

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE TRES
VARIETADES DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) CON
DIFERENTES DOSIS NITROGENADAS, EN LA MOLINA”**

Presentado por:

LUIS ANDRÉ YÁNAC MÉNDEZ

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Lima – Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE TRES
VARIETADES DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) CON
DIFERENTES DOSIS NITROGENADAS, EN LA MOLINA”**

Presentado por:

LUIS ANDRÉ YÁNAC MÉNDEZ

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Ing. M.S. Andrés Casas Díaz
PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Amelia Huaranga Joaquín
ASESORA

Dr. Félix Camarena Mayta
MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. Jorge Tobaru Hamada
MIEMBRO

La Molina, 2018

DEDICATORIA

A Dios quien es el camino para alcanzar cada una de mis metas en la vida, protegerme, cuidarme y guiarme por el camino correcto.

A mis Abuelos Yopy, Luchi, María, y Luis cuyos consejos y el amor con que me criaron fueron el cimiento en mi vida y ahora en el cielo son mi guía en cada paso que doy.

A mis padres Lucho y Shivi, quienes me dieron su apoyo, comprensión y me enseñaron que con sacrificio, esfuerzo y perseverancia el hombre triunfa.

A mi Hermano Sebastián, quien me enseñó a reír en todo momento y ser el mayor motivo en mi vida.

A mi tío Víctor, por ser parte de mi formación y educación.

A mis tíos Japy y Lily, por el gran cariño que me tienen y el apoyo brindado.

AGRADECIMIENTO

A la Ing. Mg. Sc. Amelia Huaranga Joaquín, patrocinadora de la presente tesis por su apoyo constante en la ejecución y su culminación.

A los miembros del jurado: Ing. Agr. Ph.D. Félix Camarena Mayta, Ing. Agr. Mg.Sc Andrés V. Casas Díaz, y el Ing. Mg. Sc. Jorge Tobaru Hamada, por las recomendaciones y sugerencias, mostrándose siempre disponibles y atentos en lo que necesitara para la culminación de la presente tesis.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), por sus instalaciones donde se realizó la presente tesis.

Llegue también mi gratitud especialmente a José Franco Villafuerte y Walter Gonza Paredes, por apoyarme siempre y estar conmigo en las buenas y malas, y lo más importante por esa amistad incondicional y verdadera.

Al Sr. Carlos Flores y Sr. Mario Jiménez por su colaboración en el desarrollo del presente trabajo.

Así mismo a los compañeros y amigos de la UNALM que ayudaron a realizarse la tesis.

INDICE

RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	EL CULTIVO DE FRIJOL.....	3
2.1.1.	Generalidades	3
2.1.2.	Importancia.....	4
2.1.3.	Propiedades nutritivas del frijol.....	5
2.1.4.	Componentes anti nutricionales del frijol.....	5
2.1.5.	Situación actual del frijol.....	6
2.1.6.	Filogenia y distribución	6
2.1.7.	Botánica	7
2.1.8.	Morfología	8
2.1.9.	Variedades	15
2.1.10.	Fisiología del frijol	16
2.1.11.	Agroecología del cultivo	20
2.1.12.	Rendimiento	24
2.2.	EL NITRÓGENO	26
2.2.1.	Importancia.....	26
2.2.2.	Fuentes naturales de Nitrógeno	26
2.2.3.	Fuentes de N en el suelo	27
2.2.4.	Nitrógeno en la planta.....	28
2.3.	OTROS NUTRIENTES.....	28
2.3.1.	Fósforo (P).....	28
2.3.2.	Potasio (K).....	29
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1.	UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	31
3.1.1.	Lugar.....	31
3.1.2.	Historial de campo.....	31
3.2.	MATERIALES	31
3.2.1.	Análisis fisicoquímicos del suelo	31

3.2.2.	Condiciones meteorológicas.....	32
3.2.3.	Materiales para el experimento.....	32
3.3.	METODOLOGÍA.....	34
3.3.1.	Características del campo experimental.....	35
3.3.2.	Diseño experimental.....	36
3.3.3.	Conducción del experimento.....	37
3.4.	CRONOGRAMA DEL EXPERIMENTO.....	40
3.5.	VARIABLES EVALUADAS EN EL EXPERIMENTO.....	40
3.5.1.	Variables morfo fisiológicas.....	40
3.5.2.	Variables de rendimiento.....	41
3.5.3.	Fenología.....	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1.	VARIABLES MORFOLÓGICAS.....	45
4.1.1.	Altura de planta (cm).....	45
4.1.2.	Número de nudos / tallo.....	50
4.1.3.	Número de ramas / planta.....	51
4.1.4.	Biomasa total.....	52
4.1.5.	Peso fresco follaje (g).....	53
4.1.6.	Peso seco del follaje (g).....	55
4.1.7.	Peso fresco de raíz (g).....	56
4.1.8.	Peso seco de raíz (g).....	58
4.1.9.	Peso fresco de vainas (g).....	59
4.1.10.	Peso seco de vainas (g).....	61
4.1.11.	Profundidad efectiva de raíces.....	62
4.2.	RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES.....	64
4.2.1.	Número de vainas / planta.....	64
4.2.2.	Número de lóculos / vaina.....	69
4.2.3.	Longitud de vaina (cm).....	70
4.2.4.	Granos / vaina.....	71
4.2.5.	Peso de 100 granos (g).....	73
4.2.6.	Días a floración.....	74
4.2.7.	Días a madurez fisiológica.....	76
4.2.8.	Días a madurez de cosecha.....	77

4.2.9. Índice de cosecha (%).....	79
4.2.10. Rendimiento de grano seco (kg/ha).....	80
4.3. FENOLOGÍA.....	83
4.3.1. Germinación (V0).....	83
4.3.2. Emergencia (V1).....	83
4.3.3. Hojas primarias (V2)	83
4.3.4. Primera hoja trifoliada (V3)	83
4.3.5. Tercera hoja trifoliada (V4).....	84
4.3.6. Prefloración (R5).....	85
4.3.7. Floración (R6)	85
4.3.8. Formación de vainas (R7).....	85
4.3.9. Llenado de vainas (R8).....	86
4.3.10. Madurez (R9).....	86
V. CONCLUSIONES	87
VI. RECOMENDACIONES	88
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
VIII. ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Escala de desarrollo de una planta de frijol común	13
Figura 2: En la planta de frijol, vía metabólica C ₃	18
Figura 3: Requerimiento energético para la formación de varios órganos del frijol.	19
Figura 4: Altura de planta expresada en centímetros registrados en los tratamientos en estudio.....	46
Figura 5: Números de nudos por planta registrados en los tratamientos en estudio.	51
Figura 6: Número de ramas por planta registrados en los tratamientos en estudio.	52
Figura 7: Peso de biomasa total por planta registrados en los tratamientos en estudio..	53
Figura 8: Peso fresco del follaje por planta registrados en los tratamientos en estudio.	54
Figura 9: Peso seco aéreo total (g) por planta registrados en los tratamientos en estudio.	56
Figura 10: Peso fresco de raíz registrados en los tratamientos en estudio.	58
Figura 11: Peso seco de raíz registrados en los tratamientos en estudio.	59
Figura 12: Peso fresco de vaina registrados en los tratamientos en estudio.....	60
Figura 13: Peso seco de vaina registrados en los tratamientos en estudio.	62
Figura 14: Profundidad efectiva de raíces registrados en las variables en estudio.....	63
Figura 15: Número de vainas por planta registrados de los tratamientos en estudio.	65
Figura 16: Número de lóculos por vaina registrados en los tratamiento en estudio.....	70
Figura 17: Longitud de vaina en cm registrados en los tratamientos en estudio.....	71
Figura 18: Número de granos por vaina registrados en los tratamientos en estudio.	73
Figura 19: Peso de 100 granos (g) registrados en los tratamientos en estudio.....	74
Figura 20: Días a floración registrados en los tratamientos en estudio.	75
Figura 21: Días a madurez fisiológica registrados en los tratamientos en estudio.....	77
Figura 22: Días a madurez de cosecha registrados en los tratamientos en estudio.	79
Figura 23: Índice de cosecha registrados en los tratamientos en estudio.	80
Figura 24: Rendimiento en grano seco kg/ha registrados en los tratamientos en estudio.	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Temperaturas críticas para el frijol en las distintas fases de desarrollo.	21
Tabla 2. Relación de los tratamientos en estudio	35
Tabla 3. Randomización de los tratamientos.....	36
Tabla 4: La tabla de análisis de la varianza (ANVA).....	37
Tabla 5. Resultados promedios de las variables morfológicas en estudio.....	47
Tabla 6. Cuadrados medios de las características evaluadas en el ensayo de tres variedades de frijol y su respuesta al abonamiento nitrogenado	48
Tabla 7. Prueba de comparación de medias según Duncan en el ensayo de variedades de frijol	49
Tabla 8. Prueba de comparación de medias según Duncan en el ensayo de niveles de nitrógeno de frijol	49
Tabla 9. Efectos simples - DBCA 3x3 con bloques	56
Tabla 10: Resultados promedios de las variables de rendimiento en estudio.	66
Tabla 11: Cuadrados medios de las variables de rendimiento evaluadas en el ensayo de tres variedades de frijol y su respuesta al abonamiento nitrogenado	67
Tabla 12: Prueba de comparación de medias según Duncan en el ensayo de variedades de frijol.	68
Tabla 13: Prueba de comparación de medias según Duncan en el ensayo de variedades de frijol.	68
Tabla 14: DBCA 3x3 con bloques- Efectos simples ANVA.	76
Tabla 15: Fenología del cultivo del frijol de los tratamientos en estudio.....	84

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Componentes principales del frijol común, función tradicional y potencial nutracéutico. Celaya, Gto., México.	105
ANEXO 2: Datos estadísticos de la producción mundial en el 2014.	106
ANEXO 3: Superficie cosechada (ha) de frijol en el Perú, en el año 2016.	106
ANEXO 4: Producción (t) por regiones del Perú en el 2016.	107
ANEXO 5: Sitios de hallazgos de <i>Phaseolus vulgaris</i> en el continente y años de antigüedad.	107
ANEXO 6: Clasificación del <i>Phaseolus vulgaris</i> del banco de germoplasma del CIAT.	108
ANEXO 7: Análisis Físico - Químico del suelo.	109
ANEXO 8: Datos meteorológicos para el Distrito de La Molina, registrados durante el periodo Junio a Diciembre del 2016 en “Campo 5” del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), para el ensayo realizado.	110
ANEXO 9: Características morfológicas y de importancia agronómica del frijol común.	111
ANEXO 10: Fertilización de los tratamiento en estudio.	112

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Extracción de las plantas para su análisis.	101
Fotografía 2: CIFAC 90105, Canario 2000 y Blanco Larán Mejorado.	101
Fotografía 3: Aplicación de cebo toxico para gusano cortador.	101
Fotografía 4: Emergencia de la planta de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	102
Fotografía 5: Instalación de trampas amarillas en todo el campo experimental.	102
Fotografía 6: Vista frontal del campo experimental.	102
Fotografía 7: Variedad Canario 2000 con una dosis de 100kg de N/ha.	103
Fotografía 8: Variedad CIFAC 90105 con 30kg de N/ha.	103
Fotografía 9: Variedad Canario 2000 con 60kg de N/ha.	104
Fotografía 10: Fases fenológicas: Prefloración, Floración, Formación de Vainas, Llenado de vaina.	104
Fotografía 11: Madurez Fisiológica de la variedad Blanco Larán Mejorado.	104

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en los campos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) en los meses de Junio a Diciembre del 2016, tuvo como objetivo evaluar tres variedades comerciales de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), “Canario 2000”, “CIFAC 90105” y “Blanco Larán Mejorado”, con respuesta diferentes dosis de fertilización nitrogenada (30-80-60, 60-80-60 y 100-80-60 kg.ha⁻¹ de NPK), se evaluaron variables morfológicas como: altura de plan, número de nudos por tallo, número de ramas por planta, biomasa total, peso fresco y seco del follaje, peso fresco y seco de raíz y peso fresco y seco de vainas, profundidad efectiva de raíces. Y se analizaron también variables de rendimiento como: número de vainas por planta, número de lóculos por vaina, longitud de vainas, granos por vaina, peso de 100 granos, días a floración, días a madurez fisiológica, días a madurez de cosecha, índice de cosecha y rendimiento de grano seco (kg.ha⁻¹). De igual forma se describe las etapas fenológicas de todo el ciclo del cultivo. Se realizaron análisis estadísticos para poder comparar los bloques, variedades, fertilización y la interacción (VxN), que ocurrieron en los tratamientos. Los mejores resultados se obtuvieron en las tres variedades con la mayor dosis de fertilización que fue 100 – 80 - 60 kg.ha⁻¹ de NPK, en rendimiento promedio: la variedad CIFAC 90105 alcanzó 3,316 kg.ha⁻¹, Blanco Larán Mejorado 2,414 kg.ha⁻¹ y Canario 2000 con 2,376 kg.ha⁻¹. En las variables peso seco del follaje, peso fresco y seco de vainas, días a floración, días a madurez fisiológica y días a madurez de cosecha, la interacción de fuente de nitrógeno y variedades de frijol, salieron significativos, realizándose el análisis estadístico de efectos simples.

