

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Optimización de NPK para arveja (*Pisum sativum* L.),
variedad Remate, por la técnica de parcelas de inclusión y
omisión. Canaán 2735 msnm – Ayacucho**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
Juan Víctor Antonio Meneses**

Ayacucho - Perú

2018

Con cariño a mi madre: Efigenia, quien con su amor, esfuerzo y sacrificio hizo posible lograr mis objetivos y aspiraciones.

A la memoria de mi padre: Prudencio, quien desde la eternidad ilumina mi camino.

A mis hermanos: Martha, Edgar, Olga, Rolando y Luz Magali, por el constante aliento que me brindaron para escalar un peldaño más en el camino del saber.

A mis familiares y amigos por sus estímulos y apoyo incondicional en el logro de mis ideales.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Alma Mater de mi formación profesional y a la Facultad de Ciencias Agrarias, que me brindó nuevos conocimientos durante el tiempo que duró mis estudios profesionales.

De manera especial a la Escuela Profesional de Agronomía y a los señores docentes del Departamento Académico de Agronomía y Zootecnia, de la Facultad de Ciencias Agrarias, por haber impartido sus conocimientos a mi formación personal y profesional.

A los Ingenieros Edgar Tenorio Mancilla y Alex Lázaro Tineo Bermúdez por su asesoramiento, aporte y colaboración en el desarrollo y conducción del presente trabajo de investigación. Asimismo a los miembros del jurado Ing. M.Sc. Alejandro Camasca Vargas y al Ing. Juan Benjamín Girón Molina, por el apoyo desinteresado.

Al Centro Experimental Canaán - UNSCH, por haberme permitido y confiado la conducción del presente trabajo de investigación. Asimismo a todo su personal por su apoyo incondicional.

A mis hermanos, familiares, amigos y todas las personas que directa e indirectamente contribuyeron en la ejecución y materialización del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Índice general.....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Índice de anexos.....	vi
Resumen.....	1
Introducción.....	3
 CAPITULO I MARCO TEÓRICO.....	 5
1.1 Origen y distribución de la arveja.....	5
1.2 Importancia y usos del cultivo.....	5
1.3 Taxonomía.....	7
1.4 Morfología de la arveja.....	7
1.5 Fenología de la arveja.....	11
1.6 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo.....	15
1.7 Manejo agronómico del cultivo de arveja.....	17
1.8 Variedades.....	22
1.9 Nutrición mineral y la fertilización de la arveja.....	24
1.10 Dinámica de los nutrientes en el suelo.....	25
1.11 Manejo de nutrientes por sitio específico (MNSE).....	42
1.12 Diseño 3 de Julio.....	49
 CAPITULO II METODOLOGÍA.....	 55
2.1 Características del terreno.....	55
2.2 Características climatológicas.....	56
2.3 Materiales experimental.....	60
2.4 Diseño experimental y análisis estadístico.....	60
2.5 Criterios de evaluación.....	61
2.6 Descripción del campo experimental.....	62
2.7 Instalación y conducción del experimento.....	64

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	67
3.1 Del rendimiento en vaina verde (t.ha-1).....	67
3.2 Del número de vainas por planta (unidades).....	70
3.3 De la longitud de vaina (cm).....	72
3.4 Del rendimiento en grano seco (t.ha-1).....	75
3.5 Del peso de 1000 semillas (g).....	77
3.6 Mérito económico de los tratamientos.....	79
3.7 Coeficiente aparente de uso de los fertilizantes.....	80
3.8 Rendimiento relativo (Rr).....	83
 CONCLUSIONES.....	 85
RECOMENDACIONES.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 Tabla de valor nutricional de la arveja.....	6
Tabla 1.2 Volumen de agua en el rendimiento de arveja variedad Remate....	19
Tabla 1.3 Plagas de la arveja.....	20
Tabla 1.4 Enfermedades de la arveja.....	21
Tabla 1.5 Características agronómicas de la variedad Remate.....	23
Tabla 2.1 Análisis físico y químico de suelo del Centro Experimental Canaán - UNSCH 2735 msnm. – Ayacucho, 2013.....	56
Tabla 2.2 Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico 2012 - 2013, Estación Meteorológica Pampa de Arco – Ayacucho.....	58
Tabla 2.3 Estructura de tratamiento 2k, para 3 factores.....	60
Tabla 3.1 ANVA del rendimiento en vaina verde de arveja (t.ha-1).....	67
Tabla 3.2 Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento en vaina verde de arveja (t.ha-1).....	68
Tabla 3.3 ANVA del número de vainas de arveja por planta (unidades).....	70
Tabla 3.4 Prueba de Duncan (0.05) para el número de vainas de arveja por planta (unidades).....	71
Tabla 3.5 ANVA de la longitud vaina (cm).....	73
Tabla 3.6 Prueba de Duncan (0.05) para la longitud de vaina (cm).....	73
Tabla 3.7 ANVA del rendimiento de grano seco de arveja (t.ha-1).....	75
Tabla 3.8 Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento de grano seco de arveja (t.ha-1).....	76
Tabla 3.9 ANVA del peso 1000 semillas (g).....	78
Tabla 3.10 Prueba de Duncan (0.05) para el peso de 1000 semillas (g).....	78
Tabla 3.11 Rentabilidad económica para el cultivo de arveja en vaina verde...	80
Tabla 3.12 Extracción de nutrientes por el cultivo de arveja.....	81
Tabla 3.13 CAU (%) del nitrógeno aplicado en el cultivo de arveja.....	81
Tabla 3.14 CAU (%) del fósforo aplicado en el cultivo de arveja.....	82
Tabla 3.15 CAU (%) del potasio aplicado en el cultivo de arveja.....	82
Tabla 3.16 Rendimiento relativo (Rr) de materia seca (MS) de arveja.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 2.1	Diagrama ombrotérmico T° vs PP y balance hídrico.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

		Pág.
Anexo 1	Promedios generales de los parámetros evaluados en el cultivo de arveja.....	93
Anexo 2	Análisis y coeficientes de regresión de los parámetros evaluados del cultivo de arveja.....	94
Anexo 3	Costos de producción de los tratamientos.....	98
Anexo 4	Análisis de caracterización de suelo del Centro Experimental Canaán – UNSCH.....	106
Anexo 5	Análisis químico de grano y rastrojo de arveja.....	107
Anexo 6	Panel fotográfico.....	108

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el Centro Experimental Canaán de la UNSCH, con la finalidad de evaluar la optimización de NPK para arveja (*Pisum sativum* L.), variedad Remate mediante la técnica de las parcelas de omisión e inclusión. Los objetivos fueron: 1) Determinar la influencia del nivel de fertilizante sintético (urea, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio), en el rendimiento de arveja. 2) Estimar el Coeficiente Aparente de Uso de los fertilizantes sintéticos, mediante los niveles de extracción de N, P y K, de arveja. 3) Determinar el grado de correlación entre los rendimientos relativos (Rr) obtenidos por la técnica de parcelas de inclusión y omisión, y el resultado del análisis de suelo. Los tratamientos (08) corresponden a un factorial $2N \times 2P \times 2K$ que se distribuyeron en el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). El experimento contó con 24 unidades experimentales (8 tratamientos por 3 bloques). Se utilizó como planta indicadora arveja (*Pisum sativum* L.), variedad Remate para determinar la extracción de nutrientes del suelo; como fuentes de N, P y K se utilizaron urea, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio. Los rendimientos se llevaron a rendimientos relativos (%Rr), según la técnica de las parcelas de omisión e inclusión. La técnica de las parcelas de omisión considera los tratamientos T_8 (C), T_7 (-N), T_6 (-P) y T_4 (-K) y la técnica de las parcelas de inclusión considera a los tratamientos T_1 (T), T_2 (+N), T_3 (+P) y T_5 (+K). Luego de realizar el análisis correspondientes, se concluye que: 1) Con la técnica de parcelas de inclusión y omisión se determinó que el tratamiento completo (90-120-80 kg.ha⁻¹ de NPK) maximiza el rendimiento en vaina verde de arveja, con 12.7 t.ha⁻¹ y una rentabilidad de 277.24 %. 2) El nutriente mejor aprovechado por el cultivo de arveja fue el potasio con un Coeficiente Aparente de Uso del fertilizante de 41.36 %. 3) La omisión del nitrógeno T_7 (-N) y de potasio T_4 (-k) respecto al abonamiento completo es la que más afecta en el rendimiento de arveja, seguido por la omisión de fósforo T_6 (-P). Asimismo la inclusión del nitrógeno T_2 (+N) respecto al testigo es la que brindó mejor respuesta en cuanto al rendimiento, comparado con las incorporaciones individuales de potasio T_5 (+K) y fósforo T_3 (+P). 4) Existe una buena correlación entre los Rendimientos relativos (Rr) en las técnicas de las parcelas de omisión e inclusión; a valores bajos con la omisión le corresponde valores bajos con la inclusión y viceversa.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la fertilidad del suelo es una labor muy compleja, por la diversidad de condiciones físicas, químicas y biológicas que interactúan. Diversas técnicas que se emplean comúnmente dan una indicación del grado de fertilidad de un suelo; dos de ellas son: las pruebas químicas del suelo, y las pruebas biológicas, en las cuales el crecimiento de las plantas superiores se utiliza como medida de la fertilidad del suelo. El crecimiento de las plantas tiene mucha importancia en el estudio de los requerimientos de fertilizantes y se ha dedicado una gran atención a este método para medir el estado de fertilidad de los suelos.

Actualmente las causas del bajo rendimiento son atribuidos a la aplicación de técnicas de fertilización deficientes, que además de su elevado costo contribuyen en el deterioro de la fertilidad biológica y física del suelo, cuando se aplican en exceso, sumados al empobrecimiento de los suelos cultivados, principalmente por la falta de nitrógeno, fósforo y potasio; por tanto es necesario emplear técnicas y/o fórmulas de abonamiento, tendientes a reducir los costos de los fertilizantes mediante un uso racional de los mismos y aumentar los rendimientos en el cultivo de arveja.

Asimismo **la técnica de las parcelas de inclusión y omisión** nos ayuda a evaluar el estado de fertilidad del suelo del Centro Experimental Canaán para luego realizar las recomendaciones para el lugar y el cultivo.

Por otro lado, existe una desinformación de los productores sobre el nivel de los fertilizantes NPK que optimicen los rendimientos sin deteriorar el suelo.

La investigación que se plantea contribuirá con la información detallada sobre el efecto de la fertilización mineral (NPK sintético) en el rendimiento de arveja el cual

servirá como base para la mejora en la producción de este cultivo.

De acuerdo a lo expuesto con el propósito de coadyuvar en la mejora de la productividad existente; se planteó los siguientes objetivos:

1. Determinar la influencia del nivel de fertilizante sintético (urea, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio), en el rendimiento de arveja.
2. Estimar el Coeficiente Aparente de Uso de los fertilizantes sintéticos, mediante los niveles de extracción de N, P y K, de arveja.
3. Determinar el grado de correlación entre los rendimientos relativos obtenidos por la técnica de parcelas de inclusión y omisión y el resultado del análisis de suelo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA ARVEJA

Mateo (1961) y Veliz (1976) coinciden en afirmar que el cultivo de la arveja es originario de las regiones templadas de Asia Central, Cercano Oriente, Nor - Este de la India y el Mediterráneo. Asimismo parece que independientemente apareció en el Centro Abisinico, aunque su conexión con otros centros no está demostrada.

Montoroy (1995) menciona que la arveja (*Pisum sativum* L.) como planta cultivada se originó en Etiopía de donde se difundió a la Región Mediterráneo y de allí al Asia y a las zonas templadas de todo el mundo a América fue traído por los españoles. La producción es más extensiva en la India, Birmania, Etiopía, los países que bordean el Lago Victoria en el Este de África, Congo y Marrueco. En Sudamérica; Colombia, Ecuador y Perú son los mejores productores.

Bravo (1969) indica que la arveja fue introducida al Perú por los españoles durante la colonia hace más de 500 años, distribuyéndose actualmente tanto en la costa como en la sierra. Las áreas más importantes en el Perú en cuanto al cultivo de la arveja, están localizadas en la sierra, entre los 1600 a 3000 msnm, en el norte se cultivan principalmente en las provincias de Cajamarca, La Libertad y Ancash; en el centro en las provincias de Tarma, Jauja, Huancayo, Huánuco, Huancavelica y Ayacucho; En el sur en Paucartambo, Paruro y en las provincias del departamento de Arequipa.

1.2. IMPORTANCIA Y USOS DEL CULTIVO

Camarena (2003) menciona que la arveja (*Pisum sativum* L.) es la leguminosa de grano más importante en nuestro país, porque constituye parte de la dieta alimenticia del pueblo peruano juntamente con los cereales. Este cultivo en sus granos contienen

de 22% a 26% de proteína de buena calidad, además de carbohidratos, vitaminas y minerales (Ca, P y K), pero deficiente en aminoácidos azufrados, por lo que combinados con cereales, hacen un buen balance proteico y mejoran significativamente en la alimentación de la población de escasos recursos económicos.

1.2.1. Valor Nutritivo

Casseres (1980) menciona que la arveja es un producto bastante nutritivo. Cuando están maduras, la legumbre tiene alto valor alimenticio, que se transforma en harina y se consume partidas, tostadas o asadas y en estado fresco se utiliza para la fabricación de enlatados, congelados y deshidratados.

<http://www.infoagro.com> (2008) indica que el guisante fresco es una fuente de minerales (P y Fe), tiaminas, especialmente vitamina B1, contiene fibra, y aporta una cantidad importante de azúcares y aminoácidos, incluyendo lisina. La composición nutricional de la arveja, en 100 g de materia comestible es la siguiente:

Tabla 1.1. Tabla de valor nutricional de la arveja

Valor nutricional por cada 100 g	
Carbohidratos	13.8 g
Grasas	0.4 g
Proteínas	5.9 g
Agua	73 %
Fibra	0.8 g
Ceniza	2.5 g
Tiamina	0.35 mg
Riboflavina	0.14 mg
Niacina	2.9 mg
Ácido Ascórbico	27 mg
Vitamina A	640 UI
Calcio	26 g
Hierro	1.8 mg
Fósforo	96 mg
Potasio	139 mg
Sodio	2 mg
Valor energético	84 Calorías

1.3. TAXONOMÍA

Cronquist (1981) reporta la siguiente posición taxonómica para la arveja:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Sub Clase	: Rosidae
Orden	: Fabales
Familia	: Fabacea
Sub familia	: Faboideae
Tribu	: Fabeae
Género	: Pisum
Especie	: <i>Pisum sativum</i> L.
N. común	: Arveja, guisante, chicharos, etc.
2n	: 14

1.4. MORFOLOGÍA DE LA ARVEJA

Camarena (2003) señala que la capacidad de rendimiento de las variedades de arveja depende principalmente de sus características morfológicas, los hábitos de crecimiento, el número de inflorescencia por planta y el número de flores por inflorescencia, por ello es muy importante conocer la morfología de la planta de arveja y los estados de desarrollo desde la siembra hasta la madurez de acuerdo al objetivo del cultivo:

1.4.1. Sistema radicular

Faiguenbaum (1993) menciona que al ocurrir la emergencia de las plantas, la radícula ya presenta algunas raíces secundarias; este sistema habitualmente logra un buen crecimiento antes de que ocurra el despliegue de la tercera hoja. La radícula, posteriormente continúa creciendo hasta transformarse en una característica raíz pivotante. Esta, si bien puede alcanzar hasta 1 m de profundidad, lo normal es que no penetre más allá de 50 cm a partir de las raíces secundarias, que incluso pueden llegar hasta la profundidad alcanzada por la raíz pivotante, se origina una cobertura densa de raíces terciarias.

Campos (1992) señala que en conjunto el sistema radicular es poco desarrollado, aunque la raíz principal de crecimiento pivotante puede alcanzar entre los 80 y 100 cm, de profundidad. Las nodulaciones son más abundantes en los primeros 10 a 30 centímetros de profundidad del suelo, donde son más favorables las condiciones de aireación. La infección por rhizobium tiene lugar a través de los pelos radicales y por lo tanto la iniciación de los nódulos está ligada inevitablemente a la expansión del sistema radicular.

1.4.2. Tallo principal

Faiguenbaum (1993) afirma que los tallos son débiles, angulares o redondos y huecos, en las que pueden ser de tipo enanos que están entre los 15 a 90 cm, medios de 90 a 150 cm y altos de 150 cm a más de altura.

Camarena (2003) menciona que los tallos de las arvejas son de grosor y longitud muy diversas, según las especies, más o menos ramificados trepadores y rastreros, generalmente desnudos.

Maroto (2000) sostiene que los tallos son cilíndricos, huecos y lisos; más o menos ramificados, de porte erecto y también trepador. Presentan de 10 a 35 nudos que son de crecimiento enano, medio y alto. Las ramas, tiene posición lateral se presentan tres ramas principales y de estas pueden derivarse otras más sobre todo en las de crecimiento mediano.

1.4.3. Ramas

Faiguenbaum (1993) indica que las plantas de arveja tienen una tendencia a ramificar basalmente a partir de los primeros dos nudos, que son aquellos en que se desarrollan las brácteas trifidas. La cantidad de plantas que llegue a emitir ramas dependerá básicamente de aspectos genéticos, de la fertilidad del suelo, del abastecimiento hídrico y de la densidad de población.

Las ramas basales, cuando se presentan, emiten un menor número de nudos vegetativos y reproductivos que el tallo principal; sin embargo, generalmente alcanzan

un buen crecimiento, haciendo un aporte significativo de vainas a la producción de las plantas.

1.4.4. Hojas

Mateo (1961) afirma que las hojas son pinnadas compuesta que consta de 1- 4 pares de foliolo con bordes dentados o enteros terminados en zarcillos de cuyos terminales se valen para sostener o trepar.

Camarena (2003) afirma que la hoja de la planta de arveja, está constituida por dos estípulas que abrazan al tallo en la parte basal, foliolos opuestos lanceolados o alternos y en la parte terminal se aprecian los zarcillos que varían de tres a cinco y de los que se vale la planta para treparse. Las estípulas son de mayor tamaño que los foliolos y en cultivares que producen granos de mayor tamaño, habitualmente los foliolos y las estípulas son más bien grandes.

1.4.5. Flores

Mateo (1961) menciona que las flores son amariposadas de color blanco púrpura y/o violáceo, con alas algo más oscuras que el estandarte, de inserción axilar sostenida por un largo pedúnculo para cada una o dos en la axila de las estípulas, que son acorazonadas y de bordes dentados en la base.

Faiguenbaum (1993) indica que la flor de arveja es típica papilionada, ya que se asemeja a una mariposa cuando los pétalos se desenvuelven, presentando una simetría bilateral.

Las estructuras presentes en una flor de arveja se describen a continuación.

- ✓ **Pedicelo:** Une la parte basal de la flor con el pedúnculo; en su base presenta una bráctea foliácea.
- ✓ **Cáliz:** Es una campánula, pentagamosépalo, glabro y con dos pequeñas bractéolas en su base.
- ✓ **Corola:** Está formada por cinco pétalos de color blanco a blanco violáceo; uno de gran tamaño denominado estandarte, encierra a los demás. Otros dos pétalos laterales, que corresponden a las alas, se extienden oblicuamente hacia fuera y se

adhieren por el medio a la quilla; esta generalmente de color verdoso, se conforma con un par de pétalos pequeños fusionados entre sí, los cuales encierran al androceo y al gineceo.

- ✓ **Androceo:** Es diadelfo, es decir los estambres forman dos grupos. El número de estambres es de 10 y los filamentos concrecentes son de 9 de ellos forman un tubo que está abierto en el lado superior; el décimo estambre, llamado vexilar y que está libre en una posición más cercana al estandarte, es primero en liberar polen.
- ✓ **Gineceo:** Es monocarpelar, curvado, de ovario súpero, unilocular y contiene dos hileras de óvulos que se originan sobre placentas aprietales paralelas y adyacentes. El estilo es filiforme y está orientado en ángulo aproximadamente recto con el ovario.

1.4.6. Inflorescencia

Camarena (2003) menciona que la arveja posee inflorescencias axilares que constan de una o más flores, que van apareciendo de modo escalonado, las variedades tempranas tienden a ser enanas y florecen en nudos inferiores. Las flores autóгамas están regidas por un mecanismo de cleistogamia, siendo heteroclamídea pentámera.

Faiguenbaum (1993) menciona que existe dos tipos de arveja: de flores blancas y de flores coloreadas. Las variedades de flores blancas dan lugar a semillas amarillas o azul - verdosas, que no contienen taninos, prácticamente todas las arvejas usados en Perú tanto para consumo humano como para alimentación animal, son arvejas de flores blancas. Las variedades de flores coloreadas dan lugar a semillas de colores oscuros, y contienen taninos. El cultivo de este tipo de arveja está quedando relegado exclusivamente a la producción de forraje.

1.4.7. Fruto

Faiguenbaum (1993) afirma que el fruto de arveja es una vaina. Esta forrada con una membrana semejante al pergamino, el endocarpio: está ausente en las arvejas de vaina comestible. La vaina suele ser dehiscente por dos suturas y contiene de dos a 10 semillas, que pueden ser globosas o globosas angulares, lisas o arrugadas y de varios colores que pueden ser verde o amarillo. El tamaño de las vainas es muy

variable, pueden ser pequeñas (longitud entre 3 y 4.5 cm), grandes (6 a 10 cm) y muy grandes (entre 10 a 15 cm).

Maroto (2000) sostiene que el fruto es una legumbre o vaina de forma y dimensiones variables y de semillas globulosas o cúbicas, lisas o rugosas, pudiendo contener cada vaina entre 4 y 12 semillas la mayor parte de sus variedades presentan en la cara interna de sus valvas una formación tisular esclerenquimatosa o pergamino que está ausente o aminorada en las variedades tirabeques o comedio.

1.4.8. Semilla

Faiguenbaum (1993) señala que las semillas pueden presentar una forma globosa o globosa angular de un diámetro de 3 a 5 mm. La testa es delgada, pudiendo ser incolora, verde, gris, café o violeta y la superficie lisa o rugosa.

En los cultivares de semilla lisa, aproximadamente un 45% de peso seco de la semilla corresponde a almidón; los cultivares de semilla rugosa, por su parte, presentan un menor contenido de almidón (34%), pero un mayor contenido de azúcares especialmente de sacarosa. La velocidad de transformación de azúcares en almidón durante la madurez de la semilla ocurre más lentamente en los cultivares de semilla rugosa; estos, por lo tanto, presentan una fase más lenta de maduración al estado verde. La semilla está compuesta por testa, dos cotiledones y un eje embrionario; este último está formado por radícula, el hipocotilo, la plúmula y las dos brácteas trífidas.

1.5. FENOLOGÍA DE LA ARVEJA

Evans (1983) menciona que el ciclo o fisiología vegetal de los cultivos básicos, como la leguminosa pasa por varias etapas, aunque se divide en dos fases principales.

- ✓ **Fase vegetativa:** que comprende la germinación de la semilla y el desarrollo de las partes vegetativas de la planta, es decir, que dentro de ésta fase se observa los estados fenológicos siguientes: germinación, emergencia de la plántula y el crecimiento de la planta hasta inicios de la floración.
- ✓ **Fase reproductiva:** que empieza con la formación de los gametos, la floración, la polinización, la fecundación, formación y llenado de vainas y finalmente hasta llegar a la cosecha.

Los estados fenológicos dentro de las dos fases fisiológicas son:

1.5.1. Etapa de germinación

Faiguenbaum (1993) menciona que después de la siembra la semilla empieza a embeber agua a través de la testa y el micrópilo, aumentando gradualmente de tamaño. La etapa de imbibición puede ser dividida en dos fases.

- ✓ Rápida captación de agua que se completa aproximadamente en 2 días y en que la semilla aumenta significativamente de volumen.
- ✓ Baja tasa de captación de agua e incremento en la actividad metabólica de la semilla.

A través de procesos enzimáticos, parte del material de reserva de los cotiledones va quedando gradualmente disponible para el crecimiento del eje embrionario. Este crecimiento determina la aparición de la radícula y 1 ó 2 días después, como promedio, la aparición inicial de la plúmula se encuentra entre los cotiledones, lo hace en forma curva, protegiendo de esta manera el ápice del brote contra un posible daño; posteriormente en el final de su crecimiento, la plúmula va enderezándose gradualmente hasta lograr la emergencia.

Una vez que ocurre la emergencia, la plúmula da paso al primer par de hojas verdaderas, las cuales en primera instancia aparecen totalmente plegadas. A partir de ese momento y bajo las hojas verdaderas, se hace visible el epicotilo, estructura que lleva consigo dos hojas rudimentarias llamadas brácteas trifidas. Los cotiledones, debido a la germinación hipogea que presenta la especie, permanecen bajo el suelo manteniendo en un principio sus características de forma y tamaño; posteriormente a partir del estado de primera hoja verdadera, los cotiledones que van suministrando nutrientes a las plántulas para su crecimiento, comienzan gradualmente a deteriorarse, sin embargo, su aporte al crecimiento en las primeras etapas de desarrollo es bastante alto.

1.5.2. Etapa de formación de tallos

Bidwel (1983) menciona que la mayoría de los meristemos apicales contienen dos zonas principales. La túnica, con una o varias capas de células organizadas en hileras

normales en la superficie del meristemo, y el cuerpo, una masa de células, dispuesta con menos orden, por debajo de la túnica.

Las células de la túnica se dividen usualmente en planos perpendiculares a la superficie del meristemo, mientras que las células del cuerpo lo hacen en muchos planos diferentes. La túnica por lo regular da origen al tejido epidérmico; y el cuerpo, a la masa de tejido interno de tallo y hojas.

1.5.3. Etapa de formación de raíces

Bidwel (1983) manifiesta que el floema primario se emplaza entre los extremos de la estrella del xilema. Fuera del floema hay una capa de células, el periciclo que retiene su actividad meristemática. El periciclo es importante porque sus células dan origen a raíces laterales.

