncan

VALOR LSD = 0.2859

$s_x = 0.09937$

x

$\alpha = 0.05$

Orden original

T0 = 9.161 B
 T1 = 9.601 A
 T2 = 9.521 A
 T3 = 9.775 A

Orden ranqueado

T3 = 9.775 A
 T1 = 9.601 A
 T2 = 9.521 A
 T0 = 9.161 B

ANALISIS DE EFECTOS SIMPLES
ANVA ($\alpha = 0.05$)

FV GL Promedio Significación

E. simples MM

MM (T0)	2	0.243	ns
MM (T1)	2	2.969	ns
MM (T2)	2	21.474	**
MM (T3)	2	9.566	ns

E. simples TRAT

TRAT (MF)	3	39.713	**
TRAT (MS)	3	212.222	**
TRAT (SM)	3	23.01	ns

MM dentro de T0

TRAT	MEDIAS	DUNCAN
T0-MS	7.45	A
T0-MF	7.04	A
T0-MS	7.03	A

MM dentro de T1

TRAT	MEDIAS	DUNCAN
T1-MS	8.72	A
T1-MF	8.33	A
T1-MS	7.07	A

MM dentro de T2

TRAT	MEDIAS	DUNCAN
T2-MS	13.65	A
T2-MF	11.23	AB
T2-MS	9.02	B

MM dentro de T3

TRAT	MEDIAS	DUNCAN
T3-MS	9.83	A
T3-MF	8.33	A
T3-MS	6.74	A

TRAT dentro de MF

MS	MEDIAS	DUNCAN
MF - T2	13.65	A
MF - T3	8.33	B
MF - T1	7.07	B
MF - T0	7.01	B

TRAT dentro de MS

MS	MEDIAS	DUNCAN
MF - T2	11.23	A
MF - T3	9.83	AB
MF - T1	8.72	AB
MF - T0	7.04	B

TRAT dentro de SM

SM	MEDIAS	DUNCAN
SM - T2	9.02	A
SM - T1	8.33	A
SM - T0	7.45	A
SM - T3	6.74	A

MATERIA SECA DE VAINAS (g/planta)

TRAT	MS	MF	MO	PROMEDIO
T0	11.71	13.56	13.30	12.86
T1	19.94	14.69	14.19	16.27
T2	20.65	18.30	16.03	18.33
T3	20.49	15.25	13.05	16.26
PROMEDIO	18.20	15.45	14.14	

Cuadro de Análisis de Variancias

K Valores	Fuentes	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio	Valores F	
1	Bloques	3	21.993	7.331	0.7365	
2	MM	2	134.09	68.545	6.8859	**
4	MMXNN	3	184.816	61.605	6.1888	**
6	MMXNN	6	111.652	18.609	1.8694	ns
-7	Error	33	328.495	9.954		
Total		47	784.046			

Coeficiente de variabilidad: 19.80%

Prueba de Duncan

VALOR LSD = 2.269

$s_e = 0.7887$

x

$\alpha = 0.05$

Orden original

T0 = 12.86 B
 T1 = 16.27 A
 T2 = 18.33 A
 T3 = 16.26 A

Orden ranqueado

T2 = 18.33 A
 T1 = 16.27 A
 T3 = 16.26 A
 T0 = 12.86 B

NUMERO DE GRANOS POR VAINAS

TRAT	MS	MF	MO	PROMEDIO
T0	3.08	4.19	4.50	3.92
T1	4.16	4.44	4.89	4.50
T2	4.28	4.69	4.43	4.47
T3	4.50	4.40	4.25	4.38
PROMEDIO	4.01	4.43	4.52	

Cuadro de Análisis de Variancias

K Valores	Fuentes	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio	Valores F	
1	Bloques	3	1.21	0.403	2.3502	
2	MM	2	0.951	0.476	2.7713	ns
4	MMXNN	3	0.801	0.267	1.556	ns
6	MMXNN	6	1.599	0.267	1.5529	ns
-7	Error	33	5.664	0.172		
Total		47				

Coeficiente de variabilidad: 4.17%

LONGITUD DE VAINAS (cm)

TRAT	MS	MF	MO	PROMEDIO
T0	8.61	9.49	9.38	9.16
T1	9.33	9.83	9.67	9.61
T2	9.41	9.58	9.57	9.52
T3	9.88	9.82	9.62	9.77
PROMEDIO	9.31	9.68	9.56	