Palabras Clave: frijol común, variedades, fertilización nitrogenada, fenología, Canario 2000, CIFAC 90105, Blanco Larán Mejorado.

ABSTRACT

The aim of this research work was to assess the performance of three cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), ‘Canario 2000’, ‘CIFAC 90105’ and ‘Blanco Larán Mejorado’ in response of three levels of nitrogen fertilization (30-80-60, 60-80-60 and 100-80-60 kg.ha⁻¹ of NPK). It took place from June to December 2016, in the fields of the National Institute of Agrarian Innovation (Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA in Spanish). Morphological variables such as plant height, effective root depth, number of nodes per stem, number of stems per plant, total biomass, fresh and dry weight from foliage, roots and pods, were tested. Apart from that, yield variables such as, number of pods per plant, number of locules per pod, pod length, seeds per pod, weight of one hundred seeds, number of days until flowering, number of days until physiological maturity, number of days until harvest, harvest index and dry seed yield (kg.ha⁻¹). Besides, the phenology stages were described during all crop cycle. Statistical analysis were conducted in order to compare blocks, cultivars, fertilization levels and the interaction among them (cultivars x fertilization levels). The best results were obtained with all three cultivars that included the largest level of fertilization. This was 100 – 80 - 60 kg.ha⁻¹ of NPK. The average yield for the cultivar ‘CIFAC 90105’ reached 3,316 kg.ha⁻¹. In the case of ‘Blanco Larán Mejorado’, it got 2,414 kg.ha⁻¹ while ‘Canario 2000’ reached 2,376 kg.ha⁻¹. Statistical significance was found in the interaction Cultivar x Nitrogen fertilization for the variables of foliage dry weight, pod fresh and dry weight, number of days until flowering, number of days until physiological maturity and number of days until harvest. Therefore the simple effects statistical analysis was made for them.

Key words. Common bean, cultivars, nitrogen fertilization, Canario 2000, CIFAC 90105, Blanco Larán Mejorado

I. INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) pertenece a la familia de las leguminosas (Leguminosae). Se cultiva en todos los lugares del mundo y es uno de los principales componentes de la dieta humana en África y América Latina por las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico y en menor medida su aporte de carbohidratos, vitaminas y minerales. Dependiendo de la variedad puede variar del 14 al 33% de proteínas, siendo rico en aminoácidos como la lisina y la fenilalanina, presenta deficiencias en los aminoácidos azufrados de metionina y cisteína. (Reyes-Moreno & Paredes-López, 1993). El frijol es consumido principalmente en granos secos, granos en madurez fisiológica, y también en vainas verdes. La producción mundial de frijol muestra un alza del 1.6% entre el 2003 y el 2014, para el año 2016 se tuvo una producción mundial de 25.1 millones de toneladas (FIRA, 2016). El 63% de la producción mundial de concentra en siete países (India, Myanmar, Brasil; Estados Unidos, México, China y Tanzania) con un promedio de 0.83 t/ha.

En el caso de Perú la superficie cosechada en el 2016, fue de 70,946 hectáreas, la producción nacional está en 80,887 toneladas, Siendo Cajamarca, Arequipa y Huancavelica las regiones con mayor producción (SIEA, 2016). El rendimiento nacional promedio es de 1,320 kg/ha.

El nitrógeno es el elemento más importantes, ya que limita la producción en los cultivos, es un nutriente esencial para los seres vivos, juega numerosos roles en la bioquímica de las plantas ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales, debido a la importancia del N en las plantas, junto al fosforo (P) y al potasio (K) se los clasifica como macronutrientes.

En consecuencia; una deficiencia de nitrógeno en las plantas influye profundamente en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas en los diferentes cultivos, la

interacción entre el nitrógeno y el fósforo, están involucradas funciones vitales para las plantas como son la fotosíntesis, formación de proteína y la fijación simbiótica de N, este desarrolla un rol muy importante en la economía del nitrógeno en la práctica agrícola, ya que la cantidad de N disponible, en la mayoría de los suelos cultivados son escasas.

Teniendo en cuenta esta problemática para el agricultor surge la presente investigación, para poder brindar al agricultor la variedad de frijol con una dosis de abonamiento nitrogenado adecuada, que tenga un alto potencial de rendimiento de grano, resistencia a plagas y enfermedades, sobre todo que al momento de su selección, los costos de producción sean bajos, ya que la mayor parte de los agricultores son de escasos recursos y están dirigidos a mitigar los problemas fitosanitarios y nutricionales que este sistema productivo pueda presentar en las condiciones de la Costa y llevado con riego por goteo. Por los antecedentes, mencionados, esta investigación tiene los siguientes objetivos:

Objetivo General

Evaluar el comportamiento de tres variedades de frijol al abonamiento nitrogenado bajo condiciones de riego tecnificado en La Molina.

Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de fertilización nitrogenada en el crecimiento y desarrollo de tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)
- Evaluar el rendimiento y sus componentes morfoagronómicos de los tratamientos en estudio en condiciones de La Molina.
- Describir los estados de desarrollo de las variedades de frijol.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL CULTIVO DE FRIJOL

2.1.1. Generalidades

Los frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.), son por lo general referidos a las leguminosas del género *Phaseolus*, familia Leguminosae, subfamilia Papilionoideae, tribu Phaseoleae, subtribu Phaseolinae, según (Gepts, 2001). En las Américas el género *Phaseolus* contiene unas 50 especies silvestres, entre ellos hallamos cultivos extensamente diversos referente a los ciclos de vida, a sus hábitos de crecimiento, su reproducción y una serie de adaptaciones climáticas. (Gepts, 2001). La domesticación en el frijol redujo la diversidad genética por un fenómeno denominado “cuello de botella de la domesticación”, que consiste en la reducción de la diversidad genética de la población en comparación con su ancestro (Ladizinsky, 1998). Y su posterior selección en base a características particulares redujo aún más la diversidad genética. (Papa et al, 2006).

El género *Phaseolus* también contiene cinco especies domesticadas: frijol común (*P. vulgaris*), frijol lima (*P. lunatus*), frijol tépari (*P. acutifolius*), frijol ayocote (*P. coccineus* ssp. *Coccineus*) y frijol del año (*P. dumosus* = *P. polyanthus* (= *P. coccineus* ssp. *Darwinianus*), así lo menciona (Freytag y Debuck, 2002). La domesticación ocurrió en forma independiente en cada región a partir del acervo local. Se analizaron muestras de las primeras plantas domesticadas con el método convencional de análisis radiocarbono de restos vegetales de las cuevas de Oaxaca, Puebla y Tamaulipas en México, y de Huaylas en Perú, indican que la domesticación de *P. vulgaris* ocurrió alrededor de 5000 años a.C. (Kaplan, 1965; Kaplan et al 1973; Smith, 2001) lo cual ha permitido postular al frijol común como la última de las tres plantas de mayor importancia (maíz, calabaza, frijol) en ser domesticados en Mesoamérica. (Smith, 2005).

Estudios en este siglo se han realizado experimentos y los resultados ratifican el origen Mesoamericano y Sudamericano de *P. vulgaris*, que dieron lugar a los acervos genéticos actualmente conocidos.

El hombre ha despertado gran interés por esta leguminosa, la selección hecha por las culturas precolombinas generó diferentes nombres comunes dentro de los que destacan la del frijol, poroto, alubia, judía, nuña, habichuela, vainita, caraota, y feijão. Fue hasta hace no más de medio siglo que se estableció una base sólida de la taxonomía del *Phaseolus*. Su género se ha diferenciado de otros perfectamente tales como *Vigna* y *Macroptilium*, con los cuales había confusión, por lo que ahora se reconoce como de origen Americano taxonómicamente, el frijol corresponde a la especie del género *Phaseolus*. Su nombre completo es *Phaseolus vulgaris* L., asignada por Linneo en 1753, a la tribu Phaseoleae, subfamilia Papilionoideae, familia Leguminosae y al orden Rosales. (Ulloa J, 2011).

2.1.2. Importancia

El cultivo del frijol es consumido principalmente en granos secos, granos en madurez fisiológica, y también en vainas verdes. La FAO reporta que es la leguminosa alimentaria más importante para consumo humano mundial. Entre los principales cultivos para la alimentación, tiene variación en el hábito de crecimiento, características de la semilla (tamaño, forma, color), madurez y adaptación. También tiene un gran número de variedades (> 40.000 variedades). La Colección de germoplasma en frijoles se compara con otros productos importantes a nivel mundial. *P. vulgaris* se produce en una serie de sistemas y ambientes de cultivo en regiones como América Latina, África, Oriente Medio, China, Europa, Estados Unidos y Canadá.

El principal productor y consumidor de frijoles es Latinoamérica, donde el frijol es una tradición, especialmente en Brasil, México, la Zona Andina, Centroamérica, y el Caribe. Los frijoles son una comida casi "perfecta". Nutricionalmente ricos, también son una buena fuente de proteínas, ácido fólico, fibra dietética y carbohidratos complejos. Además, cuando los frijoles forman parte de la dieta normal, el uso de proteínas de maíz y arroz aumenta ya que los aminoácidos son complementarios. Tienen una de las mejores fuentes de hierro sin carne, 30 por ciento de los niveles diarios recomendados en una sola porción. Al ser un cultivo barato el consumo de este producto es elevado. En los países de bajos recursos del mundo, son un medio para mantener baja la desnutrición.

2.1.3. **Propiedades nutritivas del frijol**

Las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico y en menor medida su aporte de carbohidratos, vitaminas y minerales. Dependiendo de la variedad puede variar del 14 al 33 por ciento de proteínas, siendo rico en aminoácidos como la lisina (6.44 a 7.6 g/100g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (5.3 a 8.2 g/100g de proteína), presenta deficiencias en los aminoácidos azufrados de metionina y cisteína. (Reyes-Moreno & Paredes-López, 1993).

En relación a la aportación de carbohidratos, 100g de frijol crudo aportan de 52 a 76g dependiendo de la variedad, cuya fracción más importante la constituye el almidón. El almidón representa la principal fracción que energiza en este tipo de alimentos, a pesar de que durante su cocción, queda una parte del almidón indisponible luego pasa a ser un almidón denominado almidón resistente a la digestión.

Los principales componentes químicos de la fibra en el frijol son las pectinas, pentosanos, hemicelulosa, celulosa y lignina. Además, éste alimento también es una fuente considerable de calcio, hierro, fósforo, magnesio y zinc, vitaminas como la tiamina, niacina y ácido fólico (**Anexo 1**).

2.1.4. **Componentes anti nutricionales del frijol**

Existen sustancias que interfieren con el aprovechamiento de los nutrientes del frijol donde encontramos a los inhibidores de tripsina, los taninos, las lectinas y el ácido fítico. Los inhibidores de tripsina son considerados comúnmente como inhibidores proteolíticos y pueden provocar retardo en el crecimiento e hipertrofia pancreática. En general el retardo de crecimiento por el consumo de leguminosas con inhibidores de tripsina ocurre porque diversos mecanismos biológicos que impiden la incorporación de yodo a la glándula tiroidea, interfieren en la producción de la tiroxina o bloquean la incorporación del yodo, estimulando la secreción de tiroglobulina, y termina en la hiperplasia o agrandamiento de la glándula tiroidea.

Otra familia de componentes que se consideran indeseables en el frijol son ciertos oligosacáridos como la rafinosa, estaquiosa y verbascosa, los cuales no son hidrolizados en la primera etapa de la digestión y terminan fermentados en ácidos grasos de cadena corta y gas en el colon, lo que provoca problemas de flatulencia. (Reyes-Moreno & Paredes-López, 1993).

2.1.5. Situación actual del frijol

La producción mundial de frijol ha registrado un alza durante la última década, debido a un aumento en la superficie cultivada y los rendimientos promedio por unidad de superficie. La producción mundial de frijol creció a una tasa promedio anual de 1.6 por ciento entre el 2003 y 2014, para ubicarse en 25.1 millones de toneladas (FIRA, 2016). El rendimiento promedio mundial de frijol estuvo en 0.83 toneladas por hectárea ($t\cdot ha^{-1}$) (FAO, 2015). En siete países se concentra el 63 por ciento de la cosecha mundial de la leguminosa: India, Myanmar, Brasil; Estados Unidos, México, China y Tanzania los cuales destacan también como importantes consumidores. (**Anexo 2**). El comercio del frijol en el mercado internacional es reducido en comparación con otros productos agrícolas.