Fahn (1974) afirma que las dicotiledóneas poseen un tejido meristemático denominado cambium vascular que rodea al xilema. El meristemo apical es el responsable de la elongación de los órganos de la planta, el cambium vascular es responsable del crecimiento radial que tiene como efecto engrosamiento de los órganos.

1.5.4. Etapa de floración

Faiguenbaum (1993) señala que los botones florales, al formarse, crecen encerrados por las hojas superiores, presentando cinco sépalos totalmente unidos que encierran el resto de la flor. Después de algunos días, los botones asoman por entre las hojas aun no desplegadas que los circundan, produciéndose la fase de fecundación poco antes de que ocurra la apertura de las flores. El proceso descrito se va produciendo secuencialmente desde el primer hasta el último nudo reproductivo que expresa la planta en su tallo principal. El estado de plena floración podría definirse como aquel en que aproximadamente un tercio de los nudos reproductivos presenta sus flores abiertas.

1.5.5. Etapa de crecimiento de vainas

Faiguenbaum (1993) señala que una vez que ocurre el proceso de fecundación, los

pétalos de la flor vuelven a cerrarse envolviendo al ovario fecundado, inmediatamente a continuación los pétalos se marchitan, para luego desprenderse y dejar en evidencia una vaina pequeña que porta rudimentos del estilo en su ápice. Por otra parte, los filamentos de los estambres rodean inicialmente a la vaina, pero prontamente se secan y caen.

Las vainas o legumbres corresponden a frutos, cada uno de los cuales está compuesto por dos valvas que conforman el pericarpio; las vainas presentan un ápice agudo o truncado y un pedicelo corto que puede ser recto o curvo. Dependiendo del cultivar y de su posición en la planta, las vainas pueden contener entre 3 y 10 semillas; su longitud puede variar entre 4 y 12 cm y su ancho entre 1 y 2 cm.

Inicialmente, las vainas manifiestan su crecimiento solamente a través de un aumento en su longitud y en su ancho; posteriormente, se incrementa el grosor de sus paredes, comenzando a aumentar el tamaño de su cavidad aproximadamente 10 días después de la anthesis; las vainas, sin embargo, se mantienen planas en apariencia hasta que alcanzan su máxima longitud. En forma previa al inicio del crecimiento de los granos, las vainas van desarrollando un tejido fibroso al interior de sus valvas que corresponde al endocarpio o pergamino. En el caso de los cultivares que pertenecen a la variedad macrocarpon, las vainas carecen de pergamino y de fibra a lo largo de sus suturas.

1.5.6. Etapa de llenado de granos

Faiguenbaum (1993) señala que la división celular en los granos comienza poco antes que las vainas alcancen su longitud máxima, existiendo un traslape entre la fase de término del crecimiento de las vainas y la etapa inicial del crecimiento de los granos. Los granos, que durante los primeros días crecen muy lentamente, entran muy pronto en una fase de rápido crecimiento, el cual se manifiesta mediante un abultamiento de las vainas; éste se va haciendo cada vez mayor, producto del crecimiento progresivo de los granos. La cavidad de las vainas se llena prácticamente en forma completa cuando los granos alcanzan el estado de madurez para consumo en verde.

Las vainas de los primeros nudos reproductivos, luego de lograr una primacía en el crecimiento sufren un retraso, presentando en definitiva, hasta el estado de madurez para consumo en verde, una menor tasa de crecimiento que aquellas vainas que lo hacen en una posición más alta.

En este sentido, en un trabajo realizado en dos cultivares semitardios, se determinó que, durante el periodo mencionado, las vainas del quinto nudo acumularon un 40 a 50% más de materia seca por día que aquellas vainas que se desarrollaron en el primer nudo. Esto se explica, por una parte, en base a que los primeros nudos reproductivos van siendo sombreados por las nuevas hojas que se van desarrollando en los nudos más altos, y por otra, a que en la medida que avanza el desarrollo de las plantas, tanto la radiación solar como las temperaturas van siendo cada vez más altas.

Estos hechos permiten que, en definitiva, se vaya produciendo una relativa concentración de la madurez de las vainas dentro de las plantas, reduciéndose así las diferencias de tiempo ocurridas entre la floración del primer nudo reproductivo y de los siguientes.

La madurez para consumo en verde se logra con un contenido promedio de humedad en los granos de 72 a 74%. El tamaño promedio de los granos al obtener dicho estado de madurez es básicamente dependiente de los cultivares. Así, por una parte, existen cultivares que producen arveja extra fina o “petit pois”, cuyos granos se caracterizan por tener un diámetro promedio inferior a 7.1 mm.

1.6. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL CULTIVO

1.6.1. Altitud

INIA (1998) indica que el cultivo de arveja se desarrolla óptimamente entre los 1700 y 3200 msnm.

Villavicencio (1995) indica que la altitud óptima para el crecimiento del cultivo de la arveja se encuentra entre los 1600 a 3700 msnm. Olivera (1991) indica que la arveja puede sembrarse hasta los 3700 msnm.

1.6.2. Clima.

✓ **Temperatura (°C)**

Kay (1979) señala que la arveja (*Pisum sativum* L.), en cuanto a temperatura requiere de un clima fresco, pero 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 plantas pueden tolerar heladas en el estadio vegetativo, pero las heladas en el momento de la floración pueden causar importantes pérdidas en las vainas y producir semillas deformadas y descoloridas. Las temperaturas superiores a los 27°C acortan el período de crecimiento y afectan adversamente a la polinización. Camarena (1990) indica que el cultivo de la arveja prefiere un clima frío a templado. La temperatura óptima para su crecimiento está entre los 10°C a 25°C pues a mayores temperaturas los rendimientos disminuyen y la calidad es menor debido a una madurez demasiado rápida.

✓ **Precipitación (mm)**

Mateo (1961) menciona que la arveja requiere un periodo de lluvias uniformemente distribuido, preferiblemente entre los 800 y 1,000 mm.año⁻¹, aunque la arveja crece bien en Ayacucho en zonas en las que las lluvias son de 650 mm.año⁻¹, siempre que los suelos sean profundos y retengan humedad.

Villavicencio (1995) indica que el cultivo es muy sensible a la sequía, requiriendo áreas donde exista buena disponibilidad de riego y suelos de muy buena capacidad de retención de humedad.

✓ **Fotoperiodo y luminosidad**

Camarena (1990) indica que la luz es importante para una buena floración, tanto la longitud del día como la intensidad de luz.

Villavicencio (1995) indica que este cultivo se comporta indiferente al fotoperiodo, pero se recomienda para plantas tardías días largos, para las plantas precoces y semitardías los días cortos.

1.6.3. Suelo

Veliz (1976) afirma que la arveja se puede cultivar en una amplia variedad de suelos; el cultivo prefiere suelos franco arenoso para el caso de cosecha temprana. Es importante que se cuente con una aireación y drenaje óptimo, especialmente en los suelos franco arcilloso.

Maroto (2000) da a conocer que la arveja prefiere suelos de textura ligera o media, frescos, terreno bien drenados, que no poseen excesivo contenido en caliza ni tampoco un pH excesivamente ácido, pudiendo cifrar su pH óptimo de desarrollo entre 6 y 6.5.

1.7. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE LA ARVEJA

1.7.1. Preparación del terreno

López (1994) afirma que la mejor época o momento para preparar el suelo es el invierno, esto auxilia las mejores características, físicas y químicas. La tierra debe quedar bien suelta, para que las semillas no tengan que forzar al brotar o cuando brotan las raíces de la plántula, dicha labor, ayuda a la aireación del suelo y el reparto más adecuado del agua, realizando: Labranza (1); rastra (2); surcada (1). Con tracción animal o mecanizada.

1.7.2. Siembra y Densidad

Casseres (1980) afirma que la arveja se siembra a chorrillo (en hileras continuas) con 1 a 2 cm, entre semillas cuando el sistema es bajo riego se siembra a un costado del surco por donde pasará el agua; estos surcos son de una sola hilera y están espaciados a 0.75 m del otro; otro sistema es de hilera doble sobre camellones a 0.90 m de espacio entre cada metro del camellón y dejando de 10 a 12 cm entre las dos hileras.

Manual Agropecuario (2002) señala que la siembra se hace de manera directa, colocando de tres a cuatro semillas cada 10 a 15 cm en hoyos de 4 a 5 cm en surcos separados 40 a 80 cm. Cuando se hace tutorado, la distancia es de 1 a 1.2 m entre surcos y 5 a 10 cm entre plantas; recomienda utilizar 40 a 60 kg de semilla por hectárea, con una densidad de 100,000 a 140,000 plantas.

Bravo (1969) menciona que una densidad alta trae un elevado auto sombreadamiento de las hojas inferiores que en la floración produce caída de las hojas y baja fructificación, con densidades bajas se consigue que la planta tenga una alta proporción de luz solar que incida al suelo; pero que esto no aprovecha en la fotosíntesis por lo que se observa una baja producción por unidad de superficie.

1.7.3. Fertilización

INIA (1998) indica que la fertilización es la técnica que tiene como finalidad aumentar la fertilidad y depende de las características del suelo, clima y tipo de cultivo. Tomando como abono de fondo 30-70-120 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O.

Tineo (2009) señala que la extracción para la arveja se estima en: 125-45-90 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, para un rendimiento de 10 t.ha⁻¹.

Maroto (2000) menciona que la arveja en la fijación simbiótica del nitrógeno puede captar entre 17 a 100 kg.ha⁻¹, según circunstancias del medio físico, cultivar, cepa de rhizobium, y de este valor, entre 22 al 95% se destina al crecimiento de la planta

1.7.4. Control de maleza

López (1994) manifiesta que la presencia de las malezas ocasiona la disminución en el rendimiento de la arveja, debido a que compiten por agua, luz solar, nutrimentos y bióxido de carbono; segregan sustancias alelopáticas.

Infoagro (2015) menciona que es necesario realizar esta actividad cuando las plantas tengan un 10 a 15 cm de altura, se da un pase de cultivador, que deje la tierra mullida y destruya las malas hierbas que hubieran nacido. Aunque actualmente la eliminación de malas hierbas se ha sustituido por tratamientos de herbicidas.

1.7.5. Aporque

Manual agropecuario (2002) señala que se debe aporcar la planta a los 25 a 30 días después de la siembra, con la finalidad de airear el suelo, facilitar el crecimiento de las raíces, fijar la planta al suelo y para eliminar las malezas que vienen creciendo después de la escarda. Realizar el cambio del surco simultáneamente con el aporque;

es decir, al aporcar se efectúa el cambio del surco y esta actividad se realiza con la finalidad de evitar que el agua de lluvia a través de la escorrentía llegue al pie de la planta y produzca daños radiculares por hongos del suelo.

1.7.6. Tutoraje o espalderas

López (1994) recomienda evaluar diferentes materiales para la elaboración de espalderas y realizar un análisis de costos, estudiar densidad de plantas conducidas con espaldera, para determinar el número óptimo de plantas por hectárea y así maximizar los rendimientos. Los tutores, se instalan a los 30 o 40 días después de la emergencia cuando las plantas emiten los zarcillos y estos se trepan en las rafias; sin embargo, necesitan que las guíen conforme van creciendo. La colocación de los soportes pueden ser una espaldera o caballete. Los soportes, deben tener una altura de 1.5 a 1.7 m y se entierran a una profundidad de 30 cm, se colocan cada 2 a 3 m y se sujetan de los extremos, se tensan 3 ó 4 pitas o rafias horizontales cada 40 ó 50 cm.

1.7.7. Riegos

Moscoso (2002) realizó un trabajo de investigación sobre “Efecto de Lámina de Agua en el rendimiento en verde de arveja-variedad Remate. Estación Experimental Canaán - INIA – Ayacucho” obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 1.2. Volumen de agua en el rendimiento de arveja-variedad Remate

Volumen de agua m³.ha⁻¹	Rendimiento en verde kg.ha⁻¹	Rendimiento en seco kg.ha⁻¹
1963	8,227.0	2,065.0
3949	10,178.0	2,454.0
4409	10,362.0	2,544.0
2770	10,502.0	2,618.0
3350	13,020.0	2,933.0

1.7.8. Plagas y Enfermedades

Cáritas del Perú (2007) menciona que existen muchas plagas y enfermedades que atacan la arveja, por eso es necesario que el agricultor realice inspecciones frecuentes

en su cultivo, para encontrar e identificar síntomas de plagas, como huevos, larvas, excrementos y daños o síntomas de enfermedades en la planta. Evaluaciones permanentes indicaran el momento del control sanitario.

Veliz (1976) indica que los principales insectos que atacan a este cultivo son: la minadora, gusano barrenador, gusano de tierra y áfidos. Un efectivo control entomológico depende de: elección del producto apropiado, equipo apropiado y adecuado, dosis correcta, mezcla uniforme, oportunidad de aplicación, y distribución uniforme.

Casseres (1980) menciona que la arveja puede ser atacado por el Trips, áfidos y a veces por el minador de la hoja o por el gorgojo; se debe seguir las recomendaciones locales. Las principales enfermedades son: pudrición de la semilla, la marchitez del Fusarium y la cenicilla. El tratamiento de la semilla antes de la siembra, es muy recomendable y se práctica como un paso preliminar de rutina; se emplea el Arazón, Aspergón, Phigón u otro buen protector. La pudrición suele ocurrir en las tierras muy húmedas y/o frías en los días siguientes a la siembra. También señala las principales plagas y enfermedades de la siguiente manera:

Tabla 1.3. Plagas de la arveja

Plagas
Insectos Minadores ➤ Mosca minadora (<i>Liriomyza huidobrensis</i> y <i>Agromyza sp.</i>)
Insectos que atacan brotes y vainas ➤ Barrenadores de brotes y vainas (<i>Laspeyresia leguminis</i>) ➤ Gusano perforador de brotes (<i>Epinotia aporema</i>)
Insectos chupadores ➤ Mosca blanca (<i>Aleurotrichus flocosus</i>) ➤ Trips (<i>Trips sp.</i>) ➤ Prodiplosis (<i>Prodiplosis longifilia</i>) ➤ Cigarrita verde (<i>Empoasca kraemeri</i>) ➤ Pulgones o Áfidos (<i>Aphis</i>) ➤ Araña roja (<i>Tetranychus sp.</i>)

Tabla 1.4. Enfermedades de arveja

Enfermedades
➤ Chupadera fungosa (<i>Rhizoctonia sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i>)
➤ Ascochyta (<i>Ascochyta pisi</i>)
➤ Antracnosis (<i>Colletotrichum pisi</i>)
➤ Oídium (<i>Erysiphe polygoni</i>)
➤ Mildiu (<i>Peronospora pisi</i>)
➤ Podredumbre mohosa gris (<i>Botrytis cinerea</i>)
➤ Mosaico y otras virosis
➤ Nematodos (<i>Meloydogine sp.</i>)

1.7.9. Cosecha

Mateo (1961) menciona que la cosecha o recolección de las vainas para el consumo en verde comienza en febrero y se continúa hasta finales del mes de abril, esto en las zonas más cálidas y en zonas más frías comienza más tarde (según la época de siembra), desde abril hasta junio. La cosecha se efectuara cuando el terreno esté seco, sujetando la planta con una mano y con la otra cortando los pedúnculos de las vainas con la uña. Esta operación suele hacerse varias veces.

Manual Agropecuario (2002) señala que la arveja se puede empezar a recoger 80 a 120 días después de sembrada, cuando el grano este verde o seco. En verde esta entre los 50 a 80 días después de la siembra mientras que en seco se encuentra entre los 80 a 120 días, dependiendo del clima y de la variedad sembrada. El grano verde se cosecha a mano, mientras que la cosecha del grano seco se hace cortando la planta a ras del suelo.

1.7.10. Rendimiento

Cubero (1988) reporta que los rendimientos en verde que se suelen obtener son: 8.0-10.0 t.ha⁻¹ vainas verdes con arvejas de enrame y, 3.50 a 5.50 t.ha⁻¹, en variedades Enanas. En los cultivos semi enrame pueden sobrepasar 12 a 15 t.ha⁻¹.

INIA (2008) menciona que con abonamiento de 40-80-60 de NPK, la arveja variedad INIA 103 Remate, alcanza un rendimiento en vaina más grano verde de 6.38 t.ha⁻¹,

con manejo sin tutores y 10.00 t.ha⁻¹, con tutores; en condiciones del Valle del Mantaro (Estación Experimental Agraria Santa Ana, Huancayo).

1.8. VARIEDADES

Faiguenbaum (1993) menciona que el (*Pisum sativum* L). es una especie dicotiledónea anual, perteneciente a la familia de las Fabáceas (Papilionáceas). En esta especie es posible distinguir tres variedades botánicas.

- ✓ *Pisum sativum* L. ssp. Sativum var. Macrocarpon Ser, es cultivada para consumo de las vainas; estas resultan comestibles por no presentar fibra en la unión de las valvas (pericarpio) y por carecer de endocarpio; esta última estructura, conocida también Como pergamino, corresponde a tejido de fibras esclerenquimáticas ubicado en la parte interna de las valvas. Los cultivares pertenecientes a esta variedad botánica presentan, en su mayoría flores de color blanco a púrpura. Los nombres comunes más importantes que se utilizan para denominar a esta variedad son: cómelo todo, arveja china, show pea, china pea, pois manguet-tout, etc.
- ✓ *Pisum sativum* L. ssp. Sativum var. Arvense L. Poir, es cultivada fundamentalmente para la obtención de granos secos, los cuales pueden ser utilizados en la alimentación humana y animal. Los cultivares usados con fines forrajeros corresponden también a esta variedad botánica. Las flores que presentan los cultivares de esta variedad son de color púrpura.

Casseres (1980) afirma que la arveja se puede agrupar en dos tipos según la naturaleza de la superficie de la semilla: el tipo de semilla lisa y el tipo de semilla arrugada, habiendo más variedades con semillas arrugadas que con lisa.

Cáritas del Perú (2007) reporta las siguientes variedades comerciales.

✓ **Variedad Usuy**

INIA (2003) menciona que es una planta de buen vigor, de altos rendimientos, de 1. 37 m de altura, 7 – 9 granos por vaina, se adaptan fácilmente a diversos climas del Perú y tienen buena demanda en el mercado local y nacional.

✓ **Variedad Rondo**

Es una variedad de periodo vegetativo semi precoz, cuya altura de planta es de 1.50 m, muy apreciada por los agricultores debido a su alto rendimiento, su ciclo vegetativo es de 120 y 130 días. Presenta vainas medianas con una longitud promedio de 9.13 cm, necesitan espalderas para un buen desarrollo.

✓ **Variedad RQ**

RQ es una variedad de periodo vegetativo semi precoz, cuya altura de planta es de 1.27 m, muy apreciada por los agricultores debido a su alto rendimiento, su ciclo vegetativo es de 120 y 130 días. Presenta vainas medianas con una longitud promedio de 8.5 cm, necesitan espalderas para un buen desarrollo.

✓ **Variedad Remate**

INIA (2003) reporta las siguientes características:

Tabla 1.5. Características agronómicas de la variedad Remate

Características morfológicas y agronómicas	- Días a la floración	50 - 70
	- Días a la madurez fisiológica	80 -110
	- Inicio de cosecha en vaina verde	90 días
	- Cosecha en grano seco	130 días
	- Altura de planta	0.90 – 1.10 m
	- Longitud de vaina	9,13 cm.
	- Vainas por planta	21
	- N° de granos por vaina	7
	- Peso de 1000 semillas	280 – 330
	- Tamaño de grano	7 mm
	- Color de grano en seco	Crema-liso
Rendimiento promedio	- En vaina verde	10,000 kg.ha ⁻¹ con tutores
		6,300 kg.ha ⁻¹ sin tutores
	- En grano seco	2,000 kg.ha ⁻¹ con tutores
		1,600 kg.ha ⁻¹ sin tutores
Sistemas de producción	- Época de siembra	Septiembre - Diciembre
	- Cantidad de semilla	70 kg.ha ⁻¹ .
	- Distanciamiento entre surco	0.80 m Chorro continuo
	- Profundidad de siembra	5 cm
	-Germinación	7 – 10 días

1.9. NUTRICIÓN MINERAL Y LA FERTILIZACIÓN DE ARVEJA

La práctica de la fertilización consiste en aplicar al suelo los nutrientes que se encuentran insuficientes para una producción esperada, los suelos sometidos a una agricultura intensiva si bien pueden tener una alta capacidad productiva generalmente son deficientes en nitrógeno, fósforo, potasio y algunas veces en otros macro y micro elementos que el agricultor necesita aplicarlos para obtener altos rendimientos que le aseguren una rentabilidad.

Las variaciones de la cantidad extraída de nutrientes minerales para la arveja dependen de la riqueza natural del sustrato, de la fertilización practicada y de la variedad sembrada. Por ejemplo en suelos bien provistos en NPK ya sea porque los suelos son ricos por naturaleza o porque fueron suficientemente fertilizados en los tejidos vegetales de la arveja se encontrará mayor concentración de estos elementos y la cantidad extraída por unidad de producción será más alta. Es por ello que se afirma que una adecuada fertilización no sólo incrementa la producción en cantidad sino también en calidad representada en mayor proporción de proteínas, vitaminas, etc. En suelos ácidos la disponibilidad de elementos menores como Fe, Mn, Zn, Cu, y B (excepto Mo) habitualmente es mayor, por consiguiente un cultivo que crece en suelos ácidos obviamente tendrá mayor concentración y extraerá mayor cantidad de estos elementos por unidad de producción. De la misma manera si el cultivo estuviese sembrado en un suelo calcáreo donde los elementos menores se encuentran mayormente en la forma oxidada es decir en formas menos disponibles, los tejidos tendrán menor concentración de estos minerales (Fe, Mn, Zn, Cu, B) y las extracciones por unidad de producción serán menores sin que necesariamente signifique deficiencia que limite la producción.

Cuando se piensa en fertilizar, comúnmente se limita a los macro nutrientes primarios (NPK) y raras veces a los micro nutrientes secundarios (Ca, Mg y S) debido a que los suelos cultivados generalmente son suficientes en estos nutrientes, y en caso de que no lo fueran, se eligen fertilizantes nitrofosfopotásicos que adicionalmente contengan estos elementos en su composición.

En cuanto a micronutrientes o micro elementos (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo) rara vez el agricultor se preocupa de estos; primeramente porque las necesidades requeridas son muy pequeñas (gramos o pocos kilogramos por hectárea) y por lo común los suelos cultivados están en condiciones de abastecer toda la cantidad necesaria aún para obtener cosechas de altos rendimientos. En caso de que los suelos fuesen insuficientes en la disponibilidad de micronutrientes para obtener altos rendimientos se puede recurrir a suplirlos mediante la fertilización foliar aprovechando la aplicación de algún producto fitosanitario.

1.10. DINÁMICA DE LOS NUTRIENTES EN EL SUELO

1.10.1. Nitrógeno

Fassbender y Bornemisza (1987) mencionan que la disponibilidad de este elemento es de gran importancia para las plantas, las que absorben nitrato y amonio que utilizan en la síntesis de las proteínas y de otros compuestos orgánicos vegetales. A través de los procesos microbianos de fijación del N, se produce un enriquecimiento en el suelo.

Aproximadamente el 98% del N total de la tierra, se presenta en la litósfera (suelos, rocas, sedimentos, materiales fósiles). El resto del N se encuentra casi en su totalidad en el aire, del que constituye el 78%, presentándose en forma molecular (N_2). En las aguas de la hidrosfera el nitrógeno aparece en forma molecular (N_2) e inorgánico como NO_3^- , NO_2^- y NH_4^+ , y en forma orgánica, en partículas de materia orgánica.

Tisdale y Nelson (1985) mencionan que el nitrógeno tiene vital importancia para la nutrición de la planta y su suministro puede ser controlado por el hombre. Este elemento, para ser absorbido por la mayoría de las plantas, excepto leguminosas, debe estar en forma diferente que la del nitrógeno elemental. Las formas más comúnmente asimiladas por las plantas son los iones de (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+). La urea también puede ser absorbida por la plantas (NH_2CONH_2).

Plaster (1997) manifiesta que el nitrógeno, más que cualquier otro elemento, facilita el crecimiento rápido y el color verde oscuro. Las plantas necesitan mucha

cantidad de nitrógeno porque forma parte de muchos compuestos importantes, incluyendo la proteína y la clorofila.

Buckman y Brady (1993) mencionan que la cantidad de nitrógeno en el suelo es pequeña, mientras que la consumida anualmente por los cultivos es comparativamente grande. A veces, el nitrógeno del suelo es demasiado soluble y así desaparece por drenaje; a veces se volatiliza; otras es definitivamente inasimilable por la plantas superiores.

a. Fijación de nitrógeno

Tisdale y Nelson (1985) indican que la fuente final del nitrógeno utilizado por las plantas es el gas inerte (N_2), que constituye aproximadamente el 78% de la atmósfera terrestre. Sin embargo, en esta forma elemental, no es utilizado por las plantas superiores. Los caminos principales por los que el nitrógeno es convertido a formas utilizables por las plantas superiores son los siguientes. (1) Fijación de nitrógeno por rhizobium y otras bacterias simbióticas; (2) fijación de nitrógenos microorganismos que viven libremente en el suelo; (3) fijación atmosférica a través de descargas eléctricas; (4) fijación industrial del nitrógeno.

Fassbender y Bornemisza (1987) manifiestan que las principales formas asimilables de N para la planta son la nítrica y la amoniacal. Sin embargo, éstas representan sólo una pequeña fracción del N en la naturaleza y serían insuficientes para satisfacer las necesidades de la vegetación que cubre la corteza terrestre. La mayor cantidad de N se encuentra en la atmósfera, donde constituye aproximadamente el 80% del volumen total. Este contenido atmosférico se aprovecha, a través de los procesos microbianos de la fijación y de las descargas de N en la precipitación pluvial, cubriéndose casi las necesidades de las plantas.