Cuadro de Análisis de Variancias

K Valores	Fuentes	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio	Valores F	
1	Bloques	3	0.172	0.057	0.8641	
2	MM	2	0.01	0.001	0.0078	ns
4	MMXNN	3	0.225	0.075	1.1286	ns
6	MMXNN	6	0.903	0.150	2.2644	ns
-7	Error	33	2.193	0.066		
Total		47	3.494			

Coefficiente de variabilidad: 3.494%

ANCHO DE VAINAS (cm)

TRAT	MS	MF	MO	PROMEDIO
T0	1.59	1.59	1.61	1.60
T1	1.59	1.62	1.62	1.61
T2	1.60	1.61	1.60	1.60
T3	1.63	1.65	1.62	1.63
PROMEDIO	1.60	1.62	1.61	

Cuadro de Análisis de Variancias

K Valores	Fuentes	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio	Valores F	
1	Bloques	3	0.002	0.001	1.4522	
2	MM	2	0.001	0.000	0.8404	ns
4	MMXNN	3	0.002	0.001	1.4293	ns
6	MMXNN	6	0.002	0.000	0.7604	ns
-7	Error	33	0.016	0.000		
Total		47	0.023			

Coeficiente de variabilidad: 1.37%

RENDIMIENTO (kg/ha)

TRAT	MS	MF	MO	PROMEDIO
T0	5390.00	5175.00	6135.00	5566.67
T1	7717.50	5997.50	6837.00	6850.67
T2	9207.50	6617.50	5930.00	7251.67
T3	8220.00	7115.00	5497.50	6944.17
PROMEDIO	7633.75	6226.25	6099.88	

Cuadro de Análisis de Variancias

K Valores	Fuentes	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio	Valores F	
1	Bloques	3	2377150	792383.333	0.2769	
2	MM	2	23196716.7	11598358.33	4.0528	*
4	MMXNN	3	19949250	6649750	2.3236	ns
6	MMXNN	6	23647750	3941291.667	1.3772	ns
-7	Error	33	94440600	2861836.364		
Total		47	0.043			

Coeficiente de variabilidad: 1.69%

Prueba de Duncan

VALOR LSD = 0.02627

$s_x = 0.009129$

\bar{x}

$\alpha = 0.05$

Orden original

T0 = 0.596 B
 T1 = 1.1612 AB
 T2 = 1.602 B
 T3 = 1.634 A

Orden ranqueado

T3 = 1.634 A
 T1 = 1.1612 AB
 T2 = 1.602 B
 T0 = 0.596 B

NUMERO DE VAINAS POR PLANTA

TRAT	MS	MF	MO	PROMEDIO
T0	12.74	12.39	12.72	12.62
T1	19.97	13.45	12.46	15.29
T2	18.35	13.64	14.11	15.37
T3	17.04	13.54	11.07	13.88
PROMEDIO	17.03	13.26	12.59	

Cuadro de Análisis de Variancias

K Valores	Fuentes	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio	Valores F	
1	Bloques	3	27.015	9.005	0.8362	
2	MM	2	136.989	68.495	6.3603	**
4	MMXNN	3	52.77	17.59	1.6334	ns
6	MMXNN	6	58.248	9.708	0.9015	ns
-7	Error	33	355.382	10.769		
Total		47	0.043			

Coefficiente de variabilidad: 23.27%

Prueba de Duncan

VALOR LSD = 2.360

$s_x = 0.8204$

$\alpha = 0.05$

Orden original

MS = 16.46 A
MF = 13.25 B
SM = 12.59 B

Orden ranqueado

MS = 16.46 A
MF = 13.25 B
SM = 12.59 B

PESO PROMEDIO DE VAINAS (g)

TRAT	MS	MF	MO	PROMEDIO
T0	4.37	4.35	5.13	4.62
T1	4.37	1.73	5.32	3.81
T2	5.09	6.06	4.75	5.30
T3	5.19	5.62	4.74	5.18
PROMEDIO	4.76	4.44	4.99	

Cuadro de Análisis de Variancias

K Valores	Fuentes	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio	Valores F	
1	Bloques	3	1.156	0.385	0.6736	
2	MM	2	1.532	0.766	1.3395	ns
4	MMXNN	3	3.65	1.217	2.1273	ns
6	MMXNN	6	7.145	1.191	2.0821	ns
-7	Error	33	18.872	0.572		
	Total	47	32.354			

Coefficiente de variabilidad: 15.20%