En el Perú la superficie cosechada en el 2016 fue de 70,946 ha., siendo Cajamarca la región con mayor área sembrada 17,214 has, seguido de Amazonas 8.192 has, y tercero Piura con 5,388 has. (**Anexo 3**). La producción nacional está en 80,887 t, siendo Cajamarca, Arequipa y Huancavelica las regiones con mejor producción (**Anexo 4**), el rendimiento nacional está en $1,140\text{ kg}\cdot ha^{-1}$, Arequipa con el mayor rendimiento $3,712\text{ kg}\cdot ha^{-1}$, seguido por Lambayeque $3,456\text{ kg}\cdot ha^{-1}$, tercero Lima Metropolitana $2,950\text{ kg}\cdot ha^{-1}$. Lima con el mayor precio por kilo s/. 6.10, y Loreto con el precio más barato s/. 1.80. (SIEA, 2016). El precio promedio por kilogramo es de s/. 4.50, Lima con el mayor precio por kilo s/. 6.10, y Loreto con el precio más barato s/. 1.80. (SIEA, 2016)

2.1.6. Filogenia y distribución

La familia de las leguminosas (Leguminosae) cuenta aproximadamente con 20.000 especies (Gepts et al. 2005), 643 géneros agrupados en 40 tribus (Broughton et al. 2003), las leguminosas son la tercera gran familia de las plantas superiores que tienen una distribución en ambientes templados y tropicales (Polhill 1981; Lavin et al. 1990; Polhill 1994; Mabberley 1998; Gepts et al. 2005). La tribu *Phaseolae* [frijol común (*Phaseolus vulgaris*), Caupí (*Vigna unguiculata*) y Soya (*Glycine max*)] es el más importante grupo económico y contiene el 75 por ciento de las leguminosas comerciales en el mundo. *Phaseolus vulgaris* L. Es la tercer leguminosa más importante, después de la soya y el maní.

El fríjol común silvestre está ampliamente distribuido pero discontinuado a través de las altas tierras que se extiende desde México a Panamá (Mesoamérica), y desde el noreste

de Colombia hasta Argentina (Suramérica). Este rango ha sido fragmentado por actividades humanas tales como: la agricultura, urbanización y deforestación (Debouck et al. 1993). *P. vulgaris* silvestre pudo haber alcanzado su rango de distribución por al menos tres veces, dos desde Mesoamérica al norte de Suramérica y uno desde los Andes a Centroamérica (Chacón 2001). Hace un poco más de 4,000 años los humanos comenzaron domesticación independientemente en Mesoamérica y sur de los Andes de Sudamérica (Kaplan et al. 1999). Siguiendo la domesticación, el fríjol común se dispersó entre Mesoamérica y Suramérica, después del descubrimiento de las Américas, a Europa y África, (Gepts & Bliss 1986; Gepts et al. 1986; Gepts & Bliss 1988; Gepts & Bliss 1998) (**Anexo 5**).

Dentro de la gran diversidad del fríjol común, además del fríjol silvestre y cultivado, existe un grupo intermedio llamado en inglés “weedy form” o “weedy type” frecuentemente denominado como poblaciones híbridas, producto de la cruce entre fríjol silvestre y variedades domesticadas (Papa et al., 2003). La forma tipo híbrida se ha observado en los Andes y también en Mesoamérica (Delgado et al. 1988; Debouck et al. 1993); estas producen pocas semillas por vaina (4.2 vs. 5.8) pero más grandes 11.9cm vs. 6.3 g/100 semillas que la forma silvestre (Delgado et al. 1988; Zizumbo et al. 2005).

2.1.7. Botánica

Clasificación Taxonómica

El género *Phaseolus* L., según Soukup (1970), Marechal et al. (1978) y Delgado (1985) se puede clasificar de la siguiente manera:

Reino	: Vegetal
Clase	: Dicotiledoneae
Sub – Clase	: Rosidae
Orden	: Rosales
Familia	: Fabaceae
Sub – Familia	: Papilionoideae
Tribu	: Phaseoleae
Sub - Tribu	: Phaseolinae
Género	: <i>Phaseolus</i>
Especie	: <i>Phaseolus vulgaris</i> L.

Nombres comunes: El más difundido es “frijol”, desde México hasta Panamá, Cuba y Perú, “Frejol” (Ecuador), “Poroto” (Argentina, Chile y Uruguay), “Habichuela” (Puerto Rico), “Feijão” (Brasil), “Alubia o Judías” (España), “Loubia” (Arabia), “Haricot” (Francia), “Bohne” (Alemania), “Fassolia” (Grecia), “fagiolini” (Italia), “Maharagwe” (Kenia y Tanzania), “Monjeta” (Cataluña, España) y “Bean” (países de habla inglesa).

Delgado (1985), establece la siguiente clasificación para *Phaseolus vulgaris* L.:

- *P. vulgaris* L. var. *vulgaris*, agrupa las formas cultivadas caracterizándose por su distribución bastante alta.
- *P. vulgaris* L. var. *aborigineus* (Busk) Baudet, es una planta silvestre o semisilvestre, distribuida en la cordillera de los Andes, desde el norte de Argentina llegando hasta Colombia, entre 1500 a 2000 msnm. Tiene una buena hibridación con las variedades cultivadas.
- *P. vulgaris* L. var. *mexicanus* A. Delgado, es una planta silvestre, distribuida desde el Oeste de México, Guatemala, El Salvador, Honduras, entre 800 y 1900 msnm.
- En forma independiente la forma silvestre de *P. vulgaris* en Argentina y Guatemala (Debouck, 1986).

2.1.8. Morfología

A. Características morfológicas

El CIAT, 1984, describe que el frijol es una planta herbácea anual con raíces fasciculadas, fibrosas o pivotantes, presenta cofia, con nódulos. Tallo herbáceo erecto, semipostrado o postrado, cilíndrico o angular, subglabro o pubescente, tallos menores a 1 m de altura, tallos de 1-2m de altura, tallos sólidos, tallos o ramas jóvenes escasamente a densamente peluda, con presencia de pelos uncinulados, de colores verde, rosado o morado. Hojas primarias simples, opuestas, corfiforme, unifoliadas, auriculadas y acuminadas, con estípulas bífidas.

Hojas verdaderas compuestas pinnado- 3 foliadas (trifolioladas), alternas, peciolo ovalados, triangulares o corfiformes, sin aurículas, glabro o subglabros. Poseen peciolulos de 1.5 a 2.5mm de largo que pueden ser considerados como pulvínulos y poseen estípelas de 4 mm de largo; dos en el foliolo terminal y una en cada foliolo lateral, colocados en la base de los peciolulo, estípulas persistentes.

Inflorescencias axilares o terminales, 1-3-flores, pedúnculo de 0-5 cm de largo, brácteas conspicuas presentes de 3 mm de largo; bractéolas de 5-6 mm de largo. Flores zigomórficas, pedicelo glabro o subglabro de 3-10 mm de largo, cáliz gamosépalo, campanulado, pubescente con 2 bractéolas ovoides y multinerviales, corola pentámera, papilionácea con estandarte, alas y quilla, 2 pétalos soldados en la base y 3 no soldados, pétalo de color blanco, verde, rosado o púrpura. Androceo formado por 9 estambres, estambres diadelfos, 9 unidos y 1 gratis, filamentos glabros. Gineceo súpero, ovario unilocular comprimido, estilos cilíndricos, encorvados, estigma interno lateral terminal, con pelos en forma de brocha.

Fruto es una legumbre, vainas glabras o subglabras con pelos muy pequeños, epidermis cerosa, fruta explosivamente o elásticamente dehiscente, fruta muy curvada, encorvado, doblado o semilunar. Semilla exalbuminosa de 1-1.2 mm de largo, cilíndricas, ovoides o redondeadas, superficie lisa, de diferentes colores.

A. Etapas de desarrollo de la planta de frijol

Durante el desarrollo de la planta se presentan cambios morfológicos y fisiológicos que sirven de base para identificar las etapas de la escala del desarrollo del cultivo. Por ello, es importante dejar claros algunos conceptos, antes de entrar a definir las etapas de desarrollo de la planta de frijol.

- a) **Crecimiento:** Se entiende por crecimiento el cambio en volumen o en peso; es un fenómeno cuantitativo que puede ser medido con base a algunos parámetros tales como anchura, longitud, número de nudos, índice de área foliar, acumulación de materia seca en la planta como resultado del balance que se establece entre la fotosíntesis y la respiración (Huaranga, 2015).
- b) **Desarrollo:** El desarrollo es cualitativo; se refiere a procesos de diferenciación o cambios estructurales y fisiológicos conformados por una serie de eventos sucesivos. Por ejemplo, la aparición de botones florales o racimos, marca el cambio de la fase vegetativa a la fase reproductiva de la planta (CIAT, 1983).

i. Fase vegetativa

Según el (CIAT, 1983). Describe que la fase vegetativa incluye cinco etapas de desarrollo: germinación, emergencia, hojas primarias, primera hoja trifoliada y tercera hoja trifoliada. En esta fase se forma mayor parte de la estructura vegetativa que la planta

necesita para iniciar su reproducción. En la fase vegetativa el desarrollo de los meristemas terminales del tallo y de las ramas produce nudos en los cuales se forman complejos axilares susceptibles de un desarrollo posterior, a continuación se describen las etapas de desarrollo:

- **Etapa V0: germinación**

El proceso de germinación empieza cuando la semilla se hidrata y se hincha. Por lo tanto; ocurren en ella los fenómenos de división celular y las reacciones bioquímicas que liberan los nutrientes de los cotiledones. Posteriormente emerge la radícula. Luego esta se convierte en raíz primaria y sobre ellas las raíces secundarias y terciarias. El hipocotilo también crece quedando los cotiledones al nivel del suelo. Termina en este momento la etapa de germinación.

- **Etapa V1: Emergencia**

Esta etapa se inicia cuando los cotiledones de la planta aparecen al nivel del suelo, y se considera cuando el 50% de la población, presenta los cotiledones al nivel del suelo. Después de la emergencia, el hipocotilo se endereza y sigue creciendo hasta alcanzar su máximo tamaño. Cuando éste se encuentre completamente erecto, los cotiledones comienzan a separarse y se nota que el epicotilo ha empezado a desarrollarse. Luego las hojas primarias empiezan a desplegarse, separarse y abrirse completamente.

- **Etapa V2: Hojas primarias**

La etapa V2 comienza cuando las hojas primarias de la planta están desplegadas. Para el cultivo se considera que esta etapa comienza cuando el 50 % de las plantas presenta esta característica. Las hojas primarias del frijol son unifoliadas y opuestas, están situadas en el segundo nudo del tallo principal y cuando están completamente desplegadas. Al inicio de esta etapa se puede observar la primera hoja trifoliada que comienza su crecimiento, los cotiledones se arrugan y pierden su forma.

- **Etapa V3: Primera hoja trifoliada**

La etapa se inicia cuando la planta presenta la primera hoja trifoliada completamente abierta y plana. Cuando el 50% de las plantas del cultivo presenta la primera hoja trifoliada desplegada, se inicia la etapa V3. Tanto el entrenudo entre las hojas primarias y la primera hoja trifoliada como el peciolo de esta última son todavía cortos; al comienzo de ella, la primera hoja trifoliada se encuentra debajo de las hojas primarias. También se

puede observar en esta etapa la segunda hoja trifoliada de tamaño muy reducido todavía; los cotiledones se han secado completamente, y por lo regular se han caído.

- **Etapa V4: Tercera hoja trifoliada**

Cuando el 50% de las plantas del cultivo ha desplegado su tercera hoja trifoliada la Etapa V4 se considera iniciada; en ese momento, dicha hoja se encuentra todavía debajo de la segunda (hoja) trifoliada. En la axila de cada hoja se encuentra una triada de yemas que pueden originar estructuras vegetativas y/o reproductivas; generalmente, las yemas de los nudos que están por debajo de la tercera hoja trifoliada se desarrollan como ramas. El tipo de ramificación principalmente el número y la longitud de las ramas dependen de factores como el genotipo y las condiciones de cultivo, entre otros.

- ii. **Fase reproductiva**

Cuando las yemas apicales de las plantas de hábito de crecimiento determinado se desarrollan en botones florales y en las yemas axilares de las plantas de hábito de crecimiento indeterminado se desarrolla el primer racimo. Aquí termina la fase vegetativa y empieza la fase reproductiva de la planta. En esta fase ocurren las etapas de prefloración, floración, formación de las vainas, llenado de las vainas y maduración. En el hábito de crecimiento indeterminado, el desarrollo de estructuras vegetativas continúa durante esta fase, la planta produce nuevos nudos, ramas y hojas, mientras que en las plantas de hábito de crecimiento determinado, al empezar la fase reproductiva, cesa el desarrollo de nuevas estructuras.

- **Etapa R5: prefloración**

La etapa R5, se inicia cuando en el 50% de las plantas aparecen los primeros botones florales o los primeros racimos según sea el hábito de crecimiento. En las variedades de los tipos II, III y IV, los primeros racimos florales aparecen en la axila de una de las hojas trifoliadas inferiores del tallo principal o de las ramas de la planta. En las variedades determinadas los primeros botones florales generalmente en el nudo superior del tallo principal; la aparición del primer botón floral depende de factores como el genotipo, la temperatura, el fotoperiodo, y otros.