Buckman y Brady (1993) manifiestan que se reconocen cuatro vías de adquisición en los suelos cultivables: (1) fijación del nitrógeno por las bacterias de las leguminosas; (2) fijación libre o nitrificación; (3) adiciones en el agua de lluvia y nieve, y (4) aplicación del nitrógeno en fertilizantes, estiércol y plantas verdes.

A continuación estudiaremos ordenadamente.

a.1 Fijación simbiótica del nitrógeno

Tisdale y Nelson (1985) mencionan que las cantidades de nitrógeno fijado por la *Rhizobia* difieren con la cepa *Rhizobial*, la planta huésped, y las condiciones ambientales bajo las que ambas se desenvuelven, aunque no es de gran interés para la agricultura según es practicada en la mayoría de los avanzados, la fijación del nitrógeno por los árboles leguminosos es importante para la ecología de los bosques tropicales y subtropicales

Fassbender y Bornemisza (1987) manifiestan que los microorganismos simbióticos contribuyen con la mayor proporción en la fijación de N. Entre ellos, las diferentes razas del *Rhizobium leguminosarum* (*Bacterium radicola*) son las más importantes; se desarrollan en simbiosis con las plantas de las subfamilias Papilionoidea.

a.2 Microorganismos que viven libremente en el suelo

Tisdale y Nelson (1985) manifiestan que la fijación del nitrógeno en los terrenos se realiza también en cierto modo por algunos organismos que viven libremente, los cuales incluyen a numerosas especies de las algas azul-verdosas y ciertas bacterias que viven libremente. Los más importantes son los *Rhodospirillum*, que son fotosintéticos, *Clostridium*, que es una saprofita anaerobio, y los saprofitas aerobios, *Azotobacter* y *Beijerinckia*.

Fassbender y Bornemisza (1987) consideran que algunos otros microorganismos libres, asimbióticos, están capacitados para la fijación de N. Son heterótrofos con respecto al carbono: necesitan para su desarrollo azúcares, celulosa o almidones, los que encuentran en el suelo, producidos, muchas veces, por otros microorganismos. La cantidad de N fijada por los microorganismos no simbióticos, no son tan altas como la fijada simbióticamente.

a.3 Fijación atmosférica a través de descargas eléctricas

Tisdale y Nelson (1985) mencionan que los compuestos nitrogenados se hallan en

la atmósfera y vuelven a la tierra cuando llueve. EL nitrógeno está en forma de amoníaco, NO_3^- , NO_2^- , y óxido nitroso, y combinaciones orgánicas. Todas estas distintas formas de nitrógeno atmosférico están siendo continuamente devueltas al suelo por la lluvia. La cantidad total de nitrógeno fijado llevado de esta forma al terreno ha sido estimada y varia del orden de entre 1 a 50 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ anualmente, dependiendo del lugar.

Fassbender y Bornemisza (1987) manifiestan que la fijación del nitrógeno por las descargas eléctricas, están en función de las descargas eléctricas y tormentas en la atmósfera, con la cual el N molecular (N_2) se oxida a (NO^+) y en las nubes reacciona hasta ácido nítrico (NO_3^-). Con las lluvias se produce así una transferencia de N; las cantidades dependen de la intensidad de las descargas, de la cantidad de lluvia y de la contaminación del aire

Plaster (1997) señala que las cantidades que se precipitan son variables, fluctuando normalmente según la estación y localidad. Se sabe que las adiciones son mayores en los trópicos que en las regiones templado - húmedas y mayores en éstas que en los climas semiáridos

a.4 Fijación industrial del nitrógeno

Tisdale y Nelson (1985) manifiestan que desde el punto de vista de la agricultura comercial, tal como se practica en los Estados Unidos, Europa y otros países desarrollados, la fijación industrial del nitrógeno es la fuente más importante de este elemento como nutriente de las plantas.

b. Formas de nitrógeno en los suelos

Tisdale y Nelson (1985) lo clasifican en nitrógeno inorgánico y orgánico.

b.1 Compuestos nitrogenados inorgánicos

Tisdale y Nelson (1985) manifiestan que las formas inorgánicas del nitrógeno del suelo incluyen NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , N_2O , NO . Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, las formas NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- son de mayor importancia; el óxido nitroso y el óxido nítrico también son importantes en un cambio negativo.

Fassbender y Bornemisza (1987) indican que en las formas inorgánicas el nitrógeno se presenta como óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), dióxido (NO_2) y amoníaco (NH_3), en cantidades mínimas casi no detectables; además, como el amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-). Por lo general, estas formas inorgánicas constituyen solo hasta el 2% del N total del suelo.

b.2 Compuestos nitrogenados orgánicos

Tisdale y Nelson (1985) afirman que la formas orgánicas del nitrógeno del suelo se hallan como aminoácidos y proteínas consolidados, aminoácidos libres, amino azúcares, y otros complejos, generalmente compuestos no identificados.

Fassbender y Bornemisza (1987) mencionan que el nitrógeno orgánico representa entre el 85 y 95% del nitrógeno total. Los compuestos nitrogenados que se acumulan en los suelos en forma de restos de animales y vegetales, tienen en su mayoría naturaleza proteica.

c. Dinámica del nitrógeno

c.1 Transformaciones del nitrógeno en los suelos

Tisdale y Nelson (1985) manifiestan que las plantas absorben la mayor parte de su nitrógeno en forma de NH_4^+ y de NO_3^- . Las cantidades de estos iones que pueden utilizarse por las raíces de las plantas agrícolas dependen en gran parte de las cantidades suministradas como fertilizantes nitrogenados comerciales y liberadas de las reservas de nitrógeno del terreno contenidas en compuestos orgánicos. La mineralización del nitrógeno es simplemente la conversión de nitrógeno orgánico a la forma mineral (NH_4^+ , NO_3^- y NO_2^-). La inmovilización del nitrógeno es la conversión del nitrógeno inorgánico o mineral a la forma orgánica.

d. Equilibrio del nitrógeno orgánico mineral en el suelo

Tisdale y Nelson (1985) manifiestan que la materia orgánica en sentido amplio se agrupa en dos categorías. La primera es un material relativamente estable denominado humus, que es algo resistente a una rápida descomposición. La segunda incluye aquellos materiales orgánicos que se hallan sujetos a una descomposición francamente rápida, materiales que van desde residuos frescos de

las cosechas a aquellos que por una cadena de reacciones de descomposición se aproximan a un cierto grado de estabilidad.

El nitrógeno es necesario en alguna forma para la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos heterótrofos del terreno. Si el material orgánico que se descompone tiene una cantidad de nitrógeno pequeña en relación al carbono presente (paja de trigo, tallos de cereales maduros), los microorganismos utilizan algún NH_4^+ , o NO_3^- existente en el terreno. Este nitrógeno es necesario para permitir un rápido crecimiento de la población microbiana que acompaña a la adición al terreno de una gran proporción de material carbonado.

La proporción del porcentaje de carbono respecto al nitrógeno se denomina la relación carbono: nitrógeno, o simplemente relación C: N, lo que define las cantidades relativas de estos dos elementos minerales los materiales orgánicos recientes, humus. La relación C: N de la materia orgánica estable del suelo es de aproximadamente 10:1.

Como regla general, cuando los materiales orgánicos con una relación C: N mayor de 30 se añaden a los terrenos, hay una inmovilización del nitrógeno del terreno durante el proceso de descomposición inicial.

e. Mineralización de los compuestos nitrogenados

Tisdale y Nelson (1985) manifiestan que la mineralización de los compuestos nitrogenados orgánicos se produce etapa por etapa en tres reacciones esenciales: aminización, amonificación y nitrificación.

Buckman y Brady (1993) manifiestan que la mineralización del nitrógeno en los suelos se realiza por tres procesos: aminificación, amonificación y nitrificación.

❖ Aminización

Tisdale y Nelson (1985) mencionan que la descomposición de los materiales nitrogenados es la descomposición hidrolítica de las proteínas, y la liberación de aminos y de aminoácidos

Buckman y Brady (1993) manifiestan que las proteínas y compuestos semejantes, que constituyen en gran parte la materia nitrogenada comúnmente añadida al suelo, son de poco valor para las plantas superiores. Pueden, sin embargo, ser fácilmente utilizadas por los organismos heterogéneos, del suelo, tanto vegetal como animal. Como resultado de la digestión enzimática realizada por los organismos, tales compuestos se degradan fácilmente en compuestos aminados, como proteasas, peptonas y, finalmente, aminoácidos.

❖ **Amonificación**

Tisdale y Nelson (1985) afirman que las aminas y los aminoácidos así liberados son utilizados posteriormente por otros grupos de organismos heterótrofos con la liberación de compuestos amoniacales.

Buckman y Brady (1993) manifiestan que los mismos organismos, en general, que facilitan la aminización también promueven la amonificación. Al hacerlo así producen varias fuentes de energía y se apropian del nitrógeno vecino. La amonificación parece progresar en suelos bien aireados y drenados con muchos cationes alcalinos presentes.

Fassbender y Bornemisza (1987) manifiestan que a través de la amonificación, las macromoléculas de las proteínas, los ácidos nucleicos y otros, en primer lugar, son despolimerizado por la acción de las enzimas proteolítica, en peptonas y polipeptidos; estos últimos, a su tiempo, se descomponen en aminoácidos.

❖ **Nitrificación**

Tisdale y Nelson (1985) manifiestan que algo de NH_4^+ liberado en el proceso de amonificación es convertido a nitrato. Esta oxidación biológica del amoniaco a nitrato se conoce como nitrificación.

Fassbender y Bornemisza (1987) mencionan que el amonio resultante de la mineralización de N orgánico y/o aplicado al suelo en forma de fertilizantes, es oxidado en el suelo, pasando primero a formas nitrosas y después a las formas nítricas. Al conjunto de estos procesos se le llama nitrificación.

Tisdale y Nelson (1985) manifiestan que los factores que afectan la nitrificación en el suelo son: (1) el suministro del ion amonio, (2) la población de organismos nitrificante, (3) la reacción del suelo, (4) la aireación del suelo, (5) la humedad del suelo, y (6) la temperatura.

f. Retención de nitrógeno iónico en el suelo

Tisdale y Nelson (1985) manifiestan que la naturaleza del NH_4^+ permite su adsorción y retención por el material coloidal del suelo. De esta manera no está sujeto a eliminación por filtración de las aguas como en forma de nitrato. El nitrógeno en forma de amonio puede ser retenido en los suelo durante largos periodos de tiempo si las condiciones para la nitrificación son desfavorables

Una vez que el amoniaco es nitrificado queda sujeto a filtración, porque el anión nitrato no es retenido por las arcillas. El nitrógeno como nitrato es completamente móvil en los terrenos y se transporta sin límite, ampliamente, con el agua del terreno. Igualmente manifiesta que el nitrógeno en forma de amonio como el nitrógeno en forma de nitrato pueden ser inmovilizados por la microflora del suelo.

g. Fijación de amonio

Tisdale y Nelson (1985) manifiestan que una de las posibles suertes del nitrógeno NH_4^+ en los terrenos es su fijación por las arcillas tipo 2:1 (montmorillonita, la illita, y la vermiculita). La fijación de NH_4^+ es similar a la de la fijación del K^+ .

h. Funciones de nitrógeno en la planta

Zavaleta (1992) menciona que el nitrógeno participa en el protoplasma celular, constituye proteínas, clorofila, nucleótidos, alcaloide, enzimas, hormonas, vitaminas. Da color verde oscuro, fomenta el desarrollo vegetativo y la succulencia.

Devlin (1970) manifiesta que probablemente el papel más importante del nitrógeno en las plantas es su participación en la estructura de la molécula proteica. Además, el nitrógeno se encuentra en moléculas tan importantes como las purinas, pirimidinas, porfirinas y coenzimas. Las purinas o las pirimidinas se

encuentran en los ácidos nucleicos, ARN Y ADN, esenciales para la síntesis de las proteínas.

i. Deficiencia de nitrógeno

Plaster (1997) señala que la deficiencia del nitrógeno en todas las plantas permite un crecimiento lento y la falta de crecimiento son las señales más obvias de una escasez de nitrógeno.

Devlin (1970) manifiesta que el síntoma de la deficiencia en nitrógeno más fácilmente apreciable es el amarillamiento de las hojas, debido a una disminución del contenido de la clorofila. En general, este síntoma empieza a notarse en las hojas más maduras, y aparece en último lugar en las hojas superiores sometidas a un crecimiento más activo. Esta aparición de los síntomas de deficiencia en nitrógeno en las hojas más jóvenes se debe a la elevada movilidad del nitrógeno en la planta. Las hojas jóvenes retienen su nitrógeno y, por si fuera poco, absorben nitrógeno procedente de las hojas más viejas.

1.10.2. El fósforo

Tisdale y Nelson (1985) menciona que exceptuando al nitrógeno, ningún elemento es tan decisivo para el crecimiento de las plantas, como el fósforo.

Fassbender (1984) señala que el fósforo es relativamente estable en los suelos, no presenta compuestos inorgánicos como los nitrogenados que pueden ser lixiviados y volatilizados. Esta estabilidad se debe a su baja solubilidad, que a veces causa deficiencias de disponibilidad para las plantas. Los fosfatos se originan del mineral “Apatita”, que está constituido 90% de fosfato tricálcico, conteniendo F y Ca en forma de sal doble, cierta cantidad de ácido sílico y en ciertas ocasiones Fe y Mn. Los cristales de apatita se encuentran en la mayoría de las rocas ígneas y metamórficas, que al meteorizarse, la apatita y su fosfato componente se incorporan al suelo.

La FAO (2007) menciona que el fósforo es un macronutriente esencial para las plantas. Es absorbido por las raíces principalmente como H_2PO_4^- y en menor grado

como HPO_4^{2-} . El contenido en la materia seca de las plantas es 0.1-0.4%. Se menciona en el mercado de los fertilizantes como P_2O_5 (pentóxido de fósforo). El fósforo en las plantas está involucrado en la transferencia de energía, división celular, desarrollo de tejido y en el crecimiento. Es un constituyente del ADN, ARN, así como de las moléculas portadoras de energía ADP, ATP, etc. Juega un papel importante en la promoción del crecimiento de la raíz, desarrollo del grano y la sincronización de la maduración. Después del N, es el nutriente más importante. La condición asociada con el nivel insuficiente de P en el sistema suelo - planta, se refiere como deficiencia de P, retarda el crecimiento del cultivo, desarrollo de las raíces y demora la maduración. Los síntomas de deficiencia comienzan a aparecer en las hojas más viejas. Se desarrolla un color verde-azuloso a rojizo que puede conducir a tintes bronceados y color rojo. La deficiencia de fósforo en los suelos alcalinos neutros se indica por menos de 10 kg P/ ha., en la capa arable, mediante la extracción con bicarbonato de sodio (Olsen).

a. El fósforo en el suelo

Black (1975) indica que el fósforo en el suelo se encuentra casi exclusivamente como ortofosfato, derivándose todos los compuestos de ácido fosfórico. Puede clasificarse como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza en el que se halla. La fracción inorgánica puede clasificarse por su naturaleza física, mineralógica o química y/o por combinación de ellas en formas cristalizadas con el Fe, Al, F, y Ca; así como fosfatos amorfos y ocluidos.

Tisdale y Nelson (1985) indican que la fracción orgánica se halla en el humus, de acuerdo a su estructura química, forma fosfatos orgánicos, como: fosfolípidos, fosfoproteínas, fosfatos metabólicos, fosfatos de inositol y ácidos nucleicos.

Fassbender (1984) menciona que factores como la temperatura, precipitación, grado de desarrollo de los suelos, acidez, actividad biológica; determinan la participación de las fracciones orgánicas e inorgánicas del fósforo.

b. El fósforo en la solución del suelo

Domínguez (1989) y Estrada (1986) mencionan que el fósforo en la solución del suelo se encuentran en cantidades muy pequeñas, de 0.03 a 0.30 ppm, siendo las formas importantes: los fosfatos mono y dibásico y en menor importancia los ortofosfitos; de modo que en los suelos pobres deben renovarse para cubrir las necesidades de las plantas.

Thompson (1974) menciona que la concentración de iones fosfato en la solución suelo están relacionados con el pH del medio. Entre 2 y 7, predominan los iones H_2PO_4^- y entre 7 a 12, iones HPO_4^{2-} . La concentración del fosfato monobásico es máxima a pH 4 y mínimo a pH de 9, lo contrario ocurre con el fosfato bibásico. Los dos iones se encuentran en equilibrio a un pH de 7.2.

Entre el pH 5.5 a 6.0, la solución acuosa del suelo contiene la máxima concentración de fosfato monobásico; estando en equilibrio con los fosfatos de Fe, Al y Ca.

c. El fósforo en la planta

c.1 El fósforo en la planta absorción del ácido fosfórico

Domínguez (1989) afirma que las plantas absorben elementos nutritivos por contacto directo de las raíces con las partículas sólidas del suelo, pequeñas cantidades de fósforo; pero lo hacen mayormente por difusión de la solución del suelo en forma de ión ortofosfato monobásico y en menor cantidad como ión ortofosfato bibásico. También pueden absorber moléculas de iones fosfato orgánico.

Black (1975) señala que la absorción de iones ortofosfato, están influenciados por otros aniones minerales; disminuye cuando aumenta en la solución suelo las concentraciones de los iones NO_3^- y SO_4^{2-} , aumenta en presencia del catión NH_4^+ .

c.2 Distribución del ácido fosfórico en la planta

Russell (1968) menciona que el ácido fosfórico es un componente esencial de las plantas, se encuentra combinado con otras sustancias o con cuerpos simples,

formando fosfatos minerales o en la mayoría de los casos son sustancias complejas, que forman combinaciones orgánicas (lecitinas, fitinas, ácido nucleico, fosfolípidos y metabolitos fosforilados). El ácido fosfórico abunda en los órganos jóvenes de las plantas, se almacena en las semillas en forma de sustancias de reserva. Las plantas lo absorben sobre todo durante el período de crecimiento activo y al final de la vegetación, se aprecia el traslado del ácido fosfórico hacia los órganos de reserva de la planta.

Domínguez (1989) señala que entre los compuestos frecuentes destaca el di y trifosfato de adenosina (ADP, ATP), dinucleótido de adenina, nicotinamida.

c.3 Rol del fósforo en la planta

Tisdale y Nelson (1985) afirman que los compuestos citados anteriormente y otros orgánicos fosforados, son los responsables de la mayoría de los cambios de energía en los procesos de vida aeróbicos y anaeróbicos. Estos compuestos fosfóricos son esenciales para la fotosíntesis, la interconversión de carbohidratos y compuestos afines: glicólisis, metabolismo del azufre oxidaciones biológicas y otros procesos.

El fósforo es un elemento esencial y constituyente de los procesos de transferencia de energía tan vitales para la vida y en crecimiento de las plantas. El fósforo en la planta, constituye e interviene favorablemente en las siguientes funciones:

- ✓ División celular y crecimiento.
- ✓ Floración, fructificación y formación de la semilla.
- ✓ Desarrollo radicular.
- ✓ Mejora la calidad de las cosechas.
- ✓ En las leguminosas favorece el desarrollo de los nódulos.
- ✓ Incrementa el peso y el tamaño de los cultivos que se explota por sus raíces y tubérculos.
- ✓ Desarrollo rápido y vigoroso de las plantas jóvenes.
- ✓ Confiere a las plantas precocidad al acelerar la floración y fructificación.

c.4 Síntomas de deficiencia de fósforo

Devlin (1970) señala que la deficiencia en fósforo, puede provocar en las plantas, la caída prematura de las hojas, aparición de pigmentación roja o púrpura. Presencia de zonas necróticas sobre las hojas, pecíolos, frutos; con un aspecto achaparrado y débil de las plantas.

Devlin (1970), Black (1975), Tisdale y Nelson (1985) expresan que la deficiencia en fósforo en los cultivos, muestran los siguientes síntomas:

- Lento crecimiento y desarrollo de la planta.
- Poco desarrollo del xilema y floema.
- Escasa floración y fructificación.
- Retraso en la maduración de las cosechas.
- Las hojas, muestran una coloración verde oscura con matices rojizos (antocianina).
- Menor peso y tamaño de las plantas.
- Tallos pequeños, delgados y débiles.
- Los granos pequeños no germinan.
- Bajo rendimiento en grano, frutos y semillas.

1.10.3. Potasio

Plaster (1997) menciona que el potasio es un nutriente clave para la planta. Las plantas consumen más potasio que cualquier otro nutriente, exceptuando el nitrógeno. El potasio se disuelve en los fluidos de la planta, cubriendo diversas funciones reguladoras.

Tisdale y Nelson (1985) manifiestan que el potasio es absorbido por las plantas en cantidades mayores que cualquier otro elemento mineral exceptuando el nitrógeno y quizás el calcio. Grandes depósitos en forma de sales de cloruro y sulfatos se hallan en grandes depósitos de varios centenares y algunas veces varios miles de pies debajo de la superficie de la tierra.

Buckman y Brady (1993) mencionan que las razones por las cuales no se ha observado una vasta deficiencia de este elemento hasta muy recientemente son,

por lo menos, dos. En primer lugar, la cantidad de potasio originariamente en reserva era muy grande en la mayor parte de los suelos, lo que permitió muchos años de cosecha hasta que apareciera la verdadera falta de él. En segundo lugar, aun cuando el potasio, en ciertos terrenos, pudiera haber sido insuficiente para que las cosechas obtuvieran un rendimiento óptimo, la producción estaba primordialmente afecta por falta de N y P, falta que ocasionó una limitación drástica.

Fassbender y Bornemisza (1987) manifiestan que en la corteza terrestre el potasio contiene aproximadamente 2.5% de K, así el potasio ocupa el octavo lugar de abundancia de elementos químicos en la corteza terrestre. Igualmente manifiesta que el contenido de potasio en los minerales que constituye las rocas y, desde luego, los suelos, es igualmente variable.

a. Formas de potasio en los suelos

Buckman y Brady (1993) clasifican al potasio en función de su aprovechamiento en tres grupos generales: (1) rápidamente asimilable; (2) lentamente asimilable y (3) no aprovechable.

Fassbender y Bornemisza (1987) clasifican al potasio de la siguiente manera; (1) potasio estructural; (2) potasio en los minerales secundarios; (3) potasio adsorbido; (4) potasio intercambiable y, (5) potasio en la solución del suelo.

Tisdale y Nelson (1985) afirman que el potasio en muchos suelos, de la cantidad total de potasio en el suelo, tan solo una fracción puede ser utilizada inmediatamente por las plantas. Igualmente lo clasifica en tres formas: (1) el potasio fijado, (2) el potasio lentamente disponible, y (3) fácilmente disponible.

a.1 Potasio fácilmente disponible

Tisdale y Nelson (1985) manifiestan que el potasio se halla en la solución del suelo y en el complejo de intercambio y es fácilmente absorbido por la planta, esta forma de potasio se encuentra de 1-2 % en la solución del suelo.

Buckman y Brady (1993) afirman que el potasio prontamente asimilable constituye aproximadamente solo el 1-2% de la cantidad total de este elemento en un suelo mineral medio. Aparece en los suelos bajo dos formas: (1) potasio en las soluciones del suelo, y (2) potasio intercambiable adsorbido en las superficies coloidales del suelo. Aunque la mayor parte de este potasio asimilable (90%) está en forma intercambiable, la solución de potasio en el suelo es algo más fácilmente absorbida por las plantas superiores y, por supuesto, sujeta a considerables pérdida por drenaje.

Fassbender y Bornemisza (1987) indican que el K que contiene la solución del suelo, donde se produce la absorción por la planta, es una fracción muy pequeña del K total. El K en la solución del suelo es directamente disponible por la planta, y en condiciones específicas puede ser percolador, lo que, a veces genera una pérdida de potasio en el suelo. El K intercambiable se encuentra adsorbido al complejo coloidal del suelo (arcilla, materia orgánica e hidróxidos) está en equilibrio con el K de la solución del suelo. Cuando las plantas absorben el K, su reposición en la solución del suelo se produce a partir del K cambiante.

a.2 El potasio lentamente disponible

Tisdale y Nelson (1985) mencionan que el K es tomado gradualmente por las plantas a través de reacciones de minerales tales como la illita, que aparecen alternativamente para eliminarlo o fijarlo, dependiendo de diversos factores. Uno es la concentración de potasio disponible en la solución del suelo en la forma cambiante, también manifiesta que el potasio fácilmente disponible se encuentra del 1-10%.

Buckman y Brady (1993) manifiestan que bajo determinadas condiciones de suelo, el K de ciertos fertilizante, tales como el cloruro de potásico, no solo es absorbido, como antes se dijo, sino que también puede ser “fijado”, por ciertos coloides del suelo. En esta forma el K no puede ser reemplazado por los métodos ordinarios de cambio y, en consecuencia, se considera como potasio no cambiante. Además ya que el potasio fijado es reconvertido lentamente a formas asimilables, de ningún modo queda totalmente perdido para las plantas que se desarrollan.

a.3 Potasio no aprovechable

Buckman y Brady (1993) manifiestan que la mayor parte (del 90 al 98%) del K total de un suelo está casi siempre en formas no aprovechables. Los compuestos conteniendo gran cantidad en esta forma de potasio son los feldespatos y las micas.

Tisdale y Nelson (1985) mencionan que el potasio no disponible se halla en minerales primarios tales con mica y feldespatos y en ciertos minerales secundarios que atrapan potasio en su estructura.

b. Fijación de potasio

Fassbender y Bornemisza (1987) indican que la fijación de potasio, o la acumulación de este elemento en el espacio intercelular de las arcillas, es un fenómeno de gran importancia dentro de su dinámica. Este proceso ocurre debido a características específicas de los minerales arcillosos del grupo 2:1, como las **illitas, montmorillonita y vermiculitas**, en virtud de características específicas de los iones K^+ y NH_4^+ . El K^+ y el NH_4^+ fijados son accesibles a la planta solamente cuando faltan otras formas disponibles de K del suelo.

c. Pérdidas de potasio en los suelos

c.1 Pérdida por filtración

Buckman y Brady (1993) señalan que al contrario de lo que se produce con el N y P gran cantidad de potasio se pierde por lixiviación. En casos extremos, la magnitud de esta pérdida puede llegar casi a la de la potasa absorbida por el cultivo.

c.2 Pérdidas por erosión

Fassbender y Bornemisza (1987) mencionan que la importancia de la pérdida de elementos nutritivos, debidos al agua de escorrentía y gravitacionales, puede comprenderse al observar los datos disponibles sobre el río Amazonas. La cuenca de las amazonas abarca cerca de 7×10^6 km² en varios países de América del Sur y presenta una descarga anual promedio de 218000 m³/segundo. Un estudio de Gibbs (31) sobre los diferentes afluentes y el río Amazonas como tal, registró por un lado valores de materiales de suspensión entre 2 y 120 mg.l⁻¹ y un promedio de 75 mg.l⁻¹ en el

Amazonas, al tiempo que las pérdidas totales de materiales suspendidos se calcularon en 5×10^6 t por año; por otro lado, los materiales disueltos alcanzaron valores entre 25 y 45 mg.l^{-1} con un promedio de 36 mg.l^{-1} , lo que implica una pérdida de 2479000 t.año^{-1} . Estas pérdidas son irreparables.

c.3 Pérdidas por las cosecha

Buckman y Brady (1993) manifiestan que la tercera fase del problema del potasio concierne a la concentración del dicho elemento en la plantas o, en otras palabras, su absorción por las plantas. Bajo las condiciones ordinarias del campo y con una reserva nutritiva adecuada, la absorción de potasio por los vegetales es elevada, a menudo, 3 a 4 veces la del fósforo e igual a la del hidrogeno.

d. Consumo de lujo

Buckman y Brady (1993) manifiestan que una cierta cantidad de este elemento es requerido para que el rendimiento sea óptimo, y se le denomina potasio requerido. Todo el potasio consumido por encima de este nivel crítico es considerado como de “lujo”, pues su remoción es totalmente inútil.

Tisdale y Nelson (1985) mencionan que el término consumo de lujo ha sido impropriamente utilizado. Significa que las plantas pueden continuar absorbiendo un elemento en cantidades que exceden de lo que se requiere para su crecimiento óptimo. Esto da como resultado una acumulación del elemento en la planta sin un aumento correspondiente en el crecimiento y sugiere, en otra palabra, un uso ineficaz y antieconómico de este elemento particular.

e. Función de potasio en la planta

Buckman y Brady (1993) manifiestan que el potasio es esencial para la formación del almidón y la hidrólisis de los azúcares. Es necesario para el desarrollo de la clorofila, aunque no entre en la formación de su molécula como lo hace el magnesio.

Domínguez (1989) afirma que el potasio ejerce una función muy importante como osmorregulador disuelto en el jugo celular. Su acumulación en la raíz crea un

gradiente osmótico que permite el movimiento del agua, en la planta, operando de igual modo en las hojas. También es un elemento específico como regulador del movimiento de apertura y cierre de estomas.

Donahue, Miller y Shickluna (1981) manifiestan que el potasio en las plantas está en forma móvil más que como una parte integral de cualquier compuesto fijo. El potasio ayuda a mantener la permeabilidad de la célula, ayuda en la translocación de carbohidratos, mantiene el hierro más móvil en la planta y aumenta la resistencia de las plantas a ciertas enfermedades.

f. Síntomas de deficiencia del potasio

Devlin (1970) indica que al principio se presenta un moteado de manchas cloróticas, seguido por el desarrollo de zonas de necrosis en la punta y los bordes de la hoja. Debido a la movilidad del potasio, estos síntomas suelen aparecer primero en las hojas maduras. Así mismo, en muchos casos, el ápice de la hoja presenta una tendencia a encorvarse hacia abajo.

Buckman y Brady (1993) afirman que cuando el potasio es deficiente en cantidad, las hojas del cultivo se secan y se endurecen en los bordes, mientras que las superficies presentan una clorosis irregular.

1.11. MANEJO DE NUTRIENTES POR SITIO ESPECÍFICO (MNSE)

El manejo de nutrientes en la arveja puede beneficiarse de nuevos métodos para desarrollar recomendaciones de fertilización que permitan ajustes en la aplicación de nutrientes que se acomoden a las necesidades específicas de cada región agroclimática y que hagan uso eficiente de los nutrientes aplicados. Una de estas metodologías es el MNSE.

El MNSE es una metodología que busca entregar nutrientes a la planta como y cuando los necesita. Esta forma de manejo permite ajustar dinámicamente el uso de fertilizantes para llenar afectivamente el déficit que ocurre entre la necesidad total de nutrientes para obtener rendimientos altos y el aporte de los nutrientes provenientes de las fuentes nativas del suelo. Este déficit debe ser compensado

con la aplicación de fertilizantes. Con esta forma de manejo se busca aplicar los nutrientes en dosis óptimas y al momento adecuado para obtener altos rendimientos y alta eficiencia de uso de los nutrientes por el cultivo.

1.11.1. Determinación del rendimiento potencial y del rendimiento alcanzable

Evans (1983) la determinación del rendimiento potencial en condiciones ideales se logra utilizando modelos que simulan el crecimiento asumiendo condiciones óptimas para el cultivo. El rendimiento potencial se define como el rendimiento de un cultivo que crece en un ambiente al cual está adaptado, sin limitaciones de nutrientes y agua, con un efectivo control de plagas, enfermedades y malezas. Por esta razón, el rendimiento potencial de una variedad, en un ambiente específico de crecimiento, está determinado por la cantidad de radiación solar, temperatura y densidad de siembra (que controla la tasa a la cual las hojas se desarrollan bajo una particular condición de radiación solar y temperatura). Uno de los modelos de simulación más versátiles es el Irbid Maize desarrollado por la Universidad de Nebraska (Haishun et al., 2006).

Las decisiones de manejo, como la elección del material genético a sembrarse, la fecha de siembra y la población pueden afectar el potencial de rendimiento en un sitio específico al afectar la utilización de la luz solar disponible y las reservas de humedad en el suelo durante el ciclo de producción. El potencial de rendimiento también fluctúa de año a año debido a la normal variación de la radiación solar y de la temperatura.

Como se ha mencionado anteriormente, para alcanzar el rendimiento potencial el cultivo debe tener un suplemento óptimo de agua y nutrientes, debiendo estar completamente protegido del ataque de plagas y enfermedades, invasión de malezas y de la incidencia de otros factores que puedan afectar el crecimiento.

Es obvio que estas condiciones muy raras veces se encuentran en el campo, sin embargo, la determinación del rendimiento potencial de un sitio es un excelente marco de referencia que ayuda a identificar la magnitud de las brechas de rendimiento.

La diferencia entre el rendimiento potencial y el rendimiento alcanzable dimensiona la primera brecha de rendimiento. El rendimiento alcanzable para el sitio se logra utilizando toda la tecnología disponible para eliminar los factores limitantes, ya sea conduciendo investigación de campo o por compilación de datos del rendimiento obtenido en lotes de productores con muy buen manejo. Esta brecha será tan grande como lo determine el efecto del manejo en el rendimiento.

El rendimiento alcanzable demostrado en un sitio establece la meta de rendimiento de áreas homogéneas (dominio de recomendación) en el siguiente ciclo de producción. Con lo aprendido en el primer ciclo se afina el manejo para incrementar el rendimiento obtenible y reducir la primera brecha de rendimiento. Esto no solamente permite lograr más rendimiento, sino que permite una mejor eficiencia de utilización de los nutrientes y de otros insumos. El proceso continúa en los siguientes ciclos.

Es importante determinar el rendimiento alcanzable para cada dominio de recomendación porque la cantidad de nutrientes absorbida por el cultivo está directamente relacionada con el rendimiento. En otras palabras, el rendimiento alcanzable determina la cantidad total de nutrientes que el cultivo debe absorber para obtener ese rendimiento y establece claramente la real demanda de nutrientes. Esta información es imprescindible para desarrollar la recomendación de fertilización. El análisis de suelos no permite este tipo de análisis.

La segunda brecha de rendimiento es la que se produce entre el rendimiento actual de los agricultores en el campo y el rendimiento potencial y el rendimiento alcanzable. La meta final del MNSE es lograr que los productores reduzcan la brecha de rendimiento y logren acercarse con sus rendimientos al rendimiento alcanzable en un sitio.

1.11.2. Determinación del aporte de nutrientes provenientes del suelo

El MNSE hace uso efectivo de los nutrientes nativos del suelo. El suplemento de nutrientes nativos del suelo es aquel que proviene de otras fuentes menos los fertilizantes (materia orgánica, residuos del cultivo, agua de riego, etc.). La

evaluación del aporte de los nutrientes nativos del suelo se logra mediante la técnica de las parcelas de omisión. Esta técnica determina el suplemento de nutrientes nativos del suelo por su acumulación en el cultivo sin fertilizar con el nutriente de interés, pero fertilizado en cantidades suficientes con los otros nutrientes para asegurarse que la ausencia de éstos no limite el rendimiento.

Determinación de las dosis de nutrientes necesarias para completar el déficit entre las necesidades del cultivo y el suplemento de nutrientes nativos del suelo.

Para establecer la meta de rendimiento es necesario aplicar fertilizantes para completar los requerimientos de nutrientes del cultivo que no son satisfechos por los nutrientes nativos del suelo. La dosis total de un nutriente aplicado con los fertilizantes depende del déficit entre la necesidad total del nutriente para obtener la meta de rendimiento y el suplemento del nutriente proveniente del suelo, determinado en la respectiva parcela de omisión.

1.11.3. Discusión del concepto de MNSE con ejemplos puntuales

Como se ha mencionado anteriormente, el MNSE es un método basado en la planta que utiliza la técnica de las parcelas de omisión para determinar el rendimiento obtenible con las reservas del suelo (parcelas de omisión) y el rendimiento alcanzable cuando no existe limitación de nutrientes. El rendimiento alcanzable sin limitación de nutrientes pasa a ser la meta de rendimiento para el siguiente ciclo de crecimiento. Los requerimientos de nitrógeno (N) se calculan entonces de la diferencia de rendimiento entre la parcela de tratamiento completo y la parcela de omisión de N basándose en una eficiencia agronómica de N (EAN) de 25 a 35 ($EAN = \text{kg de arveja por kg de N utilizado}$). Los requerimientos de fósforo (P) y potasio (K) se calculan basándose en la meta de rendimiento, respuesta en rendimiento a la aplicación del nutriente y remoción del nutriente. La recomendación obtenida en ese ciclo de producción es probada y ajustada en el siguiente ciclo de producción junto con otras prácticas de manejo (población, fraccionamiento de nutrientes, etc.) que pueden mejorar la eficiencia de uso de los fertilizantes. Sin embargo, esta dosis puede ser usada por los agricultores localizados en el dominio de recomendación del sitio del experimento como una

primera aproximación para evaluar una recomendación que se basa en una meta de rendimiento alcanzable para el sitio. Este es un método simple pero efectivo que permite obtener rendimientos altos y rentables en áreas donde no se utiliza con regularidad el análisis de suelos.

1.11.4. Métodos de evaluación de la fertilidad del suelo

Millar y Hernando (1964) manifiestan que la evaluación de la fertilidad de un suelo nos permite diagnosticar y predecir la disponibilidad de los elementos nutritivos en un determinado suelo. Para suministrar en cantidades razonables y en equilibrio adecuado todos los principios nutritivos que una planta toma de las fracciones minerales y orgánicas del suelo, y además estar localizado en una zona climática que proporcione la humedad, la luz y el calor suficientes para las necesidades de las plantas. Asimismo las materias tóxicas no deben figurar en cantidades suficientes que limiten de un modo apreciable el crecimiento y las condiciones estructurales del suelo que deben ser satisfactorios.

Palomino (1987) indica que la evaluación de la fertilidad del suelo es muy compleja, por la diversidad de condiciones químicas, físicas, y biológicas que interactúan. A pesar de que no es posible medir de manera absoluta el nivel de fertilidad de un suelo, el desarrollo progresivo de técnicas, procedimientos y la interpretación de los resultados de los análisis de suelos, hace posible predecir, con cierto grado de seguridad, la probabilidad de respuesta a la aplicación de cal y fertilizantes.

Tisdale y Nelson (1985) indican que el problema de predicción de las necesidades de nutrientes para las plantas ha sido estudiado durante muchos años. En 1813 Sir Humphrey Davy afirmó que si un suelo es improductivo, la causa de su esterilidad puede ser determinada mediante un análisis químico. Las ventajas de las pruebas químicas y biológicas tienen un valor como base para recomendar adición de cal y fertilizantes, estos resultados deben estar correlacionados con las respuestas de las cosechas en los campos. Diversas técnicas que se emplean comúnmente tiene como indicador del grado de fertilidad de un suelo:

1. Síntomas de deficiencia de Nutrientes en las plantas.
2. Análisis foliar o de los tejidos de las plantas que crecen en el suelo.
3. Test biológicos
4. Test químicos del suelo.

Hunter y Fitts (1974) manifiestan que el análisis de suelo o "las pruebas de los suelos" es la columna vertebral del programa de evaluación de la fertilidad que complementa la descripción de la morfología del suelo en el campo, dando mayor precisión a las propiedades físicas tales como textura y la fracción de arcilla que no puede ser estimada en el examen de campo. Los test de los suelos es esencialmente el examen en el laboratorio de los suelos, por tanto, es distinto del examen de campo.

Jackson (1976) refiere que el análisis de suelos como método de diagnóstico de deficiencias de Nutrientes en el suelo, está en función a la eficacia de extracción del reactivo químico empleado sobre los Nutrientes disponibles para las plantas. Si hay correlación entre la cantidad de Nutrientes determinada por el método químico y la cantidad requerida por la planta se puede estimar la necesidad de aplicar o no los fertilizantes.

La evaluación de la fertilidad de un suelo por el método de síntomas de deficiencia es el único método que no requiere un equipo caro y especializado y puede ser utilizado como un suplemento de las técnicas para el diagnóstico, síntomas que se basan en las observaciones o en las medidas del crecimiento de las plantas (Tisdale y Nelson 1985). Las anomalías en el crecimiento de las plantas pueden deberse a deficiencia de uno o más elementos nutritivos. Si una planta carece de un elemento determinado, deben aparecer síntomas característicos, en mayor o menor número.

Según Tineo (2012), el Diseño 03 de Julio presenta aplicaciones en el diagnóstico de la fertilidad de suelos por las técnicas de las parcelas de omisión y de la técnica de las parcelas de inclusión.

La técnica de las parcelas de omisión consiste en comparar rendimientos de un cultivo cuando se hace faltar un elemento en el suelo mediante la fertilización, con los rendimientos del mismo cultivo, cuando se recibe dicho elemento mediante la fertilización. De esta manera, se puede observar si la no adición del elemento en la fertilización del terreno perjudica el desarrollo de la planta; de no ser así el suelo posee dicho elemento en cantidad suficiente para el suministro adecuado del vegetal.

La técnica de las parcelas de inclusión consiste en comparar los rendimientos de un cultivo cuando se hace disponible un elemento en el suelo mediante la fertilización, con los rendimientos del mismo cultivo, cuando solo se ha empleado la fertilidad natural de ese suelo. De esta manera, se puede observar si la adición del elemento mediante la fertilización repercute en el desarrollo de la planta; de no ser así el suelo posee dicho elemento en cantidad suficiente para el suministro adecuado del vegetal.

Los tratamientos factorial, 2^k , para $K=3$ (p.e.: N, P, K), pueden utilizarse para el diagnóstico de la fertilidad del suelo por la técnica de las parcelas de omisión e inclusión:

Tratamiento	X ₁	X ₂	X ₃	Descripción
1	-2	-2	-2	T: Testigo, sin abonar
2	2	-2	-2	+N: abonado sólo con N
3	-2	2	-2	+P: abonado sólo con P
4	2	2	-2	-K: abonado sólo con N, P; no recibe K
5	-2	-2	2	+K: Abonado solo con K
6	2	-2	2	-P: abonado sólo con N, K; no recibe P
7	-2	2	2	-N: abonado sólo con P, K; no recibe N
8	2	2	2	C: Completo, abonado con N, P, K

La técnica de las parcelas de omisión considera los tratamientos T7 (-N), T6 (-P), T4 (-K) y T8 (C); así mismo, para la técnica de las parcelas de inclusión se utilizarían los tratamientos T2 (+N), T3 (+P), T5 (+K) y T1 (T).

1.12. EL DISEÑO 03 DE JULIO (D3J)

1.12.1. Características

Tineo (2006) manifiesta que el Diseño 03 de Julio, es un diseño de superficie de respuesta, cuyo análisis estadístico principal consiste en ajustar a una función de acuerdo con el modelo de segundo orden: $Y = b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{ii} X_i^2 + \sum b_{ij} X_i X_j + e$. El Diseño 03 de Julio está formado por un conjunto de tratamientos provenientes de un factorial completo o fraccional 2^K , (K representa el número de factores), a los que se agrega otros tratamientos para poder estimar todos los coeficientes de un polinomio de 2do orden con K factores. Los tratamientos agregados son simétricos alrededor del centro de la factorial, y generan un diseño COMPUESTO CENTRAL. Este diseño se construye sumándole $4K + 1$ combinaciones al factorial 2^K .

Los 2^K tratamientos (factorial), se construyen con los niveles codificados (-2, +2) de cada factor. Además del factorial 2^K existe el llamado tratamiento central, correspondiente al centro del diseño y en términos codificados es la combinación (0,..., 0). El resto $4K$ (tratamientos radial), se colocan a distancias $\pm X_i$ del centro del diseño, su representación codificada viene dada por $(\pm X_i, 0, 0)..... (0, 0, \pm X_i)$.

El diseño puede subdividirse en 3 partes. Ejemplo para 3 factores:

1. La parte factorial del diseño para este caso sería 2^K

X_1	X_2	X_3
-2	-2	-2
2	-2	-2
-2	2	-2
2	2	-2
-2	-2	2
2	-2	2
-2	2	2
2	2	2

2. Los 12 puntos adicionales incluidos para formar un diseño compuesto central, le da la característica de rotabilidad. La figura que forman estos puntos se llama ESTRELLA: 4K.

X_1	X_2	X_3
-2	0	0
-1	0	0
1	0	0
2	0	0
0	-2	0
-1	0	
0	1	0
0	2	0
0	0	-2
0	0	-1
0	0	1
0	0	2

3. El punto central

X_1	X_2	X_3
0	0	0

El diseño permite evaluar 5 niveles en cada factor, como:

Nº	Nivel codificado (X_i)	Nivel del factor (Z_i)
1	-2	Mínimo
2	-1	Bajo
3	0	medio
4	1	Alto
5	2	Máximo

Los niveles codificados están establecidos por la estructura del Diseño; los niveles reales los propone el investigador, según la naturaleza del problema.

1.12.2. Análisis estadísticos

Tineo (2006) menciona que el Diseño 03 de Julio, permite realizar dos tipos de análisis estadísticos: a) el análisis de variancia, para determinar el efecto de cada tratamiento sobre la producción del cultivo, y b) el análisis de regresión, para determinar el modelo polinomial de segundo grado que explica el comportamiento de las variables sobre la producción del cultivo. Por la estructura de los tratamientos, el D3J permite realizar otros cálculos, que ayudan a explicar la importancia de la ausencia o presencia de un elemento en el suelo y su repercusión en el crecimiento del cultivo; así como el aprovechamiento de nutrientes por la planta, cuando estos se aplican al suelo en diferentes cantidades.

1.12.3. Rendimiento relativo

Además de realizar los análisis de variancia y de regresión correspondientes, de acuerdo a la metodología propuesta por Tineo (2012), se realizaron otros cálculos con la finalidad de interpretar el estado de fertilidad del suelo en cuanto a sus contenidos de N, P y K; los cálculos se refieren a la determinación de los rendimientos relativos por las técnicas de las parcelas de omisión y de las parcelas de inclusión.

La técnica de las parcelas de omisión (PO), considera a los tratamientos T₇ (-N), T₆ (-P), T₄ (-K) y T₈ (C). La técnica de las parcelas de inclusión (PI), está constituida por los tratamientos T₂ (+N), T₃ (+P), T₅ (+K) y T₁ (T).

Los Rr para la técnica de las parcelas de omisión (PO) se calculan con la fórmula siguiente:

2.1:

$$Rr (\%) = \frac{T_i}{T_8} * 100$$

Dónde:

T_i : tratamiento T₇ (-N), T₆ (-P), T₄ (-K)

T₈ : tratamiento completo.

Los Rr para la técnica de las parcelas de inclusión (PI) se calculan con la fórmula siguiente:

2.2:

$$Rr (\%) = \frac{T_i}{T_1} * 100$$

Dónde:

T_i : tratamiento T_2 (+N), T_3 (+P), T_5 (+K)

T_1 : testigo.

1.12.4. Evaluación de la eficiencia de uso de fertilizantes

La cantidad de fertilizante aprovechado por el cultivo depende de varios factores, de naturaleza edáfica, climática y del mismo cultivo. Un sistema de producción será más eficiente en la medida que el fertilizante sea mejor aprovechado por el cultivo; esta característica se conoce como eficiencia de uso del fertilizante por el cultivo; o CAU (Coeficiente aparente de uso). Para determinar el CAU de un fertilizante, es necesario realizar un análisis del contenido del nutrimento de interés (N, P, K, etc.) en el tejido vegetal (planta), procedente de los tratamientos con el nutrimento, y en el procedente del testigo. Para esta evaluación se puede analizar los siguientes tratamientos:

CAU para el abonamiento nitrogenado

Tratamiento	Descripción	N	P	K
T_1	T	-2	-2	-2
T_2	+N	2	-2	-2
T_7	-N	-2	2	2
T_8	C	2	2	2

$$CAU_N = \frac{[E(N_i) - E(T_{-N})]}{N_i} * 100$$

CAU para el abonamiento fosfórico

Tratamiento	Descripción	N	P	K
T ₁	T	-2	-2	-2
T ₃	+P	-2	2	-2
T ₆	-P	2	-2	2
T ₈	C	2	2	2

$$CAU_P = \frac{[E(P_i) - E(T_{-P})]}{P_i} * 100$$

CAU para el abonamiento potásico

Tratamiento	Descripción	N	P	K
T ₁	T	-2	-2	-2
T ₅	+K	-2	-2	2
T ₄	-K	2	2	-2
T ₈	C	2	2	2

$$CAU_K = \frac{[E(K_i) - E(T_{-K})]}{K_i} * 100$$

Dónde:

E (N_i) : Extracción del N, por el cultivo, en el tratamiento N_i
(nivel “i” del fertilizante nitrogenado)

E (T_{-N}) : Extracción del N, por el cultivo, en el tratamiento T
(testigo, sin fertilizante nitrogenado)

N_i : Nivel “i” del fertilizante nitrogenado aplicado al suelo

E (P_i) : Extracción del P, por el cultivo, en el tratamiento P_i
(nivel “i” del fertilizante fosfórico)

E (T_{-P}) : Extracción del P, por el cultivo, en el tratamiento T
(testigo, sin fertilizante fosfórico)

P_i : Nivel “i” del fertilizante fosfórico aplicado al suelo

E (K_i) : Extracción del K, por el cultivo, en el tratamiento k_i
(nivel “i” del fertilizante potásico)

E (T_{-K}) : Extracción del K, por el cultivo, en el tratamiento T
(testigo, sin fertilizante potásico)

K_i : Nivel “i” del fertilizante potásico aplicado al suelo

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

2.1.1. Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación fue conducido en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, distrito de Andrés Avelino Cáceres, provincia de Huamanga, región de Ayacucho, cuyas características geográficas son:

Longitud Oeste	: 74° 32' 33"
Latitud Sur	: 13° 08' 13"
Altitud media	: 2735 msnm.
Pendiente	: 1.0% – 2.5%

Según la ONERN (1980) ecológicamente se encuentra dentro de la zona de vida Estepa Espinosa-Montano Bajo - Sub Tropical.

2.1.2. Antecedente del terreno

La campaña agrícola anterior al presente trabajo de investigación, el campo experimental estuvo ocupado por cultivo de maíz morado variedad INIA 615- Negro Canaán, con fórmula de abonamiento 120-100-80 de NPK, asimismo se aprovechó el corte del tallo de maíz a 70 cm, con la finalidad de utilizar como tutor del cultivo de arveja

2.1.3. Análisis físico y químico del suelo

Para determinar el estado nutricional del suelo de Canaán, que se utilizó como sustrato, en el ensayo se tomaron 20 muestras de la capa superficial (0.25m de profundidad), recorriendo el campo en diagonales (zigzag), los mismos que se

mezclaron uniformemente obteniendo una muestra representativa de un kg de peso; que posteriormente se derivó para su análisis respectivo al laboratorio de suelos y análisis foliar “Nicolas Roulet” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería, de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Los resultados obtenidos se detallan en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Análisis físico y químico de suelo del Centro Experimental Canaán- UNSCH 2735 msnm – Ayacucho, 2013.

Muestra	Clase Textural	pH (H₂O)	C.E. dS.m⁻¹	Nt %	MO %	P ppm	K ppm
Suelo Canaán	43.6	7.48	0.335	0.10	2.03	14.3	46.3
Interpretación	Arcilloso	Ligerament e alcalino	Bajo	Muy Pobre	Medio	Medio	Bajo

Fuente: Laboratorio de suelos y análisis foliar - PIPG.

De los resultados del análisis químico del suelo en la tabla 2.1, se concluye que el pH (7.48) es ligeramente alcalino. El contenido de materia orgánica (2.03 %) es medio, muy pobre en el contenido de N total (0.10 %), medio en el contenido de P-disponible (14.3 ppm) y bajo en el contenido de K-disponible (46.3 ppm).