- **Etapa R6: floración.**

Cuando está abierta la primera flor en el 50% de las plantas del cultivo, se ha iniciado la etapa R6. La primera flor abierta corresponde al primer botón formado; por lo tanto, en las variedades de Tipo I la floración empieza en el último nudo del tallo principal y

continúa en forma descendente, mientras que en las variedades de los Tipos II, III y IV empieza en la parte baja de la planta y continúa en formas ascendente. Las ramas sigue el mismo orden de floración que el tallo principal, es decir, descendente en las variedad de Tipo I y ascendente en las de los Tipos II, III y IV

- **Etapa R7: formación de las vainas**

Después de la fecundación de la flor, la corola se marchita y la vaina empieza a crecer. Cuando aparece la primera la primera vaina en el 50% de las plantas del cultivo se considera iniciada la etapa R7; en ese momento, la corola puede estar desprendida o puede colgar aun del extremo inferior de las vainas, la Etapa R7 termina cuando las vainas han alcanzado su máxima longitud.

- **Etapa R8: llenado de vainas**

La Etapa R8 empieza cuando el 50% de las plantas del cultivo la primera vaina cesa de alargarse y empieza a llenarse debido al crecimiento de las semillas; esto se puede comprobar mirando las vainas por el lado de las suturas, se observan los abultamientos correspondientes a las semillas en crecimiento. Al final de la etapa, las semillas comienzan a pigmentarse, comenzando alrededor del hilium, luego la pigmentación se extiende a toda la testa; en algunos genotipos las valvas de las vainas también empiezan a pigmentarse. En las variedades de Tipo I en desarrollo vegetativo del tallo principal termina antes de la floración, mientras que las de Tipo II, III y IV termina generalmente en la etapa R8. Esta etapa tiende a prolongarse en los tipos III y IV más que en el II, aunque existen variaciones dentro de cada hábito según sea el genotipo. En la etapa R8 se observa también el inicio de la defoliación de las plantas.

- **Etapa R9: maduración**

Se inicia cuando la primera vaina del 50% de las plantas del cultivo cambia su color verde por amarillo o pigmentado; las hojas, empezando por las inferiores, adquieren un color amarillo y se caen. Todas las partes de la planta se secan y en particular las semillas, cuyo contenido de agua baja hasta llegar a un 15%; las semillas tomas entonces su color final y la planta está lista para la cosecha.

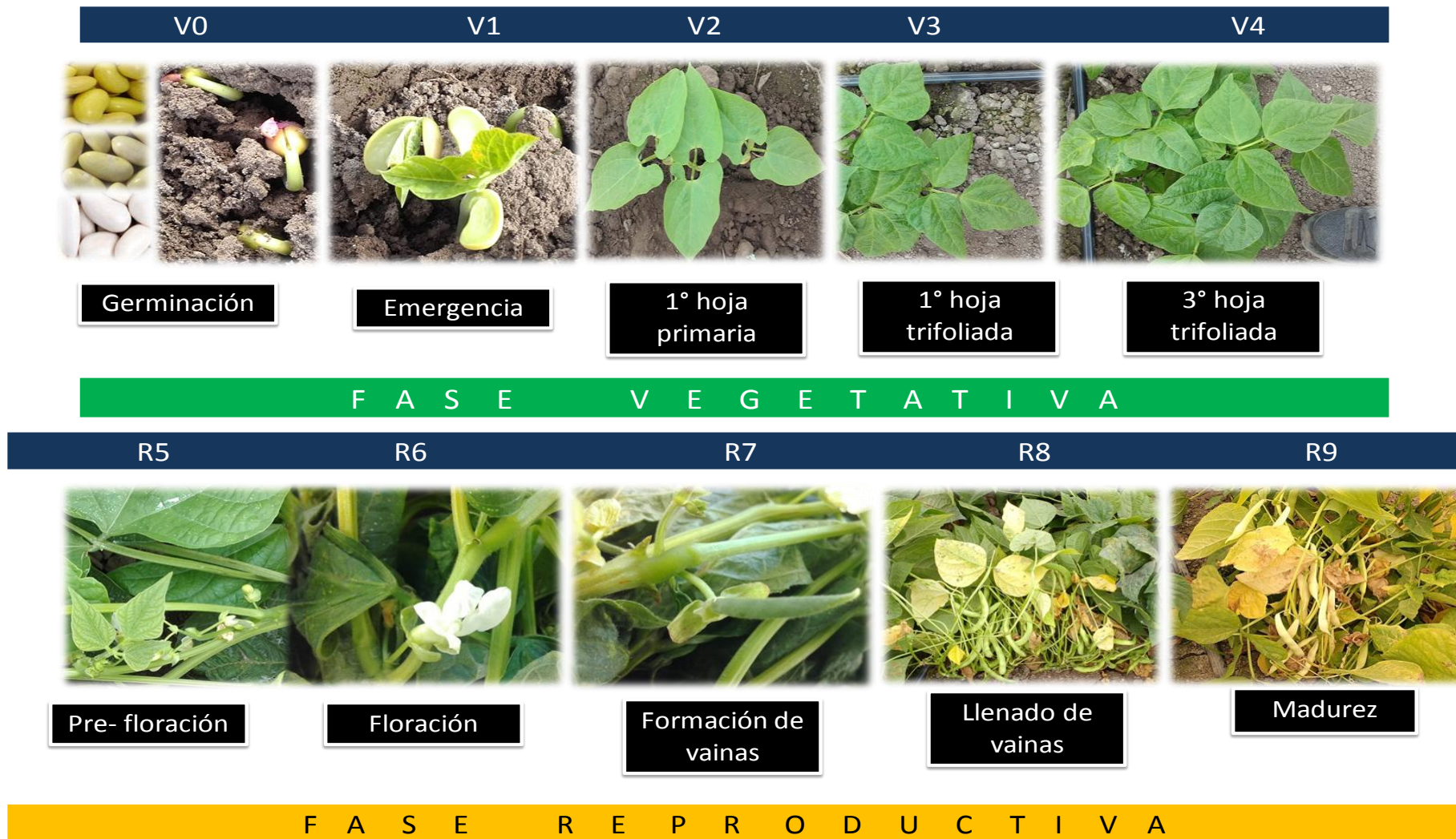


Figura 1. Escala de desarrollo de una planta de frijol común

FUENTE: Elaboración propia, 2018.

C. Factores que influyen en la duración de las etapas.
(CIAT, 1983). Los factores más importantes que afectan la duración de las etapas de desarrollo del frijol incluyen el genotipo (cuyas características de hábito de crecimiento y precocidad pueden variar), el clima. Existen otros factores tales como las condiciones de fertilidad, las características físicas del suelo, la sequía y la luminosidad, entre otros, que causan variación en la duración de las distintas etapas.

- a) El hábito de crecimiento puede ser determinado o indeterminado y la aptitud para trepar (Tipo I, II, III y IV).
- b) El clima: los factores climáticos que más inciden en la duración de las etapas de desarrollo son la luz y la temperatura; tanto como el fotoperiodo.
- c) El suelo (fertilidad, condiciones físicas, etc.)
- d) Precocidad: es causa de diferencias importantes en el desarrollo de las plantas, aun en las pertenecientes a un mismo tipo de hábito de crecimiento.

Hábitos de crecimiento

CIAT (1976), Define al hábito de crecimiento como la presentación de la planta en el espacio como consecuencia de su crecimiento. Este crecimiento es el resultado de la interacción de caracteres internos más constantes (genotipos) y de factores externos que varían en el tiempo y en el espacio.

Los principales caracteres morfo-agronómicos que ayuda a determinar el hábito de crecimiento son:

- La característica de la parte terminal del tallo: determinado o indeterminado.
- La longitud de los entrenudos y en consecuencia, la altura de la planta y de distribución de las longitudes a lo largo del tallo.
- La aptitud para trepar.
- El número de nudos.
- El grado y el tipo de ramificación, incluyendo el concepto de guía, es decir, la presencia de un(os) tallo(s), sobresaliendo claramente por encima del follaje del cultivo.

CIAT (1979). Indica que dependiendo del cultivar, el frijol durante su crecimiento presenta cuatro tipos de crecimiento, que son resultados de las interacciones de la planta,

influenciados por las condiciones ambientales que determinan su arquitectura final, teniéndose los siguientes tipos:

Tipo I: Hábito determinado erecto o arbustivo.

El tallo principal y las ramas laterales, terminan en una inflorescencia desarrollada y el crecimiento se detiene, donde alcanza una altura de 30 a 50 cm. Etapa de floración corta y madurez sincronizada en las vainas.

Tipo II: Hábito indeterminado erecto arbustivo.

Plantas con tallo erecto sin aptitud para poder trepar, terminan con una guía corta, presenta pocas ramas (más que tipo I), sin guías y continúan creciendo durante la etapa de floración, aunque a un ritmo menor. (Camarena *et al.*, 2009).

Tipo III: Hábito indeterminado postrado no trepador o enredadera, semitrepadora.

Plantas postradas o semipostradas con ramificación bien desarrollada. Altura de planta superiores a 80cm, debido a mayor número de nudos, tallos, y ramas. En las plantas tipos III existen dos subdivisiones, el tipo IIIa que son plantas totalmente postradas, mientras el tipo IIIb, tiene el tallo y las ramas con aptitud trepadora, aunque no muy desarrollados (Camarena *et al.*, 2009).

Tipo IV: Hábito indeterminado fuertemente trepadores.

Plantas típicas trepadoras y usadas en asociación maíz-frijol. La capacidad trepadora se debe a la doble capacidad de torsión desarrollada a partir de la primera hoja trifoliada. Además muy pocas desarrolladas, tallo con 20 a 30 nudos, alcanzando una altura mayor a los 2 m. Etapa de floración larga y madurez asincrónica de vainas. También existen dos subdivisiones, IVa cuando las vainas se distribuyen uniformemente a lo largo de la planta y IVb si las vainas se concentran en la parte superior de la planta.

2.1.9. Variedades

Las variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se pueden clasificar de acuerdo a diferentes criterios.

- Forma de consumo, tenemos que considerar que hay variedades para el consumo como: Grano seco: de color blanco, tipo alubia, canario, bayo, caraota, panamito, de

tipo I, II y III, con un periodo vegetativo de 105 a 270 días, grano tierno o verde: grano al estado de madurez fisiológica o grano verde como Blanco Larán, Larán mejorado y blanco Molinero, grano tostado (nuñas o poroto): tienen la capacidad de reventar cuando son cocidas y Vainita.

Duración del periodo vegetativo

Se habla de variedades precoces o tardías, se consideran desde 70 a 270 días de ciclo vegetativo.

- Precoz: tipo I, II y IIIa
- Tardío: tipo IIIb, IVa y IVb

Fotoperiodo

Entonces hablamos de variedades sensibles, insensibles o neutras; la relación a ciertos factores limitantes de la producción inmediatamente ubica a las variedades en por lo menos dos grandes categorías: resistentes y susceptibles.

Hábito de crecimiento

- Determinado: Tipo I
- Indeterminado: Tipo II, III, IV

Tamaño de la semilla

En el programa de frijol del CIAT el tamaño se determina por el peso de 100 granos y los materiales lo clasifican en tres grupos, de la siguiente manera:

- Pequeños => hasta 25g/ 100 semillas
- Medianos => entre 25 y 40g/100 semillas
- Grandes => desde 40g/ 100 semillas.

Además el CIAT cuenta con una clasificación de *P. vulgaris* para color de grano en diferentes variedades (**Anexo 6**).

2.1.10. Fisiología del frijol

(CIAT, 1988). Define la fisiología vegetal, como se estudia los procesos básicos que controlan el crecimiento y el desarrollo de la planta, tiene aplicación en todas las ramas de investigación del frijol y es esencial para lograr óptimos rendimientos, se analizan dos procesos metabólicos básicos: la fotosíntesis y la respiración, cuyo balance determina el

crecimiento de la planta, y los procesos morfogénicos o de diferenciación y formación de órganos especializados; todo lo cual determina el rendimiento.

En términos generales, no hay muchas formas de medir o definir crecimiento. Se hace con base en el peso seco porque está más ligado al crecimiento, por esto el crecimiento ha sido definido como el aumento en peso de una planta. Sin embargo el término abarca otros aspectos, porque este proceso es mucho más complicado, también incluye la división celular y la diferenciación de tejidos con variadas funciones en la planta.

El crecimiento se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$\text{CRECIMIENTO} = \text{Fotosíntesis} - (\text{Respiración} + \text{Abcisión} + \text{Pérdidas por plagas})$$

Fotosíntesis

En las plantas C₃, como el frijol, la fotosíntesis es el proceso mediante el cual la energía solar (energía lumínica) es convertida en energía química en las hojas verdes. Esta energía química, en forma de moléculas orgánicas, es usada por la planta en todos los procesos fisiológicos esenciales. Expresada en su forma más sencilla, la fotosíntesis se define por la siguiente reacción:



Donde (CH₂O)_n representa los carbohidratos (azúcares, almidones y celulosas, etc.).