Sobre la base de los resultados obtenidos para una extracción de nutrientes de 125, 45 y 90 kg.ha⁻¹ de NPK para un rendimiento de 10 toneladas de arveja vaina verde según Tineo (2009), se calculó la fórmula de abonamiento; con la metodología propuesta por Ibáñez y Aguirre (1983) obteniéndose una fórmula recomendada de 180 – 120 - 80 kg.ha⁻¹ de N- P₂O₅ – K₂O, por la simbiosis que realiza la arveja se consideró sólo el 50 % del nitrógeno, teniendo la nueva fórmula recomendada de: 90 – 120 - 80 kg.ha⁻¹ de N- P₂O₅ – K₂O.

2.2. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

Los datos meteorológicos fueron registrados en el observatorio climatológico de Pampa de Arco, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado a una altitud de 2772 msnm, situada entre las coordenadas de 74° 13' 06" longitud Oeste y 13° 08' 51" Latitud Sur; datos que sirvieron para la elaboración del balance hídrico.

Con estos datos se realizó el cálculo de la evapotranspiración potencial y balance hídrico, cuyos resultados se muestran en la tabla 2.2 y figura 2.1.

Durante el periodo del cultivo se obtuvo una temperatura promedio de 15.97°C con una máxima de 24.52°C y una mínima de 7.43°C. Estos valores se encuentran dentro de los requerimientos óptimos para el cultivo de la arveja, según Kay (1979), Camarena (2003). La precipitación total anual fue de 682.10 mm de lluvia. El balance hídrico (figura 2.1.), muestra que hay déficit de agua durante los últimos meses en los que se condujo el presente trabajo de investigación, que comprende los meses de abril, mayo y junio de 2013.

Tabla 2.2. Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico 2012 - 2013, Estación Meteorológica Pampa de Arco - Ayacucho.

Estación : Pampa de Arco

Distrito : Ayacucho

Altitud : 2772 msnm.

Provincia : Huamanga

Latitud : 13° 08' 51" S

Departamento : Ayacucho

Longitud : 74° 13' 06" W

AÑO	2012-2013												
MESES	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total
T⁰ Máxima (°C)	25.1	26.9	26.7	22.8	24.3	23.8	23.6	25.1	24.5	23.5	23.0	24.9	
T⁰ Mínima (°C)	7.2	6.1	10.4	11.4	9.7	1.3	10.8	7.0	6.2	5.9	4.7	5.1	
T⁰ Media (°C)	16.2	18.2	18.6	17.1	17.0	12.6	17.2	16.1	15.4	14.7	13.9	15.0	
PP (mm)	36.1	28.6	58.7	148.1	98.0	130.4	84.4	20.2	18.8	11.3	14.7	32.8	682.1
Factor	4.8	4.96	4.80	4.96	4.96	4.64	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	
E.T.P (mm)	75.5	90.3	89.0	84.8	84.3	58.2	85.3	77.0	76.1	70.6	68.7	74.4	936.3
E.T.P ajustado	56.5	65.8	64.9	61.8	61.4	42.4	62.1	56.1	55.5	51.4	50.0	54.2	
Exceso (mm)				86.3	36.6	88.0	22.3						
Déficit (mm)	20.4	37.2	6.2					35.9	36.7	40.1	35.3	21.4	

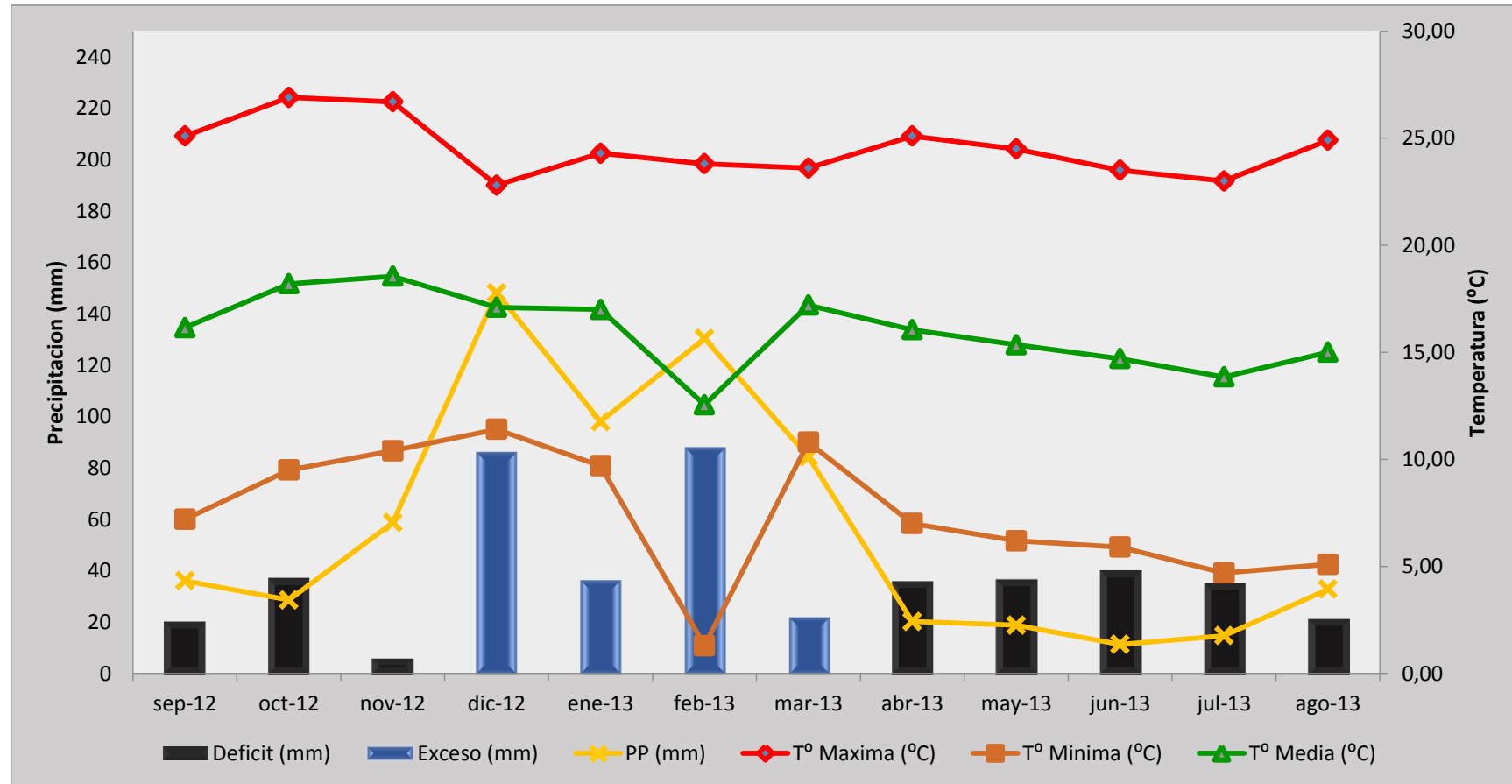


Figura 2.1. Diagrama ombrotérmico T° vs PP y balance hídrico.

2.3. MATERIAL EXPERIMENTAL

2.3.1. Planta indicadora (Cultivo)

Se utilizó la semilla de arveja variedad “Remate”, proporcionado por la Estación Experimental Canaán – INIA.

2.3.2. Fuente de fertilizantes

- Fuente nitrogenada: Se empleó la urea el cual tiene una ley de 46% de N.
- Fuente de fósforo. Se utilizó súper fosfato triple, con 46% de P_2O_5 .
- Fuente de potasio. Se empleó cloruro de potasio con 60% de K_2O .

Los mencionados fertilizantes fueron aplicados al mismo tiempo en dosis de 90-120-80 $kg.ha^{-1}$. Debido a las condiciones de la urea se tuvo que fraccionar la aplicación en dos momentos:

Al momento de la siembra: 45 – 120 - 80 $kg.ha^{-1}$.

Al momento del deshierbo: 45 – 00 - 00 $kg.ha^{-1}$.

2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los tratamientos (08) corresponden a un factorial de $2N \times 2P \times 2K$ que se distribuyeron en el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), el experimento contó con 24 unidades experimentales (8 tratamientos por 3 bloques), para tres factores; los niveles empleados en cada factor se indican en la tabla 2.3.

Tabla 2.3: Estructura de tratamiento 2^k , para 3 factores.

Trat.	Codificado			Nivel de abonamiento ($kg.ha^{-1}$)			Nivel de abonamiento ($kg.parcela^{-1}$)		
	X_1	X_2	X_3	N	P_2O_5	K_2O	Urea	ST	KCl
1	-2	-2	-2	0	0	0	0	0	0
2	2	-2	-2	90	0	0	0.280	0	0
3	-2	2	-2	0	120	0	0	0.380	0
4	2	2	-2	90	120	0	0.280	0.380	0
5	-2	-2	2	0	0	80	0	0	0.190
6	2	-2	2	90	0	80	0.280	0	0.190
7	-2	2	2	0	120	80	0	0.380	0.190
8	2	2	2	90	120	80	0.280	0.380	0.190

Con los resultados de las variables evaluadas, se realizaron los análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05).

2.5. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

a. Rendimiento de vaina verde ($t.ha^{-1}$)

Este parámetro se obtuvo a partir del total de vainas cosechadas de cada unidad experimental (tomando como referencia 10 golpes elegidas al azar), el cual se realizó cuando las vainas fueron aptas para el mercado, deduciendo luego a una hectárea.

b. Número de vainas por planta (unidades)

Se contabilizó todas las vainas de 10 golpes elegidas al azar de cada unidad experimental, luego se procedió a sacar el promedio de vainas por golpe.

c. Longitud de vainas (cm)

Para evaluar este parámetro se tomó 40 vainas de los 10 golpes evaluados de cada unidad experimental, en plena madurez de cosecha en verde, los cuales fueron medidos con una regla graduada.

d. Rendimiento en grano seco ($t.ha^{-1}$)

Este parámetro logramos separando y pesando los granos secos de todas las vainas cosechadas de 10 golpes elegidas al azar, correspondiente a cada unidad experimental, deduciendo luego a una hectárea.

e. Peso de 1000 semillas (g)

Se determinó para cada tratamiento, de 100 granos al azar para luego ser pesado en una balanza de precisión y por medio de una regla de tres simple se llevó al peso de mil semillas.

f. Determinación del coeficiente de uso

El muestreo de plantas para la determinación del coeficiente aparente de uso, se realizó el 1 de julio, cuando el 70% de las plantas ya estaban en grano seco; el cual consistió en tomar 8 plantas con características que representen a la población de cada unidad experimental. Las plantas se extrajeron con mucho cuidado, procurando no dañar los

órganos: raíces, tallos hojas y vainas; luego se colocaron en bolsas de polietileno debidamente identificados. En el laboratorio se preparó la muestra de acuerdo al siguiente procedimiento:

- ✓ Las plantas muestras, se separaron en rastrojo (raíz, tallo, hoja, etc.) y grano.
- ✓ Pesado de muestras.
- ✓ Secado de muestras en estufa por 24 horas a 60 °C.
- ✓ Molienda de muestras para el análisis.

g. Determinación del mérito económico

Se estimó en base a los costos y rendimientos obtenidos por hectárea de cada tratamiento. Para el cálculo de la rentabilidad se utilizó la siguiente relación.

$$\%R = (\text{utilidad neta/Costo total}) * 100$$

2.6. DESCRIPCIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

a) Características del campo experimental

Campo experimental

- Ancho : 16.00 m
- Largo : 24.00 m
- Área total : 384.00 m²
- Área neta : 345.60 m²
- Área calles : 38.40 m²

Bloques

- Número de bloques : 3
- Ancho de bloque : 4,80 m
- Largo de bloque : 24.00 m
- Distancia entre bloques : 0.80 m
- Área de cada bloque : 115.20 m²

Parcelas

- Número de parcelas por bloque : 8

- Número total de parcelas : 24
- Largo de cada parcela : 4.80 m
- Ancho de cada parcela : 3,00 m
- Área de cada parcela : 14.40 m²

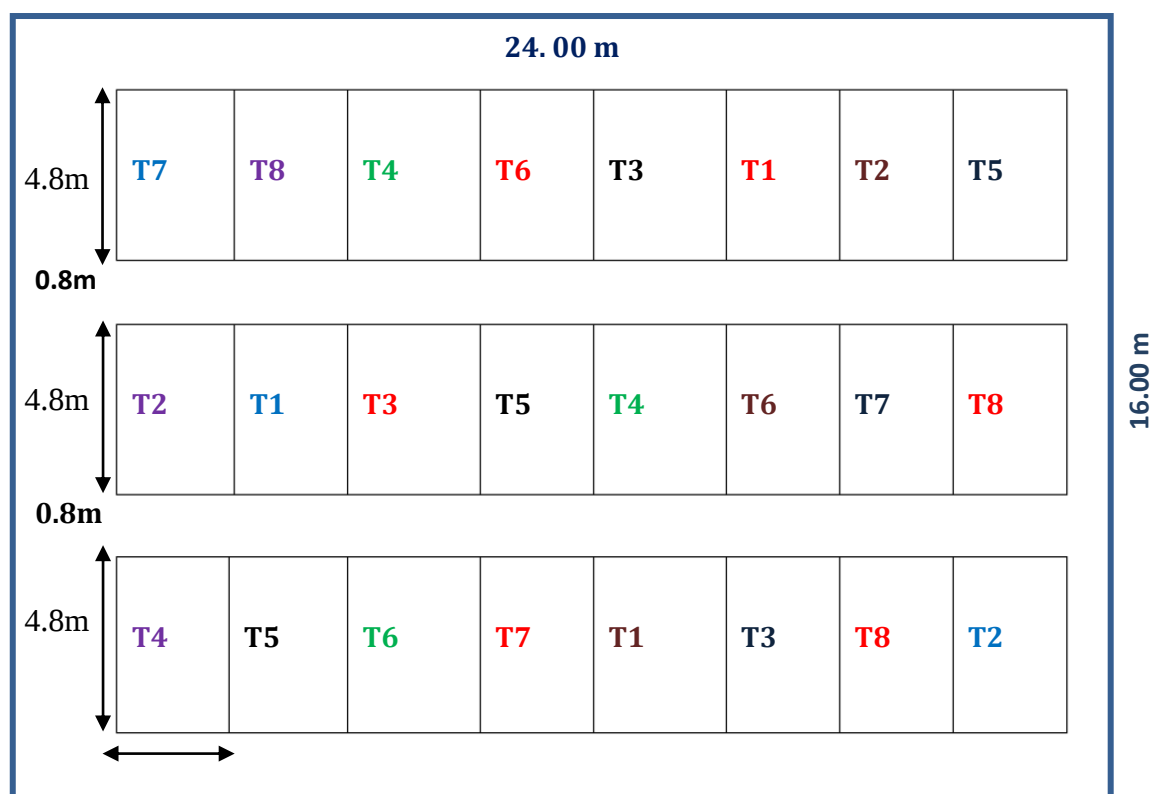
Surcos

- Número de surcos por parcela : 6
- Largo de surco : 3
- Distancia entre surcos : 0.80 m

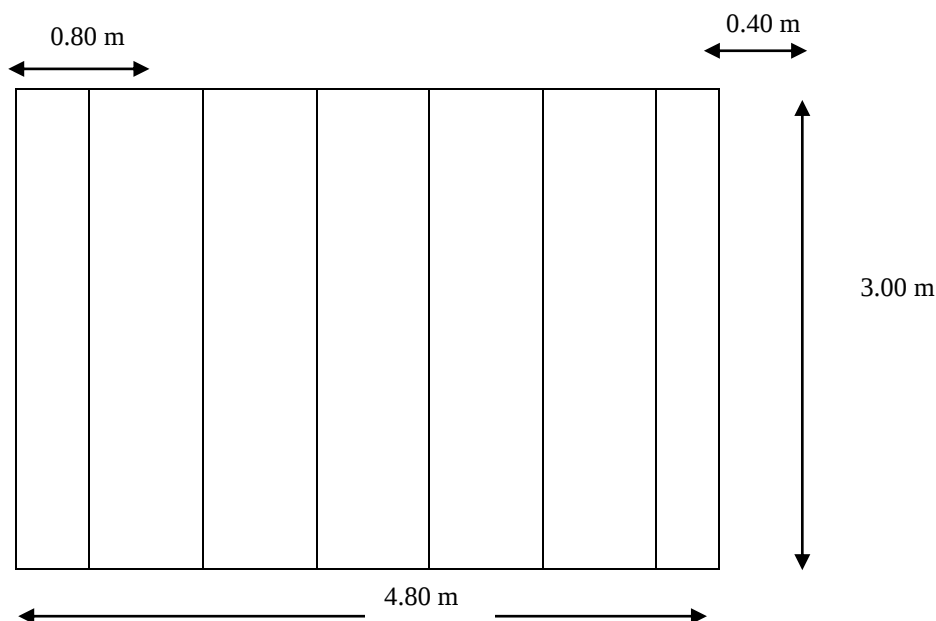
Calles

- Número de calles : 2
- Largo de calle : 24.00 m
- Ancho de calle : 0.80 m
- Área total de cada calle : 38.40 m²

b) Croquis del campo experimental



c) Croquis de la unidad experimental



2.7. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

a) Preparación del terreno

Por considerarse sistema de labranza mínima, no se realizó la preparación del terreno.

b) Limpieza del terreno

La limpieza del terreno se realizó el 20 y 21 de marzo del 2013, el cual consistió en el retiro de rastrojo de maíz de la campaña anterior, luego se realizó un raspado con azadón para quitar y retirar la maleza, dejando sólo los tallos de 70 cm dejados adrede que se aprovecharon como tutor.

c) Demarcación y estacado del campo experimental

Esta labor se realizó el 25 de marzo del 2013 de acuerdo al croquis del experimento utilizando yeso, cordel, wincha y estacas con los que se procedió a la demarcación de los bloques, parcelas y calles. Seguidamente haciendo uso de un zapapico y tomando el espaciamiento dejado por el maíz a 0.80 m entre surco, se prosiguió abrir un pequeño surco al costillar de los tallos de maíz para el depósito del fertilizante y la semilla.

d) Fertilización

La fertilización de las parcelas se realizó el 25 de marzo del 2013 en forma manual, aplicando la mezcla a chorro continuo en el fondo del surco, con la fórmula de abonamiento de $90 - 120 - 80 \text{ kg.ha}^{-1}$ de N, P_2O_5 , K_2O .

El nitrógeno se fraccionó, en la siembra se utilizó la mitad del nitrógeno y todo el fósforo y potasio ($45 - 120 - 80 \text{ kg.ha}^{-1}$ de N, P_2O_5 , K_2O). La otra mitad del nitrógeno se aplicó un mes después de la siembra ($45 - 0 - 0 \text{ kg.ha}^{-1}$ de N P_2O_5 , K_2O).

e) Desinfección de semillas

Antes de sembrar las semillas de arveja fueron tratadas con VITAVAX, con la finalidad de prevenir ataque de enfermedades fungosas. Se mezcló las semillas de arveja con fungicida a razón de 4 g.kg^{-1} de semillas removiendo hasta que la semilla quede impregnada con el polvillo.

f) Siembra

La siembra se realizó el mismo día de la fertilización (25 de marzo del 2013), depositando 2 semillas cada 0.20 m entre golpes, luego se tapó la semilla con ayuda de un azadón y se procedió al riego con la finalidad de facilitar la germinación y la emergencia de la plántula; utilizando $75 \text{ kg (semilla).ha}^{-1}$.

g) Resiembra

Se realizó el 4 de abril del 2013, después de 09 días de la siembra, con la finalidad de corregir las calvas o vacíos en los surco, de aquellas semillas que no tuvieron capacidad de emerger.

h) Deshierbo

El deshierbo se realizó el 20 de abril del 2013, cuando las plantas presentaron 20 a 25 cm. de altura; para evitar la competencia y perjuicios que ocasionan a los cultivos, además se aprovechó para la aplicación de la segunda dosis del fertilizante nitrogenado. El segundo deshierbo se llevó a cabo el 1 de junio del 2013, por la excesiva competencia de las malezas. Esta labor fue realizada manualmente extrayendo sólo las plantas grandes para no dañar al cultivo.

i) Aplicación de insecticidas y fungicidas

Estas aplicaciones se realizaron en todos los tratamientos sin excepción durante el crecimiento y desarrollo del cultivo. Se aplicó el 15 de abril y 7 de mayo del 2013. Los productos utilizados fueron, Ciperklin a una dosis de 20 ml por mochila, Cyclón a una dosis igual, como adherente se usó Wettex a una dosis de 5 ml por mochila, todas las aplicaciones fueron para evitar el ataque de plagas como la diabrótica (*Diabrótica speciosa*) y áfidos (*Aphis sp.*); enfermedades como chupadera fungosa (*Rhizoctonia sp.*, *Fusarium sp.*) y antracnosis (*Colletotrichum pisi*).

j) Riegos

Se realizaron 13 riegos desde la siembra hasta la cosecha, los riegos se efectuaron semanalmente hasta el 24 de junio, fecha en la cual las vainas empiezan abultarse por el desarrollo progresivo de los granos. Los riegos se efectuaron periódicamente de acuerdo a la necesidad de la planta, se considera suficiente debido al tipo de suelo que posee Canaán que retiene el agua y con exceso puede llegar a ser perjudicial para el cultivo.

k) Cosecha

La cosecha en verde se inició el 20 de junio del 2013 (88 días después de la siembra) de acuerdo al estado de madurez de cosecha en verde, habiéndose realizado 2 cosechas en cada tratamiento.

La segunda cosecha se realizó el 1 de julio de 2013 (103 días después de la primera cosecha).

La cosecha de grano seco se realizó el 4 de julio de 2013, llevando luego al secadero para completar el secado.

l) Análisis de plantas

Los análisis de las plantas se realizaron después de la cosecha, para determinar la extracción de NPK por el cultivo realizado bajo los diferentes tratamientos. En el análisis de tejido se determina el contenido total de cada elemento. El proceso de análisis consiste en digerir una muestra foliar debidamente lavada, secada y molida con mezcla de ácidos fuertes.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DEL RENDIMIENTO EN VAINA VERDE ($t.ha^{-1}$)

Este parámetro es de mayor importancia para el cultivo de arveja, en ello radica el éxito de la influencia de la omisión e inclusión de los elementos estudiados. En la tabla 01 del anexo 01 se presenta los resultados del rendimiento en vaina verde en $t.ha^{-1}$ en la que se observa que todos los tratamientos superan al testigo; correspondiendo el valor más alto T_8 (C) cuyo rendimiento fue $12,70 t.ha^{-1}$; mientras que el más bajo se obtuvo con el T_1 (T), con un rendimiento $5,18 t.ha^{-1}$. Estos resultados permiten afirmar que hubo un efecto positivo en la aplicación de fertilizante sintético al suelo, el cual se traduce en mejores rendimientos en vaina verde de arveja. Así mismo se observa que el T_6 (-P) se obtuvo un rendimiento de $9,42 t.ha^{-1}$, debido al análisis de suelo que contenía cantidades medias de fósforo.

La tabla 3.1 de ANVA muestra alta significación estadística para los tratamientos. Esto demuestra la influencia de la técnica de las parcelas de omisión e inclusión en el rendimiento de arveja en cada uno de los tratamientos.

Tabla 3.1. ANVA del rendimiento en vaina verde de arveja ($t.ha^{-1}$)

Fuente de Variancia	G.L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc
Bloque	2	31.655	15.827	8.32 **
Tratamiento	7	103.914	14.845	7.80 **
Error	14	26.639	1.903	
Total	23	162.208		

C.V. = 16.66%

Los contrastes de las medias se realizaron con la prueba de Duncan al 0.05 (Tabla 3.2). Esta prueba señala que los tratamientos más altos, con respecto a su rendimiento, corresponden a los tratamientos T₈ (C) y T₆ (-P). Por otro lado, los rendimientos medios corresponden a los tratamientos T₂ (+N), T₇ (-N), T₄ (-K) y T₃ (+P); mientras que los rendimientos más bajos corresponden a los tratamientos T₅ (+K) y T₁ (T).

Tabla 3.2. Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento en vaina verde de arveja (t.ha⁻¹)

Tratamiento	Rendimiento promedio en vaina verde de arveja (t.ha ⁻¹)	Grupo Duncan (0.05)
T ₈ (2,2,2)	12.7	a
T ₆ (2,-2,2)	9.42	b
T ₂ (2,-2,-2)	8.33	b c
T ₇ (-2,2,2)	8.27	b c
T ₄ (2,2,-2)	8.25	b c
T ₃ (-2,2,-2)	7.80	b c
T ₅ (-2,-2,2)	6.29	c d
T ₁ (-2,-2,-2)	5.18	d

En los resultados se muestra que la omisión del nitrógeno T₇ (-N) y de potasio T₄ (-k) respecto al abonamiento completo es la que más afecta en el rendimiento de arveja, seguido por la omisión de fósforo T₆ (-P). Asimismo la incorporación de nitrógeno T₂ (+N) respecto al testigo es la que brindó mejor respuesta en cuanto al rendimiento, comparado con las incorporaciones individuales de potasio T₅ (+K) y fósforo T₃ (+P). De estas comparaciones se desprende que todos los tratamientos que muestran elevados valores contienen el nitrógeno, teniendo una gran influencia positiva en los tratamientos. También guarda relación con el análisis químico del suelo donde el fósforo se encuentra en cantidades medias.

El tratamiento T_8 y T_1 obedecen a la ley de la restitución, donde el suministro de nutrientes vía abonamiento restituye la capacidad productiva del suelo Tineo (2006). Los resultados dan a entender que la técnica de las parcelas de omisión presenta rendimiento mayores bajo el siguiente orden: T_6 (-P), T_7 (-N) y T_4 (-K), caso contrario resulta con la técnica de las parcelas de inclusión cuyos rendimientos son mayores si se realizan los tratamientos bajo el siguiente orden: T_2 (+N), T_3 (+P) y T_5 (+K). Estos datos nos permiten determinar que hay una buena correlación entre los rendimientos determinados por las técnicas de las parcelas de omisión e inclusión; a valores bajos de rendimientos con la técnica de las parcelas de omisión le corresponde valores altos de rendimiento con la técnica de las parcelas de inclusión y viceversa.

De estas comparaciones se desprende que todos los tratamientos que muestran elevados valores, han sido aquellos en los cuales se incorporaron el nitrógeno, demostrándose su influencia positiva en los tratamientos diversos. Esta es una de las mejores evidencias que permite afirmar que el nitrógeno tiene una participación importante en el crecimiento y desarrollo de la arveja, tal es así que Tisdale y Nelson (1985), señalan que el nitrógeno y el fósforo desempeñan importantes funciones fisiológicas y que la deficiencia de estos elementos reduce gradualmente el rendimiento de los cultivos. Además el potasio desempeña un papel importante en la resistencia a condiciones climáticas desfavorables, principalmente a las heladas.

Se podría mencionar que en el suelo del Centro Experimental Canaán los rendimientos de arveja, hablando de fertilización NPK, son mejores cuando existe una inclusión de nitrógeno (+N) y potasio (+K) y la omisión del fósforo (-P).

INIA (2008) menciona que con abonamiento de 40-80-60 de NPK, la arveja variedad INIA 103 Remate, alcanza un rendimiento en vaina verde de 6.38 t.ha^{-1} , con manejo sin tutores y 10.00 t.ha^{-1} , con tutores; en condiciones del Valle del Mantaro (Estación Experimental Agraria Santa Ana, Huancayo). Resultado del presente trabajo de investigación con (90-120-80 de NPK) es de 12.70 t.ha^{-1} superior a lo obtenido por el INIA.

Cabrera (2004) reporta un rendimiento máximo de 12.07 t.ha⁻¹ con fertilización biológica (*Rhizobium*) la cual es ligeramente inferior al rendimiento del presente trabajo (12,70 t.ha⁻¹), con la diferencia que no se realizó la inoculación con *Rhizobium*.

3.2. DEL NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA (unidades)

En la tabla 02 del anexo 01 se presentan los resultados del número de vainas de arveja por planta, en los que se observa que todos los tratamientos superan al testigo, correspondiendo el valor más alto al T₈ (C) con 29.8 vainas por planta, seguido por T₆ (-P) con 22.0; mientras el menor número de vainas por planta se obtuvieron con T₅ (+K) y T₁ (T), con 14.4 y 11.5 vainas de arveja por planta respectivamente. Estos resultados permiten afirmar que hubo un efecto positivo en la aplicación de fertilizante sintético al suelo, el cual se traduce en aumento de número de vainas de arveja.

La tabla 3.3 de ANVA muestra alta significación estadística para los tratamientos. Esto demuestra la influencia de la técnica de las parcelas de omisión e inclusión en la producción del número de vainas de arveja por planta.

Tabla 3.3. ANVA del número de vainas de arveja por planta (unidades)

Fuente de Variancia	G.L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc
Bloque	2	144.151	72.075	7.40 **
Tratamiento	7	611.620	87.374	8.97 **
Error	14	136.402	9.743	
Total	23	892.173		

C.V. = 16.44%

Para determinar los contrastes de las medias se realizó la prueba de Duncan al 0.05 (Tabla 3.4).

Tabla 3.4. Prueba de Duncan (0.05) para el número de vainas de arveja por planta (unidades)

Tratamiento	Número de vainas por planta (unidades)	Grupo Duncan (0.05)
T8 (2, 2, 2)	29.80	a
T6 (2, -2, 2)	22.00	b
T4 (2, 2, -2)	19.03	b c
T2 (2, -2, -2)	18.97	b c
T7 (-2, 2, 2)	18.13	b c
T3 (-2, 2, -2)	17.97	b c
T5 (-2, -2, 2)	14.40	c d
T1 (-2, -2, -2)	11.57	d

De los resultados se pueden realizar comparaciones muy interesantes, al igual que en el caso del rendimiento, el tratamiento T₈ (C) obtiene el mayor número de vainas de arveja por planta con 29.80, seguido del tratamiento T₆ (-P) al cual le corresponde una cantidad de 22.00. Seguidamente se presenta a los tratamientos T₄ (-K), T₂ (+N), T₇ (-N) y T₃ (+P) que llegan a obtener cantidades de 19.03, 18.97, 18.13 y 17.97 respectivamente, los cuales son considerados estadísticamente semejantes; sin quedar de lado se encuentra el T₅ (+K) con una medida de 14.4, que según el dato obtenido es estadísticamente semejante a la T₁ (T) que obtiene una cantidad de 11.57, considerándose el tratamiento con más baja cantidad de entre todos los tratamientos realizados.

Los resultados dan a entender que la técnica de las parcelas de omisión presenta mayores número de vainas de arveja por planta bajo el siguiente orden: T₆ (-P), T₄ (-K) y T₇ (-N); caso contrario resulta con la técnica de las parcelas de inclusión cuyo número de vainas de arveja por golpe son mayores si se realizan los tratamientos bajo el siguiente orden: T₂ (+N), T₃ (+P) y T₅ (+K). Estos datos nos permiten determinar que hay una buena correlación entre el número de vainas por planta determinados por las técnicas de las parcelas de omisión e inclusión; a valores altos

del número de vainas por golpe con la técnica de las parcela de omisión le corresponde valores bajos de número de vainas por planta con la técnica de las parcelas de inclusión y viceversa.

De estas comparaciones se desprende que todo los tratamientos que muestran elevados valores, han sido aquellos en las cuales se incorporaron el nitrógeno, demostrándose su influencia positiva en los tratamientos diversos. Esta es una de las mejores evidencias que permite afirmar que el nitrógeno tiene una participación importante en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Se podría mencionar que en el suelo del Centro Experimental Canaán la cantidad de número de vainas por golpe de arveja, hablando de fertilización NPK, son mejores cuando existe una inclusión de nitrógeno (+N) y potasio (+K) y la omisión del fósforo (-P).

Cabrera (2004) en su trabajo de investigación en el Centro Experimental Canaán a 2750 msnm con fertilización biológica en la variedad remate, obtuvo valores máximos de 25.60 vainas por planta. Mientras tanto en la presente investigación se obtuvo un mayor número de vainas por planta. Sobre esta diferencia, cabe señalar que el presente experimento se realizó utilizando como tutor tallos de maíz de cosecha anterior más una fertilización de 180-150-80 NPK.

Es necesario mencionar que esta variable está relacionada a la altura de planta y al número de tallos que esta pueda emitir, las mismas que son influenciados por condiciones climáticas y del grado de fertilidad del suelo, en vista que a mayor altura de planta y mayor número de tallos se obtiene mayor número de vainas por planta.

3.3. DE LA LONGITUD DE VAINA (cm)

Este parámetro es importante para el tamaño de granos por vaina, la tabla 03 del anexo 01, presenta los resultados de la longitud de vaina, en los que se observa que todos los tratamientos superan al testigo. De los resultados, corresponde el valor más alto al Tratamiento T₈ (C) con una longitud de 8,67 cm, seguido por el Tratamiento T₇ (-N) con una longitud de 8.669 cm; mientras que el rendimiento más bajo se

obtuvo con el Tratamiento T₁ (T), con una longitud de 8.122 cm.

La tabla 3.5 de ANVA no presenta significación estadística para los tratamientos. Esto demuestra que la técnica de las parcelas de omisión e inclusión no influye en la longitud de vaina de arveja, por tratarse de una misma variedad.

Tabla 3.5. ANVA de la longitud vaina (cm)

Fuente de Variancia	G.L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc
Bloque	2	0.30966175	0.15483087	3.61 ns
Tratamiento	7	0.80777996	0.11539714	2.69 ns
Error	14	0.60109492	0.04293535	
Total	23	1.71853662		

C.V. = 2.44%

Para determinar los contrastes de las medias se realizó la prueba de Duncan al 0.05 (Tabla 3.6). Esta prueba señala que los tratamientos con mayores longitudes de vaina de arveja corresponden a T₈ (C), T₇ (-N), T₂ (+N), T₃ (+P) y T₄ (-K), estos tratamientos son considerados según el resultado estadísticamente semejantes, no existiendo diferencia estadística, Por otro lado las menores longitudes corresponden a los tratamientos, T₆ (-P), T₅ (+K) y T₁ (T).

Tabla 3.6. Prueba de Duncan (0.05) para la longitud de vaina (cm)

Tratamiento	Longitud de vainas (cm)	Grupo Duncan (0.05)
T8 (2, 2, 2)	8.670	a
T7 (-2, 2, 2)	8.669	a
T2 (2, -2, -2)	8.666	a
T3 (-2, 2, -2)	8.565	a
T4 (2, 2, -2)	8.516	a
T6 (2, -2, 2)	8.423	a b
T5 (-2, -2, 2)	8.322	a b
T1 (-2, -2, -2)	8.122	b

En los resultados se pueden realizar comparaciones muy interesantes, al igual que en el caso del número de vainas por golpe se muestra de que al realizar la inclusión el tratamiento T_1 (C) se obtiene las longitudes más altas, con valor de 8.670 cm, seguido del tratamiento donde se omite el nitrógeno T_7 (-N), con valor de 8.669 cm, Seguidamente se presenta a los tratamientos T_2 (+N), T_3 (+P) y T_4 (-K) que llegan a obtener longitudes de 8.666 cm, 8.566 y 8.516 cm respectivamente, considerados estadísticamente semejantes. A continuación le siguen los tratamientos con las longitudes más bajas T_6 (-P), T_5 (+K) y T_1 (T) que presentan longitudes de 8.423 cm, 8.322 cm y 8.122 cm respectivamente, también son considerados semejantes estadísticamente. Esto indica que el fósforo (-P) permite una variación considerable en la longitud de la arveja.

Los resultados dan a entender que la técnica de las parcelas de omisión presentan mayores longitudes de vaina de arveja bajo el siguiente orden: T_7 (-N), T_4 (-K), y T_6 (-P); caso contrario resulta con la técnica de las parcelas de inclusión cuyas longitudes de vaina de arveja son mayores si se realizan los tratamientos bajo el siguiente orden: T_2 (+N), T_3 (+P), y T_5 (+K). Estos datos nos permiten determinar que hay una buena correlación entre las longitudes de vaina de arveja determinados por las técnicas de las parcelas de omisión e inclusión; a mayores valores de la longitud de vaina de arveja con la técnica de las parcela de omisión le corresponde valores menores de la longitud de vaina de arveja con la técnica de las parcelas de inclusión y viceversa.

De las comparaciones se desprende que todo los tratamientos que muestran elevados valores, han sido aquellos en las cuales se incorporaron el fósforo, demostrándose su influencia positiva en los tratamientos diversos. Esta es una de las mejores evidencias que permite afirmar que el fósforo tiene una participación importante en el crecimiento y desarrollo de la planta, tal es así que la a FAO (2007), menciona que el fósforo es un macronutriente esencial para las plantas, Juega un papel importante en la promoción del crecimiento de la raíz, desarrollo del grano y la sincronización de la maduración

Quispe (2010) reporta el promedio de 8.59 cm de longitud de vaina de arveja variedad Remate con tratamiento de siete aplicaciones de microorganismos EM (cada 10 días), los datos obtenidos en el presente trabajo se encuentran dentro de lo reportado.

Hilario (2009) reporta en su trabajo de investigación obtiene valores que varían de 12.1, 11.7 y 8.7 cm, de longitud de vaina para las variedades Utrillo, Alderman y Remate con densidad (142 800 plantas.ha⁻¹) y 12.4, 12.1, 9.3 cm con la densidad (95 104 plantas/ha), respectivamente. Por lo que comparando con nuestros datos existe una mínima diferencia con la variedad Remate. Esto demuestra que la longitud de vaina esta dentro de los rangos señalados por este autor.

3.4. DEL RENDIMIENTO DE GRANO SECO (t.ha⁻¹)

En la tabla 04 del anexo 01 se presenta los resultados del rendimiento de grano seco en t.ha⁻¹ en la que se observa que los tratamientos con valores más altos corresponden al T8 (C) y T₄ (-K), con rendimientos de 1.72 t.ha⁻¹ y 1.57 respectivamente, mientras que el más bajo se obtuvo con el T₅ (-K), con un rendimiento 1.20 t.ha⁻¹. Asimismo, se observa que el T₁ (T) tiene un rendimiento de 1,43 t.ha⁻¹, Estos resultados permiten afirmar que hubo un efecto positivo en la aplicación de fertilizante sintético al suelo, el cual se traduce en mejores rendimientos de grano seco de arveja.

El tabla 3.7 de ANVA muestra alta significación estadística para los tratamientos. Esto demuestra la influencia de la técnica de las parcelas de omisión e inclusión en la producción grano seco de arveja en cada uno de los tratamientos.

Tabla 3.7. ANVA del rendimiento de grano seco de arveja (t.ha⁻¹)

Fuente de Variancia	G.L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc
Bloque	2	0.009	0.005	1.02 ns
Tratamiento	7	0.542	0.077	17.23 **
Error	14	0.063	0.004	
Total	23	0.614		

C.V. = 4.54%

Los contrastes de las medias se realizaron con la prueba de Duncan al 0.05 (Tabla 3.8). Esta prueba señala que el tratamiento más alto, con respecto a su rendimiento, corresponden al tratamiento T₈ (C), seguido por los tratamientos T₄ (-K), T₇ (-N), T₂ (+N), T₆ (-P) y T₁ (T). Por otro lado, los rendimientos bajos corresponden a los tratamientos T₃ (+P) y T₅ (+K).

Tabla 3.8. Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento de grano seco de arveja (t.ha⁻¹)

Tratamiento	Rendimiento promedio de grano seco (t.ha ⁻¹)	Grupo Duncan (0.05)
T8 (2, 2, 2)	1.72	a
T4 (2, 2, -2)	1.57	b
T7 (-2, 2, 2)	1.53	b c
T2 (2, -2, -2)	1.48	b c
T6 (2, -2, 2)	1.47	b c
T1 (-2, -2, -2)	1.43	c
T3 (-2, 2, -2)	1.30	d
T5 (-2, -2, 2)	1.20	d

En los resultados se pueden realizar comparaciones muy interesantes, como de la omisión e inclusión de los elementos en cada uno de los tratamientos y que en los rendimientos presentan una amplia variación, correspondiendo los rendimientos más altos a los tratamientos T₈ (C), T₄ (-K), T₇ (-N), T₂ (+N) y T₆ (-P), con rendimientos de 1.72 t.ha⁻¹ y 1.57 t.ha⁻¹, 1.53 t.ha⁻¹, 1.48 t.ha⁻¹, 1.47 t.ha⁻¹ respectivamente en las cuales hubo una incorporación del nitrógeno, caso T₇ (-N) nitrógeno por simbiosis, el fósforo incorporado en los tres primeros altos rendimientos, comparando con los tratamientos T₁ (T), T₃ (+P) y T₅ (+K) con 1.43 t.ha⁻¹, 1.30 t.ha⁻¹ 1.20 t.ha⁻¹ respectivamente, con rendimientos bajos donde no se incorporó nitrógeno y/o fósforo.

De estas comparaciones se desprende que todos los tratamientos que muestran

elevados valores contienen el nitrógeno y fósforo, teniendo una gran influencia positiva en los tratamientos.

Los resultados dan a entender que la técnica de las parcelas de omisión presenta rendimiento mayores bajo el siguiente orden: T₄ (-K), T₇ (-N) y T₆ (-P), caso contrario resulta con la técnica de las parcelas de inclusión cuyos rendimientos son mayores si se realizan los tratamientos bajo el siguiente orden: T₂ (+N), T₃ (+P) y T₅ (+K). Estos datos nos permiten determinar que hay una buena correlación entre los rendimientos determinados por las técnicas de las parcelas de omisión e inclusión; a valores altos de rendimientos con la técnica de las parcelas de omisión le corresponde valores bajos de rendimiento con la técnica de las parcelas de inclusión y viceversa.

INIA (2008) menciona que con abonamiento de 40-80-60 de NPK, la arveja variedad INIA 103 Remate, alcanza un rendimiento en grano seco de 1.6 t.ha⁻¹ con manejo sin tutores y 2.0 tn.ha⁻¹ con tutores; en condiciones del valle del Mantaro (Estación Experimental Agraria Santa Ana-Huancayo). El rendimiento máximo con los tratamientos estudiados con nivel de abonamiento de 125-45-90 de NPK es de 1.72 t.ha⁻¹, lo cual se encuentra dentro del rango del obtenido por el INIA.

3.5. DEL PESO DE 1000 SEMILLAS (g)

En tabla 05 del anexo 01, se presentan los resultados del peso de 1000 semillas, corresponde el valor más alto al tratamiento T₃ (+P) con un peso de 343.33 g, seguido por el T₁ (T) con un peso de 333.33g; mientras que los pesos más bajos se obtuvieron con los Tratamientos T₂ (+N) y T₆ (-P), con un valor igual a 270.00 g.

La tabla 3.9 de ANVA muestra una diferencia estadística altamente significativa para los tratamientos. Esto demuestra la influencia de la omisión e inclusión de los elementos en el peso de 1000 semillas.

Tabla 3.9. ANVA del peso 1000 semillas (g)

Fuente de Variancia	G.L	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc
Bloque	2	75.00000	37.50000	0.23 ns
Tratamiento	7	15516.66667	2216.66667	13.74 **
Error	14	2258.33333	161.30952	
Total	23	17850.00000		

C.V. = 4.27%

Los contrastes de las medias se realizaron con la prueba de Duncan al 0.05 (Tabla 3.10). Esta prueba señala que los tratamientos con mayor peso de 1000 semillas corresponden a los tratamientos T₃ (+P) y T₁ (T). Por otro lado, los pesos medios corresponden a los tratamientos T₅ (+K), T₈ (C), T₄ (-K) y T₇ (-N), estadísticamente semejantes; mientras que los pesos más bajos corresponden a los tratamientos T₂ (+N) y T₆ (-P).

Tabla 3.10. Prueba de Duncan (0.05) para el peso de 1000 semillas (g)

Tratamiento	Peso de 1000 semillas (g)	Grupo Duncan (0.05)
T3 (-2, 2, -2)	343.33	a
T1 (-2, -2, -2)	333.33	a
T5 (-2, -2, 2)	296.67	b
T8 (2, 2, 2)	293.33	b c
T4 (2, 2, -2)	290.00	b c
T7 (-2, 2, 2)	283.33	b c
T2 (2, -2, -2)	270.00	c
T6 (2, -2, 2)	270.00	c

De los resultados obtenidos; al realizar una inclusión de fósforo T₃ (+P) en el suelo se obtiene un mayor peso, con un valor de 343.33 g, mientras con el tratamiento donde hay omisión de fósforo T₆ (-P) en el suelo, se obtiene el menor peso, con un valor de 270.00 g, de ello se deduce que el nutriente más crítico para el peso de

semilla es el P; la no aplicación de este nutriente, aun cuando se apliquen los otros, limita severamente el desarrollo del cultivo.

Los resultados dan a entender que la técnica de las parcelas de omisión presenta mayor peso de semilla bajo el siguiente orden: T₄ (-K), T₇ (-N) y T₆ (-P); caso contrario resulta con la técnica de las parcelas de inclusión cuyo peso de semilla es mayor si se realizan los tratamientos bajo el siguiente orden: T₃ (+P), T₅ (+K) y T₂ (+N). Estos datos nos permiten determinar que hay una buena correlación entre los pesos de semilla determinados por las técnicas de las parcelas de omisión e inclusión; a mayores valores del peso de semilla con la técnica de las parcela de omisión le corresponde valores bajos del peso de semillas con la técnica de las parcelas de inclusión y viceversa.

Palomino (2003), con fertilización de NPK más manejo fisionutricional, obtuvo 271.2, 275.9, 289.7 y 307.5 g en peso de 1000 semillas para las variedades de Tarma, Rondo, Local y Utrillo, respectivamente; mientras que el peso de 1000 semillas obtenido en el presente trabajo es de 343.33 g, usando la variedad INIA 103 Remate, el cual es superior a lo obtenido por Palomino. Esta diferencia podría atribuirse a la influencia de condiciones genéticas, así como al manejo del cultivo y la zona en donde se realizó cada uno de los trabajos.

3.6. MERITO ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS

En el cuadro 3.11 se presentan los resultados concernientes a la rentabilidad económica en vaina verde de arveja producido en el Centro Experimental Canaán-UNSCH. Los cálculos se determinaron en base a los rendimientos obtenidos en cada uno de los tratamientos, cuyos datos se dan a conocer en el anexo 03.

Tabla 3.11. Rentabilidad económica para el cultivo de arveja en vaina verde

Trat.	Descrip.	Rdto kg/ha	Precio	Utilidad Bruta (S/.)	Costo de Producción (S/.)	Utilidad Neta (S/.)	Porcentaje de Rentabilidad (%)
T ₈	C	12695.83	2.1	26661.25	7067.49	19593.76	277.24
T ₆	-P	9422.92	2.1	19788.13	6503.19	13284.93	204.28
T ₂	+N	8329.17	2.1	17491.25	6325.54	11165.71	176.52
T ₇	-N	8268.75	2.1	17364.38	6753.99	10610.38	157.10
T ₃	+P	7795.83	2.1	16371.25	6464.53	9906.72	153.25
T ₄	-K	8254.17	2.1	17333.75	6882.53	10451.22	151.85
T ₅	+K	6291.67	2.1	13212.50	6189.69	7022.81	113.46
T ₁	T	5175.00	2.1	10867.50	5907.54	4959.96	83.96

De los resultados obtenidos, cuyos valores se presentan en la tabla 3.11, se determina que el tratamiento T₈ (C) resulta ser el que presenta una mayor rentabilidad con 277.24%, es decir que del 100% de inversión realizada habrá un retorno de 286.38% adicional, a comparación del tratamiento T₆ (-P) que presenta una rentabilidad de 204.28%. Los tratamiento T₂ (+N), T₇ (-N), T₃ (+P) T₄ (-K) y T₅ (+K), presenta una rentabilidad de 176.52%, 157.10 %, 153.25 %, 151.85 % y 113.46 % respectivamente, señalando que en estos tratamiento hay una recuperación que sobrepasa más del 150% de lo invertido en cada uno de los tratamientos; sin embargo los tratamientos T₁ (T) resultan ser el más bajo en cuanto a rentabilidad se refiere, logrando alcanzar 83.96%.

De acuerdo a este resultado se propondría para los suelos del Centro Experimental Canaán UNSCH la aplicación del nitrógeno, fósforo y potasio, es decir el tratamiento completo, seguido por la aplicación de nitrógeno y potasio, es decir la omisión del fosforo (-P).

3.7. COEFICIENTE APARENTE DE USO DE LOS FERTILIZANTES

La cantidad de fertilizante aprovechado por el cultivo depende de varios factores, de

naturaleza edáfica, climática y del mismo cultivo. Un sistema de producción será más eficiente en la medida que el fertilizante sea mejor aprovechado por el cultivo.

El CAU, con respecto a la aplicación de los elementos en los suelos del Centro Experimental Canaán-UNSCH, tuvo un comportamiento variado de acuerdo a las condiciones a las que se les sometió en cada uno de los tratamientos. En la tabla 3.12 se puede apreciar las extracciones de los elementos por la planta de acuerdo a cada uno de los tratamientos.

Tabla 3.12. Extracción de nutrientes por el cultivo de arveja

Tratamiento	Rendimiento (kg. ha ⁻¹)	MS (kg. ha ⁻¹)	N (kg. ha ⁻¹)	P (kg. ha ⁻¹)	K (kg. ha ⁻¹)
T	7563	1879	15.87	12.25	28.22
+N	10230	2930	24.00	19.58	44.88
+P	10306	2745	82.36	21.72	44.93
-K	10741	2931	92.59	21.20	41.61
+K	9083	2320	19.51	15.54	30.13
-P	12087	3456	38.21	28.47	56.80
-N	11823	3139	83.94	24.23	45.05
C	15610	4580	98.84	31.87	74.69

De acuerdo al cuadro anterior se obtuvo los CAU para cada elemento aplicado al suelo, los resultados correspondientes se dan a conocer en las tablas 3.13, 3.14 y 3.15.

Tabla 3.13. CAU (%) del nitrógeno aplicado en el cultivo de arveja

Tratamiento	Descripción	N	P	K	CAU _N
T1	T	-2	-2	-2	9.03
T2	+N	2	-2	-2	
T7	-N	-2	2	2	16.56
T8	C	2	2	2	

De la tabla 3.13 se interpreta; que el nitrógeno absorbido por el cultivo a partir del fertilizante nitrogenado sintético (urea) es de 9.03 %, cuando este fertilizante se aplica sin el acompañamiento de fósforo y potasio. Sin embargo el aprovechamiento de nitrógeno por la planta se incrementa al 16.56 % de nitrógeno, cuando el fertilizante nitrogenado se aplica acompañado de fósforo y potasio.

Tabla 3.14. CAU (%) del fósforo aplicado en el cultivo de arveja

Tratamiento	Descripción	N	P	K	CAU _P
T1	T	-2	-2	-2	7.89
T3	+P	-2	2	-2	
T6	-P	2	-2	2	2.84
T8	C	2	2	2	

Los CAU presentados en la tabla 3.14 se interpretan de la siguiente manera: el fósforo absorbido por el cultivo a partir del fertilizante fosfórico sintético (superfosfato triple de calcio) es de 7.89 %, cuando este fertilizante se aplica sin acompañamiento de nitrógeno y potasio. Sin embargo el aprovechamiento de fósforo por la planta disminuye al 2.84 % de fosforo, cuando el fertilizante fosfórico se aplica acompañado de nitrógeno y potasio.