El proceso de la fotosíntesis lo realiza la planta en estructuras altamente especializadas de las hojas llamadas cloroplastos. Las moléculas de clorofila allí presentes son excitadas por la luz y capturan energía lumínica, que pasa a los carbohidratos. Esta energía captada en forma de compuestos como ATP y NADPH, es utilizada por la planta para realizar sus funciones de toma de nutrimentos, para los procesos metabólicos, la síntesis y reparación de tejidos y otros. La tasa de fotosíntesis es un parámetro que mide la actividad fotosintética, y expresa la cantidad de bióxido de carbono que absorbe la planta por unidad de tiempo y de área foliar; la tasa máxima de fotosíntesis de la planta de frijol es del orden 2 gramos de CO₂ captado por hora y por metro cuadrado de hojas. En términos de carbohidratos, esto equivale a 1,4 g.hora⁻¹.m²⁻¹ del cultivo, una cifra aparentemente pequeña.

Además, si se considera una hectárea de cultivo, bajo condiciones ideales, teóricamente, la fotosíntesis podría producir, en un ciclo 40.000 Kg de materia seca. Sin embargo, los

gastos energéticos involucrados en el mantenimiento y crecimiento de la planta se realizan a expensas de las ganancias producidas por la fotosíntesis, por lo tanto la acumulación real de materia seca es mucho menor, en esto también influyen los factores del cultivo y los ambientes que afectan a la fotosíntesis. El primer producto de la fotosíntesis es un compuesto de tres carbonos. Con este mecanismo, la fijación de bióxido de carbono depende de una serie de reacciones que implican la pérdida de carbono y energía; este proceso se denomina fotorespiración. Las planta C_4 , como el maíz, producen compuestos de cuatro carbonos, y usan mecanismos de fijación de bióxido de carbono que evitan la fotorespiración (**Figura 2**). Bajo condiciones de alta temperatura y baja disponibilidad de agua, la presencia de fotorespiración en las plantas de frijol las hace menos eficientes en términos fotosintéticos que las especies tropicales como el maíz, la caña de azúcar o el sorgo, de vía metabólica C_4 . (CIAT, 1988).

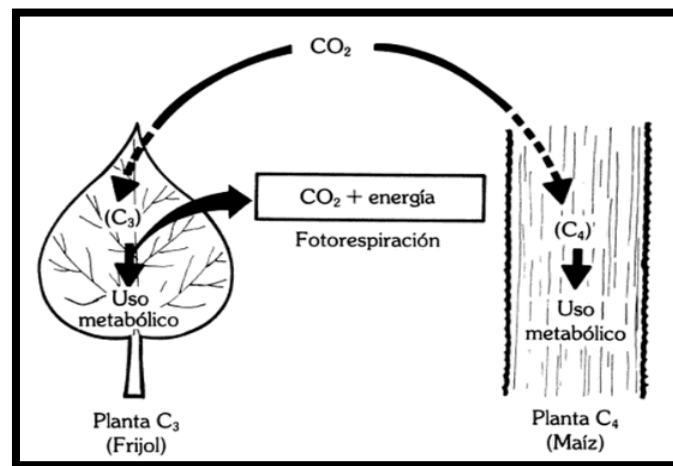


Figura 2: En la planta de frijol, vía metabólica C_3

FUENTE: CIAT, 1988

Respiración

Es el proceso mediante el cual los organismos aeróbicos, descomponen las moléculas orgánicas en bióxido de carbono y agua, transforman y utilizan la energía capturada durante la fotosíntesis. A través de la respiración la planta obtiene la energía que requiere para la formación de tejidos, el transporte de nutrimentos, la reparación de tejidos dañados y para otros procesos vitales. Así los carbohidratos producidos por la fotosíntesis son utilizados como fuente de energía y como materia prima para la biosíntesis.

La respiración para el crecimiento

La respiración para el crecimiento es requerida por los procesos metabólicos que demanda la síntesis de cualquier tejido. Por ejemplo, se ha estimado que para producir 1 g del aminoácido ornitina, se consume la energía contenida en 1 g de glucosa más 0.26 g de amoniaco y 0.16 g de oxígeno. La producción de compuestos de bajo contenido energético, como los carbohidratos (almidón, celulosa y polisacarosas) no requiere mucha respiración porque se origina directamente a partir de las glucosas. En cambio, la síntesis de compuestos de mayor contenido energético, como las proteínas, tiene requerimientos más altos debido al metabolismo del nitrógeno, al igual que las grasas y los aceites.

Para la formación de los diferentes órganos de la planta de frijol, el requerimiento de los carbohidratos varía, dependiendo de la composición química de los tejidos. Por ejemplo, si la semilla de frijol contiene 70% de carbohidratos, 3% de aceites y grasas, 2% de lignina y 25% de proteína, su requerimiento energético total sería de 1.47 g de carbohidrato por grano de semilla producida. Conociendo la composición de los otros tejidos, también se pueden estimar sus requerimientos energéticos (**Figura 3**).

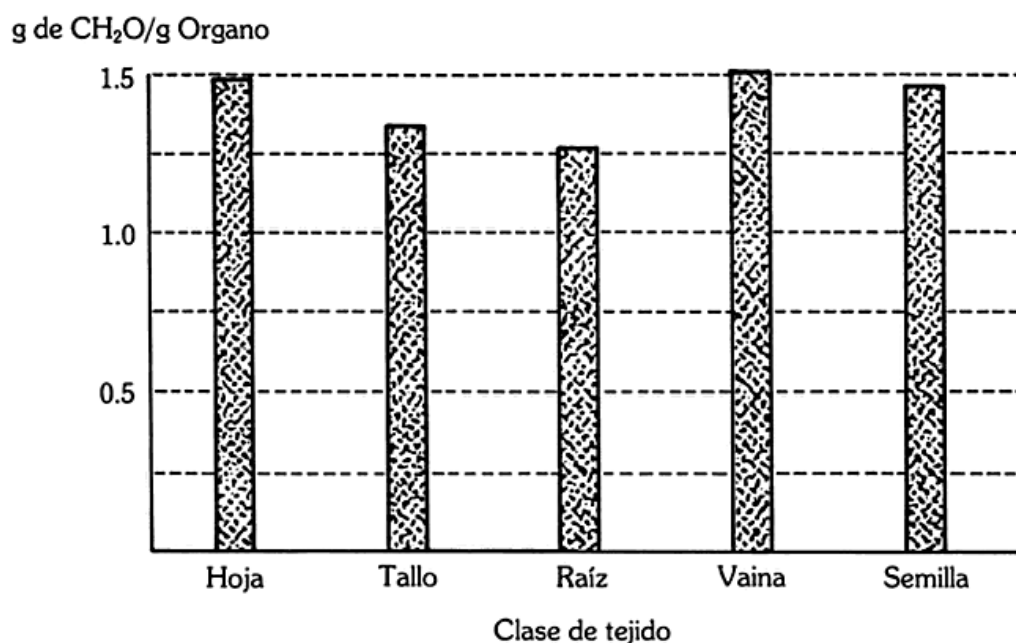


Figura 3: Requerimiento energético para la formación de varios órganos del frijol

Fuente: CIAT, 1988.

Respiración para el mantenimiento

La respiración para el mantenimiento es requerida por la actividad metabólica de la planta necesaria para mantenerla viva y en buenas condiciones. La planta la emplea para

mantener la integridad de los tejidos y para renovar membranas, enzimas y otras estructuras o compuestos que sufren desgaste con el tiempo. (CIAT, 1988).

Es fácil ver la necesidad de considerar un componente de respiración para crecimiento cuando uno recuerda que para cualquier proceso de síntesis en base a carbohidratos. Hay una pérdida de energía normalmente asociada con la liberación de CO₂. La cantidad de respiración dependerá del compuesto que está siendo sintetizado por la planta. Los valores estimados por ecuaciones de biosíntesis para varias clases de compuestos son:

Compuestos	Producción
Celulosa y almidones	0.86 g producido / g CH ₂ O
Aceites	0.36 g producido / g CH ₂ O
Lignina	0.46 g producido / g CH ₂ O
Proteína	0.47 g producido / g CH ₂ O

Para varios órganos del frijol, estos gastos pueden ser totalizados según su composición química.

Órgano	Gastos
Hoja	0.67 g / g CH ₂ O
Tallo	0.76 g / g CH ₂ O
Raíz	0.78 g / g CH ₂ O
Vaina	0.66 g / g CH ₂ O

Estos gastos no son afectados ni por el genotipo ni por el ambiente, aparte de la variación debido a cambios en la composición de los órganos (White, 1985).

2.1.11. Agroecología del cultivo

- Temperatura

La planta es capaz de soportar rangos extremos entre (5°C ó 40°C) pero por periodos relativamente cortos, si se tiene por periodos más prolongados sufrirán daños irreversibles como la disociación de proteínas enzimáticas y membranas celulares (WHITE, 1988). La planta de frijol en sus diferentes variedades, varía en su adaptación a la temperatura, se requiere para el proceso de germinación una temperatura mínima de 10 a 12 °C, para la floración de 15 a 18 °C, y de 18 a 20 °C para el llenado de vainas. Varias investigaciones en diferentes lugares del Perú han dado el resultado de que un máximo rendimiento se ha

encontrado a los 21 a 29 °C en el periodo de noche y día. Los valores próximos a 35°C no se encontraron formación de vainas.

Tabla 1. Temperaturas críticas para el frijol en las distintas fases de desarrollo.

TEMPERATURA	°C
Temperatura óptima del suelo	15 – 20
Temperatura ambiente óptima de germinación	20 – 30
Temperatura mínima de germinación	10
Temperatura óptima durante el día	21 - 28
Temperatura óptima durante la noche	16 - 18
Temperatura máxima biológica	35 – 37
Temperatura mínima biológica	10 -14
Temperatura mínima letal	0 – 2
Temperatura óptima de polinización	15 – 25

FUENTE: (WHITE, CITADO POR RÍOS Y QUIROS, 2002)

- Agua

El agua es un elemento indispensable para el crecimiento y desarrollo de cualquier planta, como reactivo en la fotosíntesis, es un elemento estructural, actúa como medio de transporte y es regulador de la temperatura (White, citado por Ríos 2002). Las precipitaciones que se requiere para el cultivo varía de 350 a 400 mm durante el ciclo del cultivo y prospera en regiones con precipitaciones anual entre 600 y 2000mm.

La época más crítica para el cultivo son 15 días antes de la floración y 18-22 días antes de la madurez de las primeras vainas, los 15 días previos a la cosecha deberían ser secos (Benacchio, 1982).

- Humedad relativa

La humedad relativa óptima del aire durante la primera fase es del 60% al 65%, y posteriormente oscila entre el 65% y el 75%. Humedades relativas muy elevadas favorecen en el desarrollo de las enfermedades patológicas interfiriendo los la fecundación de las plantas, es importante que se mantenga sin excesivas oscilaciones de humedad. El cultivo puede ser afectado por una atmosfera excesivamente seca o cálida. (Benacchio, 1982)

- Luz

Cumple el rol más importante en la fotosíntesis, pero también afecta la fenología y morfología de la planta, el frijol es una especie de días cortos, los días largos suelen causar demora en la floración y la madurez. Cada hora más de luz por día puede retardar a la madurez entre dos a seis días. Los factores que no son fáciles de modificar como la temperatura y la luminosidad, pero se pueden hacer mediante prácticas culturales, como la siembra en las épocas apropiadas para que el cultivo tenga condiciones favorables. (Ríos, 2002). La radiación proveniente del sol está constituida por ondas cuya longitud varia ente 290 a 3000 nanómetros, pero los pigmentos de clorofila solamente captan ondas de 380 a 740 nanómetros, lo que representa el 50% de la energía lumínica total, de la cual el 85% es absorbido por la planta.

La eficiencia fotosintética, se calcula entonces por la cantidad de carbohidratos con relación a la luz que cae sobre la tierra. Otro factor es la energía solar que la planta puede absorber, la que a su vez es una función del área foliar. Se acostumbra a expresar el área foliar de un cultivo con el término de índice de área foliar (IAF), el cual es la cantidad de área foliar por un área de terreno (m^2), con lo cual se puede decir que si el IAF aumenta, hay un buen incremento en la radiación y un buen aprovechamiento por la planta. A su vez, hay que señalar el tamaño y la orientación espacial de las hojas, lo cual afecta a la intercepción de la radiación. Las hojas pequeñas y bien espaciadas aprovechan más eficientemente las radiación, que las hojas grandes entrejuntas y que sombrean a las hojas inferiores (White, 1988).

- Suelo

La profundidad del suelo requiere de un mínimo de 60 cm de suelo; aunque son mucho mejor los suelos profundos para la obtención de máximos rendimientos del cultivo. (Benacchio, 1982), se recomienda que los suelos óptimos son los de textura ligera como los suelos franco-arcillosos y franco-arenosos; en tanto que los suelos pesados, que se encharcan fácilmente, son un poco menos productivos. (Navarro, 1983). Puede prosperar en suelos delgados (FAO, 1994). La absorción de agua se produce principalmente en los primeros 0.5 a 0.7m de profundidad (Doorenbos y Kassam, 1979).

Se considera un cultivo sensible a la salinidad y la reducción del rendimiento para distintos niveles de C.E es la siguiente: 0% a 1 mmhos/cm; 10% a 15 mmhos/cm; 25% a 2.3 mmhos/cm; 50% a 3.6 mmhos/cm y 100% a 6.5 mmhos/cm. (Doorembos y Kassam,

1979). El frijol tolera un porcentaje máximo de saturación de sodio de 8 – 10% y una conductividad eléctrica hasta de 1 mmhos/cm; por encima de estos niveles, los rendimientos disminuyen significativamente (Schwartz y Gálvez, 1980).

Puede desarrollar en el rango de 5.3 y 7.5, con un óptimo de 5.5 a 6.5, no tolera suelos alcalinos (Benacchio, 1982). El pH óptimo va de 5.5 a 6.0 (Doorenbos y Kassam, 1979). El rango óptimo está entre 6.5 y 7.0 (Rodríguez y Maldonado, 1983).

- Malezas

Se estima que en el cultivo de frijol las malezas, pueden ocasionar pérdidas entre 15 a 97 por ciento en los rendimientos. Además de la reducción cuantitativa, las malezas llegan a afectar cualitativamente la producción al depreciar la calidad del frijol por contaminación con semillas de otras especies y por residuos que dejan las plantas. Las malezas compiten con el cultivo por nutrientes, agua, luz, CO₂, y pueden, en determinados casos, ejercer una inhibición química (alelopatía) sobre el desarrollo de los cultivos (Córdova y Casas, 2003). El frijol se ve afectado por malezas tanto de hoja angosta como hoja ancha, dependiendo de las condiciones climáticas en el que se encuentra el cultivo. El periodo crítico de competencia con el cultivo ocurre en los primeros 30 a 45 días del ciclo productivo del frijol arbustivo, y de 65 a 70 días en frijol voluble de clima frío. Se puede decir que estas etapas de desarrollo son las R5 (prefloración) y R6 (Floración) (Ríos y Quirós, 2002).

- Plagas

En el cultivo de frijol se pueden encontrar asociadas alrededor de 200 especies de insectos que en algún momento pueden actuar en detrimento de la producción. Según Guarín (citado por Ríos, 2002); sin embargo su sola presencia en el cultivo no le da connotación de plaga, concepto que involucra el aspecto económico. Es decir se considera plaga en un cultivo aquel insecto que, además de estar presente, causa daño de importancia económica.

El manejo integrado de plagas es una estrategia que trata de mantener los niveles de incidencia de las plagas bajo, que no causen daño económico, utilizando preferentemente los factores naturales adversos a su desarrollo, incluidos los factores de mortalidad natural. Solo en la última instancia se recurre al uso de plaguicidas como medida de emergencia (Cisneros, 1992).

Entre las principales plagas tenemos:

- Cortadores: *Agrotis*, *Feltia*, comedor de follaje: *Diabrotica*, *Neobrotica* y *Cerotoma*, chupadores: lorito (*Empoasca Kraemeri*), considerado como la plaga más importante a nivel mundial. mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), trips (*thrips palmi*), y (*thrips tabaci*).
- Barrenador de vainas: Perforador de vaina (*Epinotia aporema*)
- Granos almacenados: Las principales plagas en almacén tenemos a *Acanthoscelides obtectus* y *Zabrotes Subfasciatus*
- Enfermedades

(CIAT, 1980) Las enfermedades representan el principal problema para la producción del frijol, debido a la prevalencia de condiciones ambientales favorables, el problema de las enfermedades se hace más grave debido a la siembra de variedades comunes susceptibles y al empleo de semilla producida por los mismos agricultores, que, en la mayoría de los casos no cumplen con los parámetros requeridos de calidad, algunas enfermedades son muy comunes y limitantes, tenemos:

- La antracnosis (*Colletotrychum lindemuthianum*)
- Mancha anillada (*Phoma exigua* var. *Diversispora*)
- Mancha angular (*Phaeosiaripsis griseola*)
- Pudriciones radiculares (*fusarium solani* forma *Phaseoli*), *Pytium sp.*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* forma *Phaseoli*)
- Virus del mosaico común del frijol.

2.1.12. Rendimiento

Análisis del crecimiento y desarrollo de la planta

Las técnicas de estudio para el desarrollo del frijol varían desde el uso de un “buen ojo” para determinar las etapas fenológicas, hasta técnicas con radioisótopos para conocer el patrón de distribución de los productos de la fotosíntesis. Sin duda las medidas más importantes, y más usadas en investigación agrícola son las de las “etapas de desarrollo” y las del “análisis del crecimiento”.

Análisis del crecimiento

Para caracterizar el crecimiento de un cultivo, generalmente se miden cambios en el peso seco durante el ciclo del cultivo. El peso seco se determina en base a las muestras tomadas en el campo y luego secadas en un horno. Para comparar los datos de crecimiento, es

valioso calcular varios parámetros que describen el crecimiento del cultivo. Esta forma de análisis se llama “análisis de crecimiento”.

Distribución del peso seco en la planta de frijol

Los datos sobre crecimiento recolectados en los muestreos que se realizan durante todo el ciclo del cultivo se pueden usar para realizar curvas de crecimiento, en las cuales se separan los datos correspondientes al peso seco de los diferentes órganos.

Índice de cosecha

Otra medida de la distribución de la materia seca es el “índice de cosecha”, que se define como la relación entre el rendimiento económico y el peso seco total de una planta madura (biomasa). Los valores para el frijol normalmente están entre un rango de 0.5 a 0.6. Índices más bajos indican una pobre formación de vainas o semilla en relación con el desarrollo vegetativo del cultivo.

Componentes del rendimiento

Otra clase de parámetro que se usa para describir la distribución del peso seco es el de los componentes de rendimiento. Este puede ser descrito en varias formas, pero todas se basan en aquellos factores que multiplicados equivalen a él.

Los componentes de rendimiento se agrupan en dos:

- a. **Morfológicos:** número de vainas, número de ramas por planta, número de semillas por vaina y peso seco individual de: tallos, ramas, vainas y semilla.
- b. **Fisiológicos:** tamaño, duración del crecimiento foliar, el área foliar por unidades de peso y eficiencia de translocación de fotosintatos.

Por su influencia en su rendimiento, los componentes se dividen en:

- a. Directos: número de vaina, índice del vigor y peso en 100 gramos.
- b. Indirectos: Precocidad (número de nudos al primer racimo, número de días entre siembra y la floración), área foliar, aptitud de regular y resistir a la sequía o el frío.

La siguiente fórmula es un ejemplo:

$$\text{Rendimiento} = \text{Peso de una semilla} \times \text{Semillas/vaina} \times \text{Vainas/planta} \times \text{Plantas/m}^2$$

Muchos estudios sobre el frijol han intentado seleccionar uno de los componentes para aumentar el rendimiento del cultivo; por ejemplo la posibilidad de aumentar el rendimiento mediante la selección de plantas con un mayor número de granos por vaina. Generalmente estos intentos han fracasado debido al fenómeno de la compensación de

los componentes: al aumentar la magnitud de uno de los componentes del rendimiento, los otros componentes se reducen, pues la planta tiende a mantener un equilibrio (CIAT, 1988).

2.2. EL NITRÓGENO

2.2.1. Importancia

El nitrógeno (N) es un nutriente esencial para los seres vivos, juega numerosos roles en la bioquímica de las plantas ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales (Harper, 1994). Debido a la importancia del N en las plantas, junto al fósforo (P) y al potasio (K) se los clasifica como macronutrientes (Perdomo, 1998). El nitrógeno es uno de los nutrientes más limitantes en la producción de cultivos en la mayoría de los agroecosistemas. En consecuencia; una deficiencia de nitrógeno en las plantas influye profundamente en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas en los diferentes cultivos (Harper, 1994).

2.2.2. Fuentes naturales de Nitrógeno

La mayor parte del nitrógeno en la Tierra se encuentra en las rocas ígneas de la corteza y el manto terrestre, sin embargo; esa forma de nitrógeno no está disponible para las plantas, por lo menos en mediano plazo. Por lo tanto, se puede considerar que esta forma de N no está disponible para los seres vivos (Perdomo y Dotera, 1992). En la naturaleza existen dos fuentes de reserva de nitrógeno principales para las plantas. La mayor es la atmósfera, en la cual el 78% del aire es N (Montaño, 2008). Este N se encuentra en forma molecular (N_2), aunque también existen otras formas gaseosas del nitrógeno de menor importancia: como el óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO_2) y el amoníaco (NH_3) (Silva, 2002). La otra reserva importante de N es la materia orgánica del suelo (MOS) del total del N que hay en el suelo, aproximadamente el 98-99% se encuentra formando compuestos orgánicos. La materia orgánica se presenta, principalmente, en partículas parcialmente humificadas o en los componentes del humus, asociados a los minerales arcillosos (Swift y Posner, 1972).

Tanto el contenido de humus, como su riqueza en nitrógeno son mayores en las partículas de menor dimensión. En el mundo, se estima que la concentración total de nitrógeno que podemos encontrar en el primer metro de profundidad del suelo varía, en general de 0.02

a 0.07% y de este entre 90 y 95% del N total del suelo se encuentra asociado con la materia orgánica del suelo (Smith y Johnson, 2003). La concentración de N en el humus varía de 3-6% (Whitmore y Handayanto, 1997).

Otras formas importantes de N, son los iones de amonio, nitrato y componentes solubles en la solución suelo, correspondiente a N inorgánico (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , entre otros) disponibles para las plantas y que generalmente solo representa el 2 a 3%. El amonio a menudo es fijado en minerales arcillosos del suelo y su disponibilidad es lenta para las plantas (Agropecstar, 2002).

2.2.3. Fuentes de N en el suelo

Bajo condiciones naturales el nitrógeno del suelo proviene de la atmósfera terrestre, esto ocurre a través de los distintos procesos de fijación, fundamentalmente de tipo biológico. La transformación del N molecular atmosférico en nitrógeno del suelo utilizable actual o potencialmente por las plantas, se realiza principalmente dos procesos: el nitrógeno puede oxidarse y pasar a la forma de óxidos, por la acción de las descargas eléctricas, y estos compuestos, a su vez, trasladados al suelo por las precipitaciones y depositados en el suelo como ácido nitroso o nítrico. Y la Fijación biológica, es decir, por la acción de organismos vivos, por medio de una serie de reacciones que integran en nitrógeno molecular en sus estructuras.

En los suelos cultivados, el nitrógeno puede aparecer también por la incorporación que realiza el hombre, usando fertilizantes nitrogenados obtenidos sintéticamente a partir del nitrógeno atmosférico o mediante la adición, también de residuos orgánicos de diversa procedencia. Puede decirse que los suelos cultivados no son lo suficientemente ricos en nitrógeno, salvo los suelos con una acumulación de materia orgánica por falta de mineralización (Navarro *et. al.*, 2003). Las principales formas de nitrógeno en el suelo son: NH_4^+ , NO_3^- , o las sustancias orgánicas a base del nitrógeno. El NH_4^+ , puede ser absorbido a sitios cargados negativamente de minerales de arcilla y compuestos orgánicos. Esto disminuye su movilidad en el suelo en comparación con el NO_3^- , su forma más móvil. (Lal, 2002).

Los nutrientes penetran en las raíces de las plantas en forma de iones, partículas ultramicroscópicas que llevan carga eléctrica (Pérez *et al.*, 1998). También la mayor parte de la absorción de agua y sales minerales se produce cerca de los meristemas apicales de las raíces, en las raicillas microscópicas llamado pelos radiculares. (Murphy

y Zaurov (1994) informaron que la fertilización con N a 5, 10 y 15 cm de profundidad del suelo produjo una mayor masa de raíces que una fertilización con N a 0 cm de profundidad del suelo o fertilización superficial.

2.2.4. Nitrógeno en la planta

En la planta, el nitrógeno se encuentra fundamentalmente bajo forma orgánica. Las materias nitrogenadas de reserva están esencialmente conformadas por proteínas, pero también se encuentran en forma de compuestos más simples, que constituyen los intermediarios entre los compuestos nitrogenados minerales absorbidos y las sustancias proteicas de síntesis. Así, el N se encuentra en moléculas muy importantes como las purinas, pirimidinas, porfirinas, vitaminas, alcaloides y enzimas. En los órganos vegetativos, como las hojas, se encuentran cloroplastidiales o citoplasmáticas, del 20 al 40% de nitrógeno bajo la forma soluble, en gran parte como aminoácidos libres y también como aminoácidos aminados (asparragina y glutamina) (Navarro y Navarro, 2013).