Tabla 3.15. CAU (%) del potasio aplicado en el cultivo de arveja

Tratamiento	Descripción	N	P	K	CAU _K
T1	T	-2	-2	-2	2.39
T5	+K	-2	-2	2	
T4	-K	2	2	-2	41.36
T8	C	2	2	2	

Los CAU presentados en la tabla 3.15 se interpretan de la siguiente manera: el potasio absorbido por el cultivo a partir del fertilizante potásico sintético (cloruro de potasio) es de 2.39 %, cuando este fertilizante se aplica sin acompañamiento de nitrógeno y fósforo. Sin embargo el aprovechamiento de potasio por la planta se incrementa al 41.36 % de potasio, cuando el fertilizante potásico se aplica acompañado de nitrógeno y fósforo.

3.8. RENDIMIENTO RELATIVO (Rr)

La estructura de los tratamientos en el Diseño 03 de Julio, permite realizar un análisis de la importancia relativa del contenido de nutrientes en el suelo así como el uso de fertilizantes, tabla 3.16.

Con respecto a la técnica de las parcelas de omisión el Rr más bajo (64.00%), corresponde al tratamiento sin potasio (-K), seguido por el sin nitrógeno (-N) con un Rr de 68.54%, y luego el sin fósforo (-P) con un Rr de 75.46%. Con respecto a la técnica de las parcelas de inclusión, el Rr más alto (155.92%) corresponde al tratamiento con nitrógeno (+N), seguido por el fósforo (+P) con un Rr de 146.04%; correspondiendo el Rr más bajo al tratamiento con potasio (+K), con 123.44%.

Tabla 3.16. Rendimiento relativo (Rr) de materia seca (MS) de arveja

Trat.	Descrip.	Nivel Codificado			Rdto. MS (kg. ha ⁻¹)	Rdto. Relativo (%)
		X ₁	X ₂	X ₃		
1	T	-2	-2	-2	1879	100.00%
2	+N	2	-2	-2	2930	155.92%
3	+P	-2	2	-2	2745	146.04%
4	-K	2	2	-2	2931	64.00%
5	+K	-2	-2	2	2320	123.44%
6	-P	2	-2	2	3456	75.46%
7	-N	-2	2	2	3139	68.54%
8	C	2	2	2	4580	100.00%

Los resultados indican que los elementos más críticos para el desarrollo del cultivo, en este suelo, son el potasio y nitrógeno, esto tiene concordancia con los resultados del análisis del suelo cuyos contenidos de nitrógeno total y potasio disponible son muy bajos.

De acuerdo a la técnica de las parcelas de inclusión, la inclusión de P, al igual que la inclusión de N y K, permiten incrementar la producción de materia seca. Según la

técnica de las parcelas de omisión, la omisión de K, N y P afecta la producción de arveja.

En la técnica de las parcelas de omisión, los bajos Rr de la planta indicadora están asociados a bajos contenidos del elemento en mención en el suelo; es decir, si la no adición de un elemento en el abonamiento del suelo perjudica el desarrollo de la planta (bajo Rr), el suelo posee este elemento en poca cantidad (Tineo, 2006). En la técnica de las parcelas de inclusión, los altos Rr de la planta indicadora están asociados a bajos contenidos, en el suelo, del elemento en mención; es decir, si la adición de un elemento en el abonamiento del suelo repercute en el desarrollo de la planta (alto Rr), el suelo posee este elemento en poca cantidad (Tineo, 2006).

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados en el presente trabajo permiten arribar a las conclusiones siguientes:

1. Con la técnica de parcelas de inclusión y omisión se determinó que el tratamiento completo (90-120-80 kg.ha⁻¹ de NPK) maximiza el rendimiento en vaina verde de arveja, con 12.7 t.ha⁻¹ y una rentabilidad de 277.24 %.
2. El nutriente mejor aprovechado por el cultivo de arveja fue el potasio con un Coeficiente Aparente de Uso del fertilizante de 41.36 %.
3. La omisión del nitrógeno T₇ (-N) y de potasio T₄ (-K) respecto al abonamiento completo es la que más afecta en el rendimiento de arveja, seguido por la omisión de fósforo T₆ (-P). Asimismo la inclusión del nitrógeno T₂ (+N) respecto al testigo es la que brindó mejor respuesta en cuanto al rendimiento, comparado con las incorporaciones individuales de potasio T₅ (+K) y fósforo T₃ (+P).
4. Existe una buena correlación entre los Rendimientos relativos (Rr) en las técnicas de las parcelas de omisión e inclusión; a valores bajos de Rr con la técnica de las parcela de omisión le corresponde valores altos de Rr con la técnica de las parcelas de inclusión y viceversa.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones del presente trabajo de investigación, se propone las siguientes recomendaciones:

1. Para obtener un rendimiento satisfactorio de arveja-variedad Remate se recomienda la fertilización con la incorporación de 90-120-80 kg.ha⁻¹ de NPK.
2. Es necesario realizar más investigaciones, en cuanto a la técnica de parcelas de omisión e inclusión, con la finalidad de mejorar esta técnica; haciendo énfasis en la dosificación de los elementos.
3. La técnica de las parcelas de omisión y la técnica de las parcelas de inclusión son herramientas adecuadas para el diagnóstico de la fertilidad del suelo. Bajos contenidos de un nutriente en el suelo, están asociados a bajos Rr en la técnica de las parcelas de omisión y altos Rr en la técnica de las parcelas de inclusión.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- BIDWELL, R. (1983). Fisiología Vegetal. Edit. AGT. S.A. México.
- BLACK, C.A. (1975). Relaciones Suelo - Planta. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires. 1ra edición. Tomo II.
- BRAVO, M. E. (1969). Fisiología del cultivo del Fríjol, Garbanzo y Pallar. Cursos sobre Menestras de Costa y Selva. Cooperativismo, Comunicación y Crédito. Programa Nacional de Menestras. UNA la Molina. Lima - Perú.
- BUCKMAN H. y BRADY N. (1993). Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial Limusa, S.A de C, V.
- CABRERA, H. (2004). Fertilización Biológica de Arveja (*Pisum sativum* L.), Variedad Remate con *Rhizobium Leguminosarumbv. Viceae*. Canaán a 2750 msnm. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga – Ayacucho.
- CAMARENA, M. (1990). Boletín informativo de leguminosas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- CAMARENA, M. (2003). Manual del Cultivo de arveja. Universidad Nacional Agraria La Molina, Caritas Diocesana Huancavelica, Fondo ítalo Peruano, 1^{ra}. Edic. Edit. Agraf S.R.L. Lima – Perú.
- CAMPOS, A. (1992). Aspectos Botánicos y Agronómicos de la arveja y haba. Misión Agrícola de la Universidad de Carolina del Norte. Ancash – Perú.
- CAMASCA, A. (1994). Horticultura Práctica. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-CONCYTEC. Ayacucho - Perú.
- CARITAS DEL PERÚ. (2007). Cultivo de la Arveja en la sierra. Grafica Filadelfia E.I.R.L. Huancavelica - Perú
- CASSERES, E. (1980). Producción de Hortalizas. Editorial IICA. San José de Costa Rica. 387 p.
- CUBERO, J. (1988). Leguminosas de Grano. Edit. Mundi Prensa. Madrid - España.
- CRONQUIST, A. (1981). Sistema Integrado de Clasificación de Plantas con Flores. Columbia University Press.
- DEVLIN, R. (1970). Fisiología Vegetal. Edit. Omega S.A. Barcelona. Madrid - España. 614 p.

- DOMÍNGUEZ A. (1989). Tratado de Fertilización. Edit. Mundi Prensa. Madrid.
- DONAHUE, R. L.; MILLER, R.D.; y SHICKLUNA, J.C. (1981). Introducción a los Suelos y el crecimiento de las Plantas. Editorial Dossat, S.A. España.
- ESTRADA, J. (1986). Curso de nutrición mineral de las plantas. UNA La Molina. Lima - Perú. 196 p.
- EVANS, L. (1983) Fisiología de los Cultivos 1^{ra} Edic. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires - Argentina.
- FAIGUENBAUM, H. (1993). Cultivo de arveja. Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Departamento de Ciencias Vegetales, Santiago de Chile.
- FAHN, A. (1974). Anatomía Vegetal. Ediciones H. Blume. 1^{Edic.} Rosario -Madrid.
- FASSBENDER, H. y BORNEMISZA, M. (1987). Química de suelos, con énfasis en los suelos de América Latina. Edición. Editorial II CA. San José - Costa Rica.
- HILARIO, L.L. (2009). Densidad de las Plantas en el Rendimiento en vaina Verde de Cinco Variedades de Arveja (*Pisum sativum L*) en Vinchos a 3220 msnm. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- HUNTER, A.; FITTS, J. (1974). Economically sound Fertilizer recommendation based on soil analysis. Proc. Int. Symp. soil Fert. Eval. (New Delhi).
- IBÁÑEZ, R.; AGUIRRE, G. (1983). Fertilidad de suelos. Manual de prácticas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho – Perú 136 p.
- INIA. (1998). Boletín informativo sobre arveja. Ayacucho – Perú.
- INIA. (2008). Cultivo de Arveja. Serie folleto 24-08. Lima – Perú.
- INIA. (2003). Boletín informativo sobre arveja. Ayacucho – Perú.
- JACKSON, M. (1976). Análisis químico de suelos. Trad. José Beltrán. Edit. Omega S.A. 3^{ra} Edic. Barcelona.
- KAY, D. (1979). Leguminosas Alimenticias. Edit. Acribia. S.A. Zaragoza - España.
- LOPEZ. T. (1994). Horticultura. Edit. Trillas México.
- MANUAL AGROPECUARIO. (2002). Tecnologías Orgánicas de la Granja Integral Autosuficientes. Fundación Hogares Juveniles Campesinos. Biblioteca de

- Campo. 1^{ra} Edit. Bogotá – Colombia.
- MAROTO, J. (2000). Horticultura Herbácea Especial. Edic. Mundial – Prensa. 4^{ta} Edt. Madrid – España.
- MATEO J. (1961) Leguminosas de grano. 1^{ra} Edic. Colección Agrícola Salvat. Barcelona – España.
- MILLAR, C.; HERNANDO, V. (1964). Fertilidad del Suelo. Primera edición, Salvat Editores, S.A. Barcelona - Madrid.
- MONTOROY, C. I. (1995). Proyectos de Cultivos Diversos Informe Anual, Zona Agraria Nro. 10 Huancayo – Perú.
- MOSCOSO. F. A. (2002). “Efecto de lámina de agua en el rendimiento de arveja. Estación Experimental Canaan - INIA – 2750 msnm. Ayacucho”. Tesis. Ing Rural. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho - Perú.
- PALOMINO, J. (2003). Efecto de tres formas de fertilización en el rendimiento de cuatro variedades de arveja (*Pisum sativum* L.); Matará a 3200 msnm. Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho - Perú.
- PALOMINO, R. (1987). Estado nutricional de algunos suelos Agrícolas de las Provincias de Huamanga, Cangallo, Víctor Fajardo y Vilcashuamán del departamento de Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- PLASTER, E. (1997). La ciencia del suelo y su manejo. Editorial Paraninfo.
- ONERN. (1980). Clasificación de las Tierras en el Perú. Lima, Perú.
- QUISPE, W. (2010). Microorganismos eficientes (EM) en el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L) variedad Remate. Canaán. 2750 msnm. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- RUSSELL, J. y RUSSELL, W. (1968). Condiciones del suelo y crecimiento de las plantas. Edit. Aguilar. Madrid - España.
- TINEO, A. L. (2006). Superficies de respuesta: El Diseño 03 de Julio, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho. 81 p.
- TINEO, A. L. (2009). Fertilidad de suelos. Manual de Prácticas. Universidad Nacional

de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho - Perú.

- TINEO, A. L (2012). Evaluación de la fertilidad de suelos de Huamanga por las técnicas del elemento faltante y presente. Programa de Investigación en Pastos y Ganadería, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- TISDALE, S. L. y NELSON, W.L. (1985). Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. Edit. Montaner y Simón S.A. Barcelona - España.
- THOMPSON, L. (1974). El suelo y su fertilidad. Edit. Reverté. Madrid. 356 p.
- VILLAVICENCIO, R. (1995). Biotecnología en hortalizas II curso regional sobre producción de hortalizas. Huancayo - Perú.
- VELIZ, A. (1976). Manual de Prácticas de Oleicultura General. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
- WAUGH, D. L.; CATE, R. B.; NELSON, L. A. (1973). Modelos Discontinuos para una rápida correlación, Interpretación y Utilización de los datos de análisis de suelos y las respuestas a los fertilizantes. Boletín técnico N° 07. Internacional Soil Fertility. Evaluation & Improvement Program.
- ZAVALETA, A. (1992). El suelo en relación con la producción.

REFERENCIA ELECTRÓNICA

1. FAO, (2007). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Microorganismos efectivos, disponible en:
http://www.fao.org/ag/agl/agll/ipns/index_es.jsp?term=e045&letter=M.
Accesado el 20 de febrero del 2018.
2. <http://www.infoagro.com> (2008). Cultivo de leguminosas. Accesado el 10 de febrero del 2018.
3. IFA – FAO. (2002). Los fertilizantes y su uso. Disponible en:
<http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>. Accesado el 25 de febrero del 2018.
4. INFOAGRO (2015). El Cultivo de Guisante. Disponible en:
<http://www.infoagro.com/hortalizas/guisantes>. Consultado el 23 de enero del 2018.
5. S@mconet (2015). Sistemas de Mercadeo y Comercialización de la Arveja (*Pisum sativum* L.) Variedad Alderman y Rondo. Disponible: <http://www.Samconet.pe/producto7/descripcion7.htm>. Consultado el 20 de enero del 2018.

ANEXOS

Anexo 1. Promedios generales de los parámetros evaluados del cultivo de arveja

Tabla 1. Rendimiento en vaina verde de arveja (t.ha⁻¹).

Tratamientos bloque	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
I	3.525	6.456	6.338	6.438	6.769	8.438	6.031	11.338
II	6.600	8.244	7.663	9.419	5.106	9.781	8.644	10.106
III	5.400	10.288	9.388	8.906	7.000	10.050	10.131	16.644
Promedios	5.175	8.329	7.796	8.254	6.292	9.423	8.269	12.696

Tabla 2. Número de vainas por planta (unidades).

Tratamientos Bloque	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
I	8.40	16.40	15.30	15.30	15.60	20.40	13.10	26.90
II	14.50	18.10	17.10	20.40	11.80	22.20	18.50	23.30
III	11.80	22.40	21.50	21.40	15.80	23.40	22.80	39.20
Promedios	11.57	18.97	17.97	19.03	14.40	22.00	18.13	29.80

Tabla 3. Longitud de vaina (cm).

Tratamientos Bloque	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
I	7.715	8.318	8.292	8.525	8.483	8.387	8.397	8.625
II	8.402	8.833	8.710	8.543	8.126	8.613	9.042	8.662
III	8.250	8.847	8.692	8.480	8.357	8.270	8.567	8.723
Promedios	8.122	8.666	8.564	8.516	8.322	8.423	8.668	8.670

Tabla 4. Rendimiento grano seco (t.ha⁻¹)

Tratamientos Bloque	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
I	1.431	1.481	1.300	1.725	1.200	1.469	1.525	1.725
II	1.381	1.519	1.356	1.588	1.175	1.494	1.494	1.756
III	1.481	1.444	1.244	1.406	1.225	1.444	1.556	1.688
Promedios	1.431	1.481	1.300	1.573	1.200	1.469	1.525	1.723

Tabla 5. Peso de 1000 semillas (g).

Tratamientos Bloque	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
I	330.00	260.00	340.00	280.00	290.00	280.00	300.00	280.00
II	320.00	270.00	340.00	300.00	310.00	270.00	270.00	310.00
III	350.00	280.00	350.00	290.00	290.00	260.00	280.00	290.00
Promedios	333.33	270.00	343.33	290.00	296.67	270.00	283.33	293.33

Anexo 2. Análisis y coeficientes de regresión de los parámetros evaluados del cultivo de arveja

Tabla 6. Coeficientes de regresión para el rendimiento vaina verde de arveja (t.ha⁻¹).

Parámetro	Valor Estimado	T para Ho: Parámetro=0	Error estándar. del valor estimado	Pr > T	
Intercepto	11.34791667	5.40	2.10015175	0,0001	**
X ₁	0.03450267	1.57	0.02199795	0,1353	ns
X ₂	0.07212963	1.18	0.06110542	0,2541	ns
X ₃	0.00264259	0.09	0.03055271	0,9321	ns
X ₁₂	-0.00024889	-0.44	0.00056447	0,6648	ns
X ₁₃	0.00035070	1.24	0.00028223	0,2309	ns
X ₂₃	0.00066774	0.85	0.00078398	0,4062	ns

Tabla 7. Análisis de regresión para el rendimiento vaina verde de arveja (t.ha⁻¹).

F.V.	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	
X ₁	1	187.1868615	187.1868615	12.38	0.0026	**
X ₂	1	91.1664240	91.1664240	6.03	0,0251	*
X ₃	1	76.1555627	76.1555627	5.04	0,0384	*
X ₁₂	1	2.9400000	2.9400000	0.19	0,6648	ns
X ₁₃	1	23.3484827	23.3484827	1.54	0,2309	ns
X ₂₃	1	10.9701282	10.9701282	0.73	0,4062	ns
Error	17	257.0771508	15.1218530			
Total	23	648.8446098				

C.V. = 23.48%

Tabla 8. Coeficientes de regresión para el número de vainas por planta (unidades).

Parámetro	Valor Estimado	T para Ho: Parámetro=0	Error estándar. del valor estimado	Pr > T	
Intercepto	12.86666667	5.48	2.34718925	0,0001**	**
X ₁	0.03840000	1.56	0.02458554	0,1367	ns
X ₂	0.08444444	1.24	0.06829316	0,2331	ns
X ₃	0.00259259	0.08	0.03414658	0,9404	ns
X ₁₂	-0.00020148	-0.32	0.00063087	0,7533	ns
X ₁₃	0.00048000	1.52	0.00031543	0,1465	ns
X ₂₃	0.00062551	0.71	0.00087620	0,4850	ns

Tabla 9. Análisis de regresión para el número de vainas por planta (unidades).

F.V.	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	
X ₁	1	46.08000000	46.08000000	2.44	0,1367	ns
X ₂	1	28.88000000	28.88000000	1.53	0,2331	ns
X ₃	1	0.10888889	0.10888889	0.01	0,9404	ns
X ₁₂	1	1.92666667	1.92666667	0.10	0,7533	ns
X ₁₃	1	43.74000000	43.74000000	2.32	0,1465	ns
X ₂₃	1	9.62666667	9.62666667	0.51	0,4850	ns
Error	17	321.1133333	18.88901960			
Total	23	892.1733333				

C.V. = 22.89%**Tabla 10.** Coeficientes de regresión para la longitud de vaina (cm).

Parámetro	Valor Estimado	T para Ho: Parámetro=0	Error estándar del valor estimado	Pr > T	
Intercepto	8.183875000	62.43	0.13109247	0,0001	**
X ₁	0.003364667	2.45	0.00137312	0,0254	*
X ₂	0.007094444	1.86	0.00381423	0,0803	ns
X ₃	0.000850926	0.45	0.00190711	0,6611	ns
X ₁₂	-0.000061541	-1.75	0.00003523	0,0987	ns
X ₁₃	-0.000017437	-0.99	0.00001762	0,3362	ns
X ₂₃	0.000037160	0.76	0.00004894	0,4580	ns

Tabla 11. Análisis de regresión para la longitud de vaina (cm).

F.V.	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	
X ₁	1	0.13395204	0.13395204	2.27	0,1500	ns
X ₂	1	0.29415204	0.29415204	4.99	0,0392	*
X ₃	1	0.01733437	0.01733437	0.29	0,5946	ns
X ₁₂	1	0.17974704	0.17974704	3.05	0,0987	ns
X ₁₃	1	0.05772204	0.05772204	0.98	0,3362	ns
X ₂₃	1	0.03397538	0.03397538	0.58	0,4580	ns
Error	17	1.00165371	0.05892081			
Total	23	1.71853662				

C.V. = 2.86%

Tabla 12. Coeficientes de regresión para el rendimiento grano seco de arveja (t.ha^{-1}).

Parámetro	Valor Estimado	T para Ho: Parámetro=0	Error estándar. del valor estimado	Pr > T	
Intercepto	2.785000000	32.95	0.08465688	0,0001	**
X ₁	0.001976000	2.23	0.00088674	0.0396	*
X ₂	-0.002570370	-1.04	0.00246315	0.3113	ns
X ₃	-0.003511111	-2.85	0.00123158	0.0111	*
X ₁₂	0.000026963	1.18	0.00002275	0.2523	ns
X ₁₃	0.000012800	1.13	0.00001138	0.2762	ns
X ₂₃	0.000152840	4.84	0.0000316	0.0002	**

Tabla 13. Análisis de regresión para el rendimiento grano seco de arveja (t.ha^{-1}).

F.V.	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	
X ₁	1	0.93536017	0.93536017	38.07	0,0001	**
X ₂	1	0.43632067	0.43632067	17.76	0,0006	**
X ₃	1	0.02574150	0.02574150	1.05	0,3204	ns
X ₁₂	1	0.03450417	0.03450417	1.40	0,2523	ns
X ₁₃	1	0.03110400	0.03110400	1.27	0,2762	ns
X ₂₃	1	0.57474150	0.57474150	23.39	0,0002	**
Error	17	0.41772133	0.02457184			
Total	23	2.45549333				

C.V. = 5.36%**Tabla 14.** Coeficientes de regresión para el peso de 1000 semillas (g).

Parámetro	Valor Estimado	T para Ho: Parámetro=0	Error estándar. del valor estimado	Pr > T	
Intercepto	336.666666700	50.41	6.67891033	0,0001	**
X ₁	-0.560000000	-8.00	0.06995797	0,0001	**
X ₂	0.074074100	0.38	0.1943277	0,7078	ns
X ₃	-0.481481500	-4.96	0.09716385	0,0001	**
X ₁₂	0.004148100	2.31	0.00179512	0,0337	*
X ₁₃	0.004444400	4.95	0.00089756	0,0001	**
X ₂₃	-0.002469100	-0.99	0.00249323	0,3359	ns

Tabla 15. Análisis de regresión para el peso de 1000 semillas (g).