Los mayores contenidos de N en las plantas se encuentran en los tejidos jóvenes. En estos, el porcentaje de nitrógeno oscila entre 5.5 y 6.5% en peso seco. A medida que la planta llega a su senescencia, la proporción de celulosa aumenta, el porcentaje de nitrógeno disminuye y aumenta la relación C/N. Las hojas suelen ser las más ricas en nitrógeno, pero su valor disminuye durante la floración. De todas las especies, las leguminosas son las que están mejor provistas de nitrógeno (Navarro y Navarro, 2013).

El nitrógeno puede hallarse también en la planta bajo formas inorgánicas, compuestos como el amonio, nitrito y nitrato, pero en pequeñas cantidades. Los nitratos se encuentran siempre en anomalías metabólicas que impiden la síntesis proteica, el tallo es su lugar de almacenamiento preferente y los valores máximos se pueden encontrar inmediatamente a la floración (Stevenson, 1982).

2.3. OTROS NUTRIENTES

2.3.1. Fósforo (P)

El fósforo (P) es uno de los 17 nutrientes esenciales para el crecimiento de la planta. Sus funciones no pueden ser realizadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado aporte de P para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima. Tiene poca movilidad en los suelos agrícolas, las pérdidas por lixiviación al manto freático no tienen importancia (Fixen, 1993). El P se clasifica como un nutriente primario, razón por la cual es comúnmente deficiente en la producción agrícola y los cultivos lo requieren en

cantidades relativamente grandes. La concentración total del P en los cultivos varía de 0.1 a 0.5%. El P ingresa a la planta por los pelos radiculares, también a través de micorrizas en asociación con las raíces de muchos cultivos. El P es absorbido por la planta principalmente como ion orto fosfato primario (H_2PO_4^-), pero también lo absorbe como ion fosfato secundario (HPO_4^-), esta forma última se incrementa a medida que se incrementa el pH. El P se incorpora a compuestos orgánicos como ácidos nucleicos (ADN y ARN), fosfoproteínas, fosfolípidos, enzimas y compuestos fosfatados ricos en energía como la adenosina difosfato (ADF) y adenosina trifosfato (ATF). La transferencia de los fosfatos de alta energía del ADF y ATF a otras moléculas (proceso denominado fosforilación), desencadena una gran cantidad de procesos fundamentales para la planta. El adecuado aporte de P es esencial para el desarrollo de nuevas células y para la transferencia del código genético de una célula a otra. Abundante cantidad de P se acumula en las semillas y en el fruto donde es primordial para la formación y desarrollo de la semilla. También es parte de la fitina, que es la principal forma de almacenamiento de P en la semilla. Alrededor del 50% del P total en las semillas de las leguminosas y del 60 a 70% en los cereales se almacena como fitina o compuestos muy parecidos. Un mal aporte de P puede reducir el tamaño, número y la viabilidad de las semillas (Munera y Meza, 2012).

La interacción entre el nitrógeno y el fósforo, están involucradas funciones vitales para las plantas como son la fotosíntesis, formación de proteína y la fijación simbiótica de N. el beneficio principal de la aplicación de fertilizantes P y N amoniacal es el incremento de absorción de P por las plantas debido a que la solubilidad del P se incrementa. Además, fertilizantes con N- amoniacal aumentan la absorción de P por las plantas, mejorando así el crecimiento del cultivo y la eficiencia del fertilizante fosfatado (Lazcano – Ferrat, 2000).

2.3.2. **Potasio (K)**

El potasio (K) es un macro nutriente esencial requerido en grandes cantidades para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos. Es absorbido en forma monovalente, es el catión más abundante en las células vegetales, no se conoce ningún compuesto orgánico que el K sea componente, entre sus principales funciones dentro de la planta son: la osmoregulación, la síntesis de los almidones, la activación de enzimas, la síntesis de proteínas, el movimiento estomático y el balance de cargas iónicas (Maathuis y Sanders, 1994; Marschner, 1995). Las cantidades adecuadas de K son importantes porque

contribuyen en la adaptación de los cultivos al stress causado por factores bióticos y abióticos, tales como sequías, salinidad, heladas, ataques de insectos o enfermedades (Kafkafi, 1990). El K se encuentra normalmente en un rango entre 1 a 4% de la materia seca (MS), pudiendo alcanzar más del 8% en algunos casos (Flaven *et al.*, 1976; Leigh, 1989). La mayoría de los cultivos de grano requieren K en los primeros estadios del crecimiento y la máxima absorción se verifica durante la etapa vegetativa (Lawton y Cook, 1954; Kafkafi y Xu, 1999). La mayoría de las semillas de los cultivos de grano contienen entre 0.4 y 1.0% de potasio en base a materia seca. Suficiente para la germinación y establecimiento inicial, pero no suficiente para mantener el crecimiento por un periodo más largo (Van-slyke, 1932). Buckner, (1915) observó que aproximadamente el 45% del K total quedó conservado en los cotiledones no funcionales de plántulas de frijol, las hojas de las plántulas y tallos contienen el 46% de potasio, mientras que las raíces el 9% restante.

El frijol es reconocido como particularmente sensible al exceso de boro y cloruro sódico. En un contenido superior a los 15,5 kg de bórax por hectárea, se producen, experimentalmente, lesiones sobre la plantación (Fourel, 1970). Además, según Knott (1957), El frijol es sensible a la falta de varios oligoelementos:

- Cobre: afecta sobre todo a la formación de los frutos.
- Molibdeno: principalmente en suelo ácido.
- Manganeso: la carencia aparece en suelos calcáreos en razón del antagonismo manganeso/calcio.
- Zinc: se le considera muy sensible a la falta de zinc.
- Magnesio: poco sensible a la carencia de este elemento en el suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

3.1.1. Lugar

La investigación se realizó entre los meses de Julio y Diciembre en la Estación Experimental del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) en su sede central (lote 5), La Molina, Perú.

Altitud : 246 msnm.

Longitud : 76°56'45.61" O

Latitud : 12°04'23.55" S

3.1.2. Historial de campo

En el Lote 5 del Centro Experimental La Molina del INIA se hizo rotación de cultivos y entre estos destaca los cultivos de quinua (2015 - II), maíz amarillo (2016 – I), frijol (2016 – II).

3.2. MATERIALES

3.2.1. Análisis físicoquímicos del suelo

El terreno donde se realizó el experimento, es como los suelos de la Molina, profundos, con buen drenaje, una permeabilidad moderada, textura media, estructura granular media y modera, de consistencia friable en húmedo.

El análisis de Caracterización de suelos se realizó en base a un muestreo de suelo del área determinada para el experimento, basándose en el protocolo del laboratorio de análisis de suelos de la UNALM. Los resultados presentados en el **Anexo 7**, indica un contenido bajo de sales (0.38 dS/m), el cual no afectó en el crecimiento del cultivo. El análisis mecánico de las fracciones presentes en el suelo indica que es una clase textural Franco Arcillo Arenoso. El pH (7.87) indica que es un suelo moderadamente alcalino. No hay contenido de CaCO₃ (0%). El contenido de materia orgánica (1.75% de M.O.) y por lo tanto de nitrógeno total (5% de la M.O), es bajo. Por otro lado el contenido de fósforo (23.3 ppm) es alto. Asimismo, el contenido de potasio (255 ppm) es alto. Estos niveles indicarían una dosis media en respuesta a la fertilización fosforo-potásica y una alta respuesta a la fertilización nitrogenada. La CIC (12.80 cmol) indica que está en un nivel bajo para nivel

medio, lo que indica que es un suelo que necesita aporte de fertilización. En las relaciones entre los cationes se observa una predominancia del catión Ca y seguido por el Mg (95.15% PSB) sobre el K⁺ (3.28% PSB), con una relación Ca/Mg de 11.8 y una relación K/Mg de 0.42. El porcentaje de saturación de bases es de 100%, lo que indica que es un suelo óptimo.

3.2.2. Condiciones meteorológicas

Los datos meteorológicos obtenidos de la estación automática del SENAMHI, instalada al costado del Campo 5 del INIA, para el distrito de La Molina. El día 30 de Junio del año 2016 se inició la siembra del experimento, tuvo una T^a media de 17.21°C, y una Humedad Relativa de 83.21%, con una radiación de 61.59 (Watts/m²).

En el **Anexo 8**, se observan los datos registrados desde la siembra hasta la cosecha del cultivo desde Junio hasta el mes de Diciembre del año 2016, el rango de temperatura se encuentra en el mínimo requerido para el crecimiento y desarrollo normal de la planta. En el mes de Agosto se tuvo una mayor humedad relativa (83.38%), luego en el mes de septiembre empezó a incrementarse la temperatura debido al cambio de estación primaveral, así mismo la radiación fue incrementándose llegando a la estación de verano.

3.2.3. Materiales para el experimento

Material Genético

Las variedades de frijol que se evaluaron en este experimento son:

CANARIO 2000

Es una nueva variedad de buen potencial de rendimiento que es altamente resistente al Virus del Mosaico Común (BCMV) y a la roya.

Origen genético: proviene de la cruce CIFAC 1233 x Canario Divex 8130, realizada en la Estación Agropecuaria de Chíncha en 1983 con el código CIPRI 4, selecciones individuales y masales fueron realizadas hasta la generación F₆, en F₇, se le codificó como CIFAC 87005.

CIFAC 90105

Origen genético: La línea de frijol tipo canario CIFAC 90105, procede de una cruce. Primero se hizo la cruce simple CCO7332-4-2-1-CM (10C) x Canario corriente.

CCO7332 es una línea del CIAT proveniente del cruce BAT1225 (línea del CIAT) x PF 210^a (variedad peruana). De la cruce {(BAT 1125 x PF 210A) x Canario corriente} se obtuvo la F₄ una línea resistente a virus y roya, con grano similar al canario corriente. Al cabo de un proceso de selecciones masales por descendencia de vaina simple e individuales de codificaron en 1990 varias líneas entre las cuales destacó, cuya genealogía es la siguiente: CIFAC 90105 = CIFRI 690/-(143)-1-(11)-(26)-(92), selección individual en F₄. (Voysset Voysset, Oswaldo, 2000.) Cuyas características de describen en el **Anexo 9**.

BLANCO LARÁN MEJORADO

La estación experimental de Chincha entre 1981 y 1984, selecciono la línea CIFEM 691, y sobresalió en las diferentes pruebas de adaptación y rendimiento realizadas en Chincha, Ica, Palpa y Nazca; a este cultivar se denominó “Blanco Larán” y fue sacada al mercado en 1989 como una variedad resistente a la roya y virus del mosaico común de habito arbustivo y precoz, posteriormente se obtuvo el cultivar “Larán Mejorado INIAA”, mediante selecciones efectuadas a partir de la cruce “Blanco Larán y el cultivar americano “Nema SNAP”, realizada en 1986 en la Estación Experimental de Chincha, en 1989 fue codificada como Nema89022, y a partir de 1993 se lanzó al mercado la variedad Larán Mejorado que es resistente a nematodos. (Camarena *et al.*, 2009)

Fertilizantes

En el experimento se usaron los siguientes fertilizantes como:

- Fuente de Nitrógeno: Sulfato de Amonio (NH₄)₂SO₄ (N 21%, S 24%)
- Fuente de Fósforo: Fosfato Diamónico (N 18%, P₂O₅ 46%)
- Fuente de Potasio: Sulfato de Potasio (K₂O 50%, S 18%)

• Dosis de abonamiento

Las dosis usadas en el experimento fueron (kg/ha):

- N1: 30– 80 – 60
- N2: 60 – 80 – 60
- N3: 100 – 80 - 60

Insumos

Los insumos que se usaron durante el experimento fueron:

Productos químicos para la desinfección de la semilla: VITAVAX 300 (Fungicida Agrícola, IA: Carboxin), Lorsban 4 EC (pertenece al grupo de los organofosforados), ORTHENE 75 SP (insecticida sistémico, I.A.: Acefato).

Para la parte Fitosanitaria del cultivo: Rezio 75 wp (Ingrediente Activo: Ciromazina), Confidor 350 SC (I.A.: Imidacloprid), también, costales, bolsas, Azufre, cilindro, palas, pico, papel kraft, yeso o cal, balanza de precisión (0.1g), estufa (65°C a 105°C), agua proveniente del río Rímac, sin problemas de sales.

3.3. METODOLOGÍA

Factores en estudio:

A. Factor 1: Variedades de frijol

Se evaluaron tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), variedad uno al Canario 2000, variedad dos al CIFAC 90105 y la tercera variedad el Blanco Larán mejorado, con tres repeticiones cada una en tres bloques.

B. Factor 2: Fertilización con niveles de nitrógeno.

Los niveles de fertilización usadas en el experimento fueron tres: Nivel 1: 30 – 80 – 60 kg/ha NPK, nivel 2: 60 – 80 – 60 kg/ha NPK y nivel 3: 100 – 80 – 60 kg/ha NPK.

En la **Tabla 2**, se listan los tratamientos evaluados en la **Tabla 3**, se aprecia la randomización de los tratamientos.