F.V.	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	
X ₁	1	6666.666667	6666.666667	43.59	0,0001	**
X ₂	1	600.000000	600.000000	3.92	0,0640	ns
X ₃	1	3266.666667	3266.666667	21.36	0,0002	**
X ₁₂	1	816.666667	816.666667	5.34	0,0337	*
X ₁₃	1	3750.000000	3750.000000	24.52	0,0001	**
X ₂₃	1	150.000000	150.000000	0.98	0,3359	ns
Error	17	2600.000000	152.941180			
Total	23	17850.000000				

C.V. = 4.16%

Anexo 3. Costos de producción de los tratamientos

	SUPERFICIE:	1.0 ha		CAMPAÑA	2013		
	CULTIVO:	Arveja		VARIEDAD:	Remate		
	TECNOLOGIA:	Media		LUGAR:	C. E. Canaán		
PRESUPUESTO TRATAMIENTO 01							
PARTIDA	DESCRIPCION	EPOCA DE EJECUCION	METRADO		PRECIO UNIT. S/	PRECIO PARCIAL S/.	TOTAL S/.
			UNIDAD	CANTIDAD			
	I. COSTOS DIRECTOS						5653.15
1.0	MANO DE OBRA						3060.00
1.2	INSTALACION						1140.00
1.21	Limpieza de terreno	Primer mes	Jomal	15	30.00	450.00	450.00
1.2.2	Surcado del suelo manual	Primer mes	Jomal	5	30.00	150.00	150.00
12.3	Abonamiento y tapado	Primer mes	Jomal	5	30.00	150.00	150.00
1.2.4	Siembra	Primer mes	Jomal	10	30.00	300.00	300.00
1.2.5	Resiembra	Primer mes	Jomal	3	30.00	90.00	90.00
1.3	LABORES CULTURALES						1020.00
1.31	Riegos	Primer al tercer mes	Jomal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.2	Deshierbo	Segundo mes	Jomal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.3	Primer control fitosanitario	Segundo mes	Jomal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.4	Segundo control fitosanitario	Segundo mes	Jomal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.5	Aporque	Segundo mes	Jomal	10	30.00	300.00	300.00
1.4	COSECHA						900.00
1.4.1	Cosecha y selección	Tercer mes	Jomal	30	30.00	900.00	900.00
2.00	INSUMOS						1141.15
2.1	SEMILLA						1056.15
2.11	Semilla de arveja	Primer mes	Kg	70.41	15.00	1056.15	1056.15
2.2	FERTILIZANTE						0.00
2.21	Primera fertilizacion T1	Primer mes	Sacos	0		0.00	0.00
2.22	Segunda fertilizacion T1	segundo mes	Sacos	0	0.00	0.00	0.00
2.3	PESTICIDAS QUIMICOS						85.00
2.31	Insecticida (control)	Primer mes	Litro	1	35.00	35.00	35.00
2.32	Fungicida (control)	Tercer mes	Litro	1	50.00	50.00	50.00
3.00	TRANSPORTE Y OTROS						452.00
3.1	ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN						452.00
3.11	Análisis de suelo	Primer mes	Unidad	1	70	70.00	70.00
3.12	Análisis de planta	Tercer mes	unidad	1	150	150.00	150.00
3.21	Flete	Primer mes	Viaje	20	10	200.00	200.00
3.31	Costales	Tercer mes	Unidad	0.08	400	32.00	32.00
4.0	ALQUILER DE TERRENO						1000.00
4.1	Alquiler de terreno por campaña	Primer mes	Global	1	1000		1000.00
	II. COSTOS INDIRECTOS						254.39
5.0	Asistencia técnica (4 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	226.126	226.126	226.13
6.0	Gastos administrativos (3 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	16.95945	16.95945	16.96
7.0	Imprevistos (2 % G.D.)	Primer-cuarto mes		1	11.3063	11.3063	11.31
RESUMEN							
COSTOS DIRECTOS						S/.	5653.15
COSTOS INDIRECTOS						S/.	254.39
COSTO TOTAL DE PRODUCCION						S/.	5907.54

	SUPERFICIE:	1.0 ha		CAMPAÑA	2013		
	CULTIVO:	Arveja		VARIEDAD:	Remate		
	TECNOLOGIA:	Media		LUGAR:	C. E. Canaán		
PRESUPUESTO TRATAMIENTO 02							
PARTIDA	DESCRIPCION	EPOCA DE EJECUCION	METRADO		PRECIO UNIT. S./	PRECIO PARCIAL S./	TOTAL S./
			UNIDAD	CANTIDAD			
	I COSTOS DIRECTOS						6053.15
1.0	MANO DE OBRA						3060.00
1.2	INSTALACION						1140.00
1.21	Limpieza de terreno	Primer mes	Jornal	15	30	450.00	450.00
1.2.2	Surcado del suelo manual	Primer mes	Jornal	5	30.00	150.00	150.00
12.3	Abonamiento y tapado	Primer mes	Jornal	5	30.00	150.00	150.00
1.2.4	Siembra	Primer mes	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
1.2.5	Resiembra	Primer mes	Jornal	3	30.00	90.00	90.00
1.3	LABORES CULTURALES						1020.00
1.31	Riegos	Primer al tercer mes	Jornal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.2	Deshierbo	Segundo mes	Jornal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.3	Primer control fitosanitario	Segundo mes	Jornal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.4	Segundo control fitosanitario	Segundo mes	Jornal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.5	Aporque	Segundo mes	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
1.4	COSECHA						900.00
1.4.1	Cosecha y selección	Tercer mes	Jornal	30	30.00	900.00	900.00
2.00	INSUMOS						1541.15
2.1	SEMILLA						1056.15
2.11	Semilla de arveja	Primer mes	Kg	70.41	15.00	1056.15	1056.15
2.2	FERTILIZANTE						400.00
2.21	Primera fertilizacion T2	Primer mes	Sacos	2	100.00	200.00	200.00
2.22	Segunda fertilizacion T2	segundo mes	Sacos	2	100.00	200.00	200.00
2.3	PESTICIDAS QUIMICOS						85.00
2.31	Insecticida (control)	Primer mes	Litro	1	35.00	35.00	35.00
2.32	Fungicida (control)	Tercer mes	Litro	1	50.00	50.00	50.00
3.00	TRANSPORTE Y OTROS						452.00
3.1	ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN						452.00
3.11	Analisis de suelo	Primer mes	Unidad	1	70	70.00	70.00
3.12	Analisis de planta	Tercer mes	unidad	1	150	150.00	150.00
3.21	Flete	Primer mes	Viaje	20	10	200.00	200.00
3.31	Costales	Tercer mes	Unidad	0.08	400	32.00	32.00
4.0	ALQUILER DE TERRENO						1000.00
4.1	Alquiler de terreno por campaña	Primer mes	Global	1	1000		1000.00
	II COSTOS INDIRECTOS						272.39
5.0	Asistencia técnica (4 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	242.126	242.126	242.13
6.0	Gastos administrativos (3 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	18.15945	18.15945	18.16
7.0	Imprevistos (2 % G.D.)	Primer-cuarto mes		1	12.1063	12.1063	12.11
RESUMEN							
COSTOS DIRECTOS						S/.	6053.15
COSTOS INDIRECTOS						S/.	272.39
COSTO TOTAL DE PRODUCCION						S/.	6325.54

	SUPERFICIE:	1.0 ha		CAMPAÑA	2013		
	CULTIVO:	Arveja		VARIEDAD:	Remate		
	TECNOLOGIA:	Media		LUGAR:	C. E. Canaán		
PRESUPUESTO TRATAMIENTO 03							
PARTIDA	DESCRIPCION	EPOCA DE EJECUCION	METRADO		PRECIO UNIT. S./	PRECIO PARCIAL S./	TOTAL S/.
			UNIDAD	CANTIDAD			
	I COSTOS DIRECTOS						6186.15
1.0	MANO DE OBRA						3060.00
1.2	INSTALACION						1140.00
1.21	Limpieza de terreno	Primer mes	Jornal	15	30	450.00	450.00
1.2.2	Surcado del suelo manual	Primer mes	Jornal	5	30.00	150.00	150.00
1.2.3	Abonamiento y tapado	Primer mes	Jornal	5	30.00	150.00	150.00
1.2.4	Siembra	Primer mes	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
1.2.5	Resiembra	Primer mes	Jornal	3	30.00	90.00	90.00
1.3	LABORES CULTURALES						1020.00
1.31	Riegos	Primer al tercer mes	Jornal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.2	Deshierbo	Segundo mes	Jornal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.3	Primer control fitosanitario	Segundo mes	Jornal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.4	Segundo control fitosanitario	Segundo mes	Jornal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.5	Aporque	Segundo mes	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
1.4	COSECHA						900.00
1.4.1	Cosecha y selección	Tercer mes	Jornal	30	30.00	900.00	900.00
2.00	INSUMOS						1674.15
2.1	SEMILLA						1056.15
2.11	Semilla de arveja	Primer mes	Kg	70.41	15.00	1056.15	1056.15
2.2	FERTILIZANTE					533.00	533.00
2.21	Primera fertilizacion T3	Primer mes	Sacos	5.33	100.00	533.00	533.00
2.22	Segunda fertilizacion T3	segundo mes	Sacos	0	0.00	0.00	0.00
2.3	PESTICIDAS QUIMICOS					0.00	85.00
2.31	Insecticida (control)	Primer mes	Litro	1	35.00	35.00	35.00
2.32	Fungicida (control)	Tercer mes	Litro	1	50.00	50.00	50.00
3.00	TRANSPORTE Y OTROS					0.00	452.00
3.1	ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN						452.00
3.11	Analisis de suelo	Primer mes	Unidad	1	70	70.00	70.00
3.12	Analisis de planta	Tercer mes	unidad	1	150	150.00	150.00
3.21	Flete	Primer mes	Viaje	20	10	200.00	200.00
3.31	Costales	Tercer mes	Unidad	0.08	400	32.00	32.00
4.0	ALQUILER DE TERRENO						1000.00
4.1	Alquiler de terreno por campaña	Primer mes	Global	1	1000		1000.00
	II. COSTOS INDIRECTOS						278.38
5.0	Asistencia técnica (4 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	247.446	247.446	247.45
6.0	Gastos administrativos (3 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	18.55845	18.55845	18.56
7.0	Imprevistos (2 % G.D.)	Primer-cuarto mes		1	12.3723	12.3723	12.37
RESUMEN							
COSTOS DIRECTOS						S/.	6186.15
COSTOS INDIRECTOS						S/.	278.38
COSTO TOTAL DE PRODUCCION						S/.	6464.53

	SUPERFICIE:	1.0 ha		CAMPAÑA	2013		
	CULTIVO:	Arveja		VARIEDAD:	Remate		
	TECNOLOGIA:	Media		LUGAR:	C. E. Canaán		
PRESUPUESTO TRATAMIENTO 04							
PARTIDA	DESCRIPCION	EPOCA DE EJECUCION	METRADO		PRECIO UNIT. S./	PRECIO PARCIAL S./	TOTAL S./
			UNIDAD	CANTIDAD			
	I. COSTOS DIRECTOS						6586.15
1.0	MANO DE OBRA						3060.00
1.2	INSTALACION						1140.00
1.21	Limpieza de terreno	Primer mes	Jornal	15	30	450.00	450.00
1.2.2	Surcado del suelo manual	Primer mes	Jornal	5	30.00	150.00	150.00
1.2.3	Abonamiento y tapado	Primer mes	Jornal	5	30.00	150.00	150.00
1.2.4	Siembra	Primer mes	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
1.2.5	Resiembra	Primer mes	Jornal	3	30.00	90.00	90.00
1.3	LABORES CULTURALES						1020.00
1.31	Riegos	Primer al tercer mes	Jornal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.2	Deshierbo	Segundo mes	Jornal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.3	Primer control fitosanitario	Segundo mes	Jornal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.4	Segundo control fitosanitario	Segundo mes	Jornal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.5	Aporque	Segundo mes	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
1.4	COSECHA						900.00
1.4.1	Cosecha y selección	Tercer mes	Jornal	30	30.00	900.00	900.00
2.00	INSUMOS						2074.15
2.1	SEMILLA						1056.15
2.11	Semilla de arveja	Primer mes	Kg	70.41	15.00	1056.15	1056.15
2.2	FERTILIZANTE					933.00	933.00
2.21	Primera fertilizacion T4	Primer mes	Sacos	7.33	100	733.00	733.00
2.22	Segunda fertilizacion T4	segundo mes	Sacos	2	100.00	200.00	200.00
2.3	PESTICIDAS QUIMICOS					0.00	85.00
2.31	Insecticida (control)	Primer mes	Litro	1	35.00	35.00	35.00
2.32	Fungicida (control)	Tercer mes	Litro	1	50.00	50.00	50.00
3.00	TRANSPORTE Y OTROS					0.00	452.00
3.1	ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN						452.00
3.11	Análisis de suelo	Primer mes	Unidad	1	70	70.00	70.00
3.12	Análisis de planta	Tercer mes	unidad	1	150	150.00	150.00
3.21	Flete	Primer mes	Viaje	20	10	200.00	200.00
3.31	Costales	Tercer mes	Unidad	0.08	400	32.00	32.00
4.0	ALQUILER DE TERRENO						1000.00
4.1	Alquiler de terreno por campaña	Primer mes	Global	1	1000		1000.00
	II. COSTOS INDIRECTOS						296.38
5.0	Asistencia técnica (4 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	263.446	263.446	263.45
6.0	Gastos administrativos (3 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	19.75845	19.75845	19.76
7.0	Imprevistos (2 % G.D.)	Primer-cuarto mes		1	13.1723	13.1723	13.17
RESUMEN							
COSTOS DIRECTOS						S/.	6586.15
COSTOS INDIRECTOS						S/.	296.38
COSTO TOTAL DE PRODUCCION						S/.	6882.53

	SUPERFICIE:	1.0 ha		CAMPAÑA	2013		
	CULTIVO:	Arveja		VARIEDAD:	Remate		
	TECNOLOGIA:	Media		LUGAR:	C. E. Canaán		
PRESUPUESTO TRATAMIENTO 05							
PARTIDA	DESCRIPCION	EPOCA DE EJECUCION	METRADO		PRECIO UNIT. S./	PRECIO PARCIAL S./	TOTAL S./
			UNIDAD	CANTIDAD			
	I. COSTOS DIRECTOS						5923.15
1.0	MANO DE OBRA						3060.00
1.2	INSTALACION						1140.00
1.21	Limpieza de terreno	Primer mes	Jomal	15	30	450.00	450.00
1.2.2	Surcado del suelo manual	Primer mes	Jomal	5	30.00	150.00	150.00
12.3	Abonamiento y tapado	Primer mes	Jomal	5	30.00	150.00	150.00
1.2.4	Siembra	Primer mes	Jomal	10	30.00	300.00	300.00
1.2.5	Resiembra	Primer mes	Jomal	3	30.00	90.00	90.00
1.3	LABORES CULTURALES						1020.00
1.31	Riegos	Primer al tercer mes	Jomal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.2	Deshierbo	Segundo mes	Jomal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.3	Primer control fitosanitario	Segundo mes	Jomal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.4	Segundo control fitosanitario	Segundo mes	Jomal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.5	Aporque	Segundo mes	Jomal	10	30.00	300.00	300.00
1.4	COSECHA						900.00
1.4.1	Cosecha y selección	Tercer mes	Jomal	30	30.00	900.00	900.00
2.00	INSUMOS						1411.15
2.1	SEMILLA						1056.15
2.11	Semilla de arveja	Primer mes	Kg	70.41	15.00	1056.15	1056.15
2.2	FERTILIZANTE						270.00
2.21	Primera fertilizacion T5	Primer mes	Sacos	2.7	100	270.00	270.00
2.22	Segunda fertilizacion T5	segundo mes	Sacos	0	0.00	0.00	0.00
2.3	PESTICIDAS QUIMICOS						85.00
2.31	Insecticida (control)	Primer mes	Litro	1	35.00	35.00	35.00
2.32	Fungicida (control)	Tercer mes	Litro	1	50.00	50.00	50.00
3.00	TRANSPORTE Y OTROS						452.00
3.1	ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN						452.00
3.11	Analisis de suelo	Primer mes	Unidad	1	70	70.00	70.00
3.12	Analisis de planta	Tercer mes	unidad	1	150	150.00	150.00
3.21	Flete	Primer mes	Viaje	20	10	200.00	200.00
3.31	Costales	Tercer mes	Unidad	0.08	400	32.00	32.00
4.0	ALQUILER DE TERRENO						1000.00
4.1	Alquiler de terreno por campaña	Primer mes	Global	1	1000		1000.00
	II. COSTOS INDIRECTOS						266.54
5.0	Asistencia técnica (4 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	236.926	236.926	236.93
6.0	Gastos administrativos (3 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	17.76945	17.76945	17.77
7.0	Imprevistos (2 % G.D.)	Primer-cuarto mes		1	11.8463	11.8463	11.85
RESUMEN							
COSTOS DIRECTOS						S/.	5923.15
COSTOS INDIRECTOS						S/.	266.54
COSTO TOTAL DE PRODUCCION						S/.	6189.69

	SUPERFICIE:	1.0 ha		CAMPAÑA	2013		
	CULTIVO:	Arveja		VARIEDAD:	Remate		
	TECNOLOGIA:	Media		LUGAR:	C. E. Canaán		
PRESUPUESTO TRATAMIENTO 06							
PARTIDA	DESCRIPCION	EPOCA DE EJECUCION	METRADO		PRECIO UNIT. S./	PRECIO PARCIAL S./	TOTAL S./
			UNIDAD	CANTIDAD			
	I COSTOS DIRECTOS						6223.15
1.0	MANO DE OBRA						3060.00
1.2	INSTALACION						1140.00
1.21	Limpieza de terreno	Primer mes	Jomal	15	30	450.00	450.00
1.2.2	Surcado del suelo manual	Primer mes	Jomal	5	30.00	150.00	150.00
12.3	Abonamiento y tapado	Primer mes	Jomal	5	30.00	150.00	150.00
1.2.4	Siembra	Primer mes	Jomal	10	30.00	300.00	300.00
1.2.5	Resiembra	Primer mes	Jomal	3	30.00	90.00	90.00
1.3	LABORES CULTURALES						1020.00
1.31	Riegos	Primer al tercer mes	Jomal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.2	Deshierbo	Segundo mes	Jomal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.3	Primer control fitosanitario	Segundo mes	Jomal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.4	Segundo control fitosanitario	Segundo mes	Jomal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.5	Aporque	Segundo mes	Jomal	10	30.00	300.00	300.00
1.4	COSECHA						900.00
1.4.1	Cosecha y selección	Tercer mes	Jomal	30	30.00	900.00	900.00
2.00	INSUMOS						1711.15
2.1	SEMILLA						1056.15
2.11	Semilla de arveja	Primer mes	Kg	70.41	15.00	1056.15	1056.15
2.2	FERTILIZANTE						570.00
2.21	Primera fertilizacion T6	Primer mes	Sacos	4.7	100	470.00	470.00
2.22	Segunda fertilizacion T6	segundo mes	Sacos	2	50.00	100.00	100.00
2.3	PESTICIDAS QUIMICOS						85.00
2.31	Insecticida (control)	Primer mes	Litro	1	35.00	35.00	35.00
2.32	Fungicida (control)	Tercer mes	Litro	1	50.00	50.00	50.00
3.00	TRANSPORTE Y OTROS						452.00
3.1	ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN						452.00
3.11	Analisis de suelo	Primer mes	Unidad	1	70	70.00	70.00
3.12	Analisis de planta	Tercer mes	unidad	1	150	150.00	150.00
3.21	Flete	Primer mes	Viaje	20	10	200.00	200.00
3.31	Costales	Tercer mes	Unidad	0.08	400	32.00	32.00
4.0	ALQUILER DE TERRENO						1000.00
4.1	Alquiler de terreno por campaña	Primer mes	Global	1	1000		1000.00
	II. COSTOS INDIRECTOS						280.04
5.0	Asistencia técnica (4 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	248.926	248.926	248.93
6.0	Gastos administrativos (3 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	18.66945	18.66945	18.67
7.0	Imprevistos (2 % G.D.)	Primer-cuarto mes		1	12.4463	12.4463	12.45
RESUMEN							
COSTOS DIRECTOS						S/.	6223.15
COSTOS INDIRECTOS						S/.	280.04
COSTO TOTAL DE PRODUCCION						S/.	6503.19

	SUPERFICIE:	1.0 ha		CAMPAÑA	2013		
	CULTIVO:	Arveja		VARIEDAD:	Remate		
	TECNOLOGIA:	Media		LUGAR:	C. E. Canaán		
PRESUPUESTO TRATAMIENTO 07							
PARTIDA	DESCRIPCION	EPOCA DE EJECUCION	METRADO		PRECIO UNIT. S/	PRECIO PARCIAL S/.	TOTAL S/.
			UNIDAD	CANTIDAD			
	I. COSTOS DIRECTOS						6463.15
1.0	MANO DE OBRA						3060.00
1.2	INSTALACION						1140.00
1.21	Limpieza de terreno	Primer mes	Jomal	15	30	450.00	450.00
1.2.2	Surcado del suelo manual	Primer mes	Jomal	5	30.00	150.00	150.00
12.3	Abonamiento y tapado	Primer mes	Jomal	5	30.00	150.00	150.00
1.2.4	Siembra	Primer mes	Jomal	10	30.00	300.00	300.00
1.2.5	Resiembra	Primer mes	Jomal	3	30.00	90.00	90.00
1.3	LABORES CULTURALES						1020.00
1.31	Riegos	Primer al tercer mes	Jomal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.2	Deshierbo	Segundo mes	Jomal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.3	Primer control fitosanitario	Segundo mes	Jomal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.4	Segundo control fitosanitario	Segundo mes	Jomal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.5	Aporque	Segundo mes	Jomal	10	30.00	300.00	300.00
1.4	COSECHA						900.00
1.4.1	Cosecha y selección	Tercer mes	Jomal	30	30.00	900.00	900.00
2.00	INSUMOS						1951.15
2.1	SEMILLA						1056.15
2.11	Semilla de arveja	Primer mes	Kg	70.41	15.00	1056.15	1056.15
2.2	FERTILIZANTE						810.00
2.21	Primera fertilizacion T7	Primer mes	Sacos	8.1	100	810.00	810.00
2.22	Segunda fertilizacion T7	segundo mes	Sacos	0	0.00	0.00	0.00
2.3	PESTICIDAS QUIMICOS						85.00
2.31	Insecticida (control)	Primer mes	Litro	1	35.00	35.00	35.00
2.32	Fungicida (control)	Tercer mes	Litro	1	50.00	50.00	50.00
3.00	TRANSPORTE Y OTROS						452.00
3.1	ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN						452.00
3.11	Analisis de suelo	Primer mes	Unidad	1	70	70.00	70.00
3.12	Analisis de planta	Tercer mes	unidad	1	150	150.00	150.00
3.21	Flete	Primer mes	Viaje	20	10	200.00	200.00
3.31	Costales	Tercer mes	Unidad	0.08	400	32.00	32.00
4.0	ALQUILER DE TERRENO						1000.00
4.1	Alquiler de terreno por campaña	Primer mes	Global	1	1000		1000.00
	II. COSTOS INDIRECTOS						290.84
5.0	Asistencia técnica (4 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	258.526	258.526	258.53
6.0	Gastos administrativos (3 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	19.38945	19.38945	19.39
7.0	Imprevistos (2 % G.D.)	Primer-cuarto mes		1	12.9263	12.9263	12.93
RESUMEN							
COSTOS DIRECTOS						S/.	6463.15
COSTOS INDIRECTOS						S/.	290.84
COSTO TOTAL DE PRODUCCION						S/.	6753.99

	SUPERFICIE:	1.0 ha		CAMPAÑA	2013		
	CULTIVO:	Arveja		VARIEDAD:	Remate		
	TECNOLOGIA:	Media		LUGAR:	C. E. Canaán		
PRESUPUESTO TRATAMIENTO 08							
PARTIDA	DESCRIPCION	EPOCA DE EJECUCION	METRADO		PRECIO UNIT. S./	PRECIO PARCIAL S./	TOTAL S/.
			UNIDAD	CANTIDAD			
	I COSTOS DIRECTOS						6763.15
1.0	MANO DE OBRA						3060.00
1.2	INSTALACION						1140.00
1.21	Limpieza de terreno	Primer mes	Jornal	15	30	450.00	450.00
1.2.2	Surcado del suelo manual	Primer mes	Jornal	5	30.00	150.00	150.00
12.3	Abonamiento y tapado	Primer mes	Jornal	5	30.00	150.00	150.00
1.2.4	Siembra	Primer mes	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
1.2.5	Resiembra	Primer mes	Jornal	3	30.00	90.00	90.00
1.3	LABORES CULTURALES						1020.00
1.31	Riegos	Primer al tercer mes	Jornal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.2	Deshierbo	Segundo mes	Jornal	15	30.00	450.00	450.00
1.3.3	Primer control fitosanitario	Segundo mes	Jornal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.4	Segundo control fitosanitario	Segundo mes	Jornal	2	30.00	60.00	60.00
1.3.5	Aporque	Segundo mes	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
1.4	COSECHA						900.00
1.4.1	Cosecha y selección	Tercer mes	Jornal	30	30.00	900.00	900.00
2.00	INSUMOS						2251.15
2.1	SEMILLA						1056.15
2.11	Semilla de arveja	Primer mes	Kg	70.41	15.00	1056.15	1056.15
2.2	FERTILIZANTE						1110.00
2.21	Primera fertilizacion T8	Primer mes	Sacos	10.1	100	1010.00	1010.00
2.22	Segunda fertilizacion T8	segundo mes	Sacos	2	50.00	100.00	100.00
2.3	PESTICIDAS QUIMICOS						85.00
2.31	Insecticida (control)	Primer mes	Litro	1	35.00	35.00	35.00
2.32	Fungicida (control)	Tercer mes	Litro	1	50.00	50.00	50.00
3.00	TRANSPORTE Y OTROS						452.00
3.1	ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN						452.00
3.11	Analisis de suelo	Primer mes	Unidad	1	70	70.00	70.00
3.12	Analisis de planta	Tercer mes	unidad	1	150	150.00	150.00
3.21	Flete	Primer mes	Viaje	20	10	200.00	200.00
3.31	Costales	Tercer mes	Unidad	0.08	400	32.00	32.00
4.0	ALQUILER DE TERRENO						1000.00
4.1	Alquiler de terreno por campaña	Primer mes	Global	1	1000		1000.00
	II. COSTOS INDIRECTOS						304.34
5.0	Asistencia técnica (4 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	270.526	270.526	270.53
6.0	Gastos administrativos (3 % G.D.)	Primer-tercer mes		1	20.28945	20.28945	20.29
7.0	Imprevistos (2 % G.D.)	Primer-cuarto mes		1	13.5263	13.5263	13.53
RESUMEN							
COSTOS DIRECTOS						S/.	6763.15
COSTOS INDIRECTOS						S/.	304.34
COSTO TOTAL DE PRODUCCION						S/.	7067.49

Anexo 4. Análisis de caracterización de suelo del Centro Experimental Canaán – UNSCH



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN PASTOS Y GANADERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANÁLISIS FOLIAR

Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 RPM # 151505

Ayacucho – Perú

“Año de la Inversión para el Desarrollo Rural y La Seguridad Alimentaria”

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Ayacucho
Localidad : C. E. Canaán Bajo
Proyecto : Tesis
Solicitante : Sr. Juan V. Antonio Meneses

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Muestra	Análisis mecánico (%)			Clase Textural	pH (H ₂ O)	C. E. (dS/m.)	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)			Cationes cambiables (Cmol(+) /kg)					C. I. C. (Cmol(+) /kg)
	Arena	Limo	Arcilla							P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺	H ⁺	
01	36.7	19.7	43.6	Ar	7.48	0.335	0.0	2.03	0.10	14.3	46.3	--	--	--	--	--	--	

Ayacucho, 22 de Marzo del 2013.

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS
PLANTA AGROPECUARIAS
AYACUCHO
C.I.F. 11123
Juan B. Grón Molina

Ao: Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco arenoso; Fr: Franco; FrL: Franco limoso; L: Limoso; FrArAo: Franco arcillo arenoso; FrAr: Franco arcilloso; FrArL: Franco arcillo limoso; ArAo: Arcillo arenoso; ArL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso

Anexo 5. Análisis químico de grano y rastrojo de arveja



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 RPM # 151505
Ayacucho – Perú

“Año de la Inversión para el Desarrollo Rural y La Seguridad Alimentaria”

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Ayacucho
Proyecto : Tesis: Juan V. Antonio Meneses

ANALISIS DE PLANTA DE ARVEJA

	MUESTRA	% N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O
GRANO	1(T1)	0.805	0.750	1.502
	2(T2)	0.858	0.714	1.509
	3(T3)	3.234	0.879	1.648
	4(T4)	3.413	0.794	1.470
	5(T5)	0.857	0.772	1.217
	6(T6)	1.085	0.894	1.706
	7(T7)	2.940	0.854	1.402
	8(T8)	2.275	0.750	1.671
RASTROJO	9(T1)	1.015	0.231	1.499
	10(T2)	0.490	0.281	1.722
	11(T3)	1.593	0.261	1.570
	12(T4)	1.505	0.263	1.091
	13(T5)	0.770	0.215	1.664
	14(T6)	1.243	0.351	1.224
	15(T7)	1.488	0.406	1.583
	16(T8)	1.208	0.256	1.305

Ayacucho, 25 de Julio del 2013.

LABORATORIO DE ANALISIS D. SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE
Juan B. Giron Molin
C.I.R. 77120

Anexo 6. Panel Fotográfico



Demarcación del terreno



Pesado del fertilizante



Segunda fertilización



Cosecha