3.3.1. Características del campo experimental

Número de parcelas	: 27
Área de la parcela	: 27 m ²
Distanciamiento entre surcos	: 1.5 m
Longitud de cada surco	: 6 m
Nº de surcos por parcela	: 3 m
Distanciamiento entre golpes	: 40 cm
Nº de golpes por surco	: 30
Nº de semillas por golpe	: 3
Nº de golpes por parcela	: 90
Nº de plantas por parcela	: 270
Nº de surcos	: 27
Nº de cintas de riego	: 28
Distancia entre cintas de riego	: 1.5 m
Distancia entre calles	: 1m
Nº de bloques	: 3
Nº de parcelas por bloque	: 9
Ancho total del experimento	: 20m ²
Largo total del experimento	: 42m ²
Área total del experimento	: 840m ²

Tabla 2. Relación de los tratamientos en estudio

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
V1N1	CANARIO 2000 / 30 – 80 – 60
V1N2	CANARIO 2000 / 60 – 80 – 60
V1N3	CANARIO 2000 / 100 – 80 - 60
V2N1	CIFAC / 30 – 80 – 60
V2N2	CIFAC / 60 – 80 – 60
V2N3	CIFAC / 100 – 80 - 60
V3N1	LARAN MEJORADO / 30 – 80 – 60
V3N2	LARAN MEJORADO / 60 – 80 – 60
V3N3	LARAN MEJORADO / 100 – 80 - 60

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 3. Randomización de los tratamientos.

CLAVE	TRATAMIENTOS	I	II	III
V1N1	CANARIO 2000 / 30 – 80 – 60 NPK	102	205	309
V1N2	CANARIO 2000 /60 – 80 – 60 NPK	106	207	304
V1N3	CANARIO 2000 / 100 – 80 - 60 NPK	107	202	302
V2N1	CIFAC / 30 – 80 – 60 NPK	101	204	307
V2N2	CIFAC / 60 – 80 – 60 NPK	104	209	305
V2N3	CIFAC / 100 – 80 - 60 NPK	108	201	303
V3N1	LARAN MEJORADO / 30 – 80 – 60 NPK	103	206	308
V3N2	LARAN MEJORADO / 60 – 80 – 60 NPK	105	208	306
V3N3	LARAN MEJORADO / 100 – 80 - 60 NPK	109	203	301

FUENTE: Elaboración propia.

3.3.2. Diseño experimental

Para probar las diferencias entre los promedios de los tratamientos se utilizó la prueba de Duncan de comparación de medias.

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \delta_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Valor observado al finalizar el experimento de la unidad experimental que recibió el i-ésimo factor A con el j-ésimo factor B en el k-ésimo bloque.

μ = Efecto de la media general

δ_k = Efecto de la k-ésimo bloque

α_i = Efecto incremental sobre la media causado por el nivel i del factor V.

β_j = Efecto incremental sobre la media causado por el nivel j del factor N.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto incremental sobre la media causado por la interacción del nivel i del factor V y el nivel j del factor N.

ε_{ijk} = Efecto aleatorio del error

Tabla 4: La tabla de análisis de la varianza (ANVA).

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado
Bloques	r-1	SC bloques	$\frac{SC\ Bloques}{r-1}$	$\frac{CM\ Bloques}{CM\ Error}$
Variedad (V)	v-1	SC V	$\frac{SC\ V}{v-1}$	$\frac{CM\ V}{CM\ Error}$
Fuentes de Nitrógeno (N)	n-1	SC N	$\frac{SC\ N}{n-1}$	$\frac{CM\ N}{CM\ Error}$
VN	(v-1)(n-1)	SC VN	$\frac{SC\ VN}{(v-1)(n-1)-1}$	$\frac{CM\ VN}{CM\ Error}$
Error	(vn-1)(r-1)	SC error	$\frac{SC\ Error}{(vn-1)(r-1)-1}$	-----
Total	Vnr-1	SC Total	-----	-----

3.3.3. Conducción del experimento

- **Preparación del terreno**

Siendo el lote 5 del Centro Experimental del INIA, conducido desde hace más de 5 años con riego tecnificado se inició el acondicionamiento del área experimental con un riego por machaco, se dejó secar hasta que el suelo se encuentre en capacidad de campo, se continuó preparación del terreno con uso de maquinaria agrícola con sus implementos (arado, rastra y niveladora), se procedió a la instalación de las cintas de riego con un distanciamiento de 1.5m entre cintas, y se dio un riego aproximadamente de 6 horas para favorecer la germinación de malezas, que luego se aplicó Gramoxone (herbicida) a (1.5 – 3.0 L/200 L de agua) para ser eliminadas. Una semana después se procedió a delimitar el campo y señalar los caminos usando wincha, cordeles y cal.

- **Preparación de insumos**

El material genético de frijol fue brindado por el especialista de leguminosas de grano de la estación experimental Agraria Donoso de Huaral, se seleccionaron las tres variedades (Canario 2000, CIFAC 90105, y Blanco Larán mejorado), según fue requerido para cada parcela se contaron y se trataron con fungicida (vitavax) y un insecticida (Lorsban) para cortador. Siendo embolsados y etiquetados correctamente para ser sembrados.

- **Siembra**

Se procedió con un riego ligero de 3 horas dos días antes de sembrar para tener el campo de manera adecuada, de tal manera que ingrese fácilmente la pala y también no se vaya a pegar el barro en la pala, la humedad favoreció a las semillas y se tuvo una buena y uniforme germinación, se sembró de manera manual según la randomización indicada, se sembró en tresbolillo a ambos lados de la cinta de riego con un distanciamiento entre golpes de 40 cm y usando tres semillas por golpe a una profundidad aproximada de 5 cm para una rápida germinación, 2430 semillas por tratamiento y en el total de los tres bloques un aproximado de 7290 plantas en 840 m² y llevando a un total de 86785 plantas /ha.

- **Resiembra**

Se realizó a los 12 días después de la siembra, para corregir las fallas de la siembra, y los problemas que se tuvieron con las aves que se comieron las semillas.

- **Cebo tóxico**

Se procedió a la preparación del cebo toxico para controlar los gusanos cortadores, se preparó con 5kg de afrecho + 2L de melaza + 100g de Methomyl + 25 ml de Lorsban + 0.5L de agua, el cual se aplicó a 5 cm de cada planta, teniendo buen resultado en su control de los gusanos cortadores.

- **Trampas amarillas**

Se instalaron dos semanas después de la siembra, se prepararon con plástico amarillo de 50x40cm, se usaron tubos de agua de media para las patas de la trampa de 60 cm de longitud. Se enterraron unos 10 cm al suelo con la ayuda de un martillo y un cincel para hacer los huecos, después de instalar todas las trampas amarillas se procedió a pasarlas con un adherente para insectos (Temo-o-Cid), y cada 15 días se pasaba con una brocha aceite para que no pierda su efectividad por el polvo.

- **Riego**

Los riegos se manejaron por cintas, las cantidades se controlaron dependiendo de la necesidad del cultivo influenciado por las condiciones meteorológicas y el suelo. Se regaron 19 veces en toda la campaña, una vez por semana con promedio de 7 horas. También se aprovechó un riego en el cual se disolvía el azufre en un cilindro y se

conectaba a 5 cintas un promedio de media hora controlar la chupadera (*Rhizoctonia solani*). Luego se apertura todas las llaves para unas dos horas más de riego uniforme.

- **Control de malezas**

Se controló al inicio de la siembra, se le aplicó Gramoxone un herbicida post emergente no selectivo, luego se desmalezó manualmente una vez cada tres semanas después de un riego para facilitar su desprendimiento del suelo y así evitando que rebroten.

- **Fertilización**

El abonamiento se realizó manualmente el día 20 de julio del 2016 previamente pesando los fertilizantes de acuerdo a cada tratamiento, se usaron como fuente los fertilizantes (**Anexo 10**): Sulfato de Amonio (N 21%, S 24%), Fosfato diamónico (N 18%, P₂O₅ 46%), y Sulfato de Potasio (K₂O 50%, S 18%) y el requerimiento para cada nivel de abonamiento por parcela fue:

N1: 469g de Fosfato diamónico + 324g de Sulfato de Potasio

N2: 469g de Fosfato diamónico + 324g de Sulfato de Potasio + 369g de Sulfato de Amonio

N3: 469g de Fosfato diamónico + 324g de Sulfato de Potasio + 867.3g de Sulfato de Amonio.

- **Control fitosanitario**

El control se realizó en función de la presencia de las plagas y enfermedades que se presenten durante el desarrollo del cultivo, se tuvo problemas con mosca blanca (*Bemisia tabaci*), trips (*Thrips tabaci*), lorito (*Empoasca Kraemeri*), la mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) y el picudo de las vainas (*Epinotia aporema*).

Se realizaron 6 aplicaciones el primer mes se usaron 1 mochila 20L, el segundo mes 2 mochilas de 20L, el tercer mes 5 mochilas de 20L y el cuarto mes 5 mochilas de 20L.

Se usaron insecticidas como Rezio (ciromazina), Confidor (imidacloprid), Rescate (acetamiprid), también se le aplicó Wuxal doble para ayudar al estrés de la planta.

No se presentaron muchas enfermedades debido a su control preventivo con fungicidas, algunas enfermedades encontradas fueron la antracnosis (*Colletotrychum lindemuthianum*), y mancha angular (*Paecosiariopsis griseola*).

- **Cosecha y trilla**

Cuando se llegó a madurez de cosecha, se extrajeron todas las plantas de parcela en parcela contándolos previamente llenándolos a costales de rafia y rotulándolos correctamente, luego en almacén se comenzó a separar las vainas de las plantas para pesarlas y después de esto se procedió a la trilla con un mazo y también pisándolos, en la tarde se hizo el venteo con la ayuda de mantas y tazones se llenaron a bolsas kraf, se pesaron y etiquetaron cada tratamiento con su código correspondiente.

3.4. CRONOGRAMA DEL EXPERIMENTO

La fase de campo tuvo una duración de cinco meses y medio, se inició el último día del mes de Junio y se terminó en Diciembre del año 2016, bajo condiciones de invierno – primavera, en condiciones de costa, realizada en la unidad experimental del INIA en el distrito de La Molina.

3.5. VARIABLES EVALUADAS EN EL EXPERIMENTO

3.5.1. Variables morfo fisiológicas

- **Altura de planta**

Se evaluó al momento de la madurez fisiológica eligiendo tres plantas al azar de los surcos laterales, y se midió desde el ras de la superficie del suelo hasta el ápice del tallo principal.

- **Número de nudos / tallo**

Se contó el número de nudos del tallo principal de doce plantas al azar del surco central, al momento de la madurez de cosecha.

- **Número de ramas / planta**

Se contó el número de ramas de doce plantas al azar del surco central, al momento de la madurez de cosecha.

- **Biomasa total**

Se tomó doce plantas al azar del surco central, al momento de la madurez de cosecha, se pesaron sin la raíz.

- Peso fresco del follaje

Se tomó el peso fresco total de la parte aérea de tres plantas seleccionadas al azar de los surcos laterales del experimento.

- Peso seco del follaje

Se tomó el peso seco total de la parte aérea, las muestras de la evaluación anterior se llevan a estufa por dos o tres días a una temperatura de 80°C.

- Peso fresco de raíz

Se tomó el peso fresco total de las raíces de las tres plantas seleccionadas para extraer el peso fresco aéreo, de los surcos laterales del experimento.

- Peso seco de raíz

Se tomó el peso seco total de la raíz, las muestras de la evaluación anterior se llevan a estufa por dos o tres días a una temperatura de 80°C.

- Peso fresco de vainas

Se tomó el peso fresco total de vainas de las tres plantas seleccionadas para extraer el peso fresco aéreo, de los surcos laterales del experimento.

- Peso seco de vainas

Se tomó el peso seco total de vainas, las muestras de la evaluación anterior se llevan a estufa por dos o tres días a una temperatura de 80°C.

- Profundidad efectiva de raíces

Se midió la profundidad efectiva de las raíces de las tres plantas seleccionadas para extraer el peso fresco aéreo, de los surcos laterales del experimento.

3.5.2. Variables de rendimiento

- Número de vainas / planta

Se contó el número total de vainas por planta de 12 plantas extraídas al azar del surco central, al momento de la madurez de cosecha.

- Número de lóculos / vaina

Se contó el número total de lóculos por vainas de 12 plantas extraídas al azar del surco central, al momento de la madurez de cosecha.

- Longitud de vaina

Se midió la longitud de 24 vainas elegidas al azar de las 12 plantas extraídas del surco central.

- Granos / vaina

Se contó el número de granos por vaina de la evaluación anterior.

- Peso de 100 granos

Se contó y pesó 100 granos de la evaluación anterior.

- Días a floración

Esta característica se evaluó basándose en los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas mostraron su primera flor, la evaluación se realizó de forma visual en el surco central del experimento.

- Días a madurez fisiológica

Esta característica se evaluó basándose en los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas mostraron una coloración cremosa en las vainas, la evaluación se realizó de forma visual en el surco central del experimento.

- Días a madures de cosecha

Esta característica se evaluó basándose en los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas mostraron una coloración marrón clara en las vainas la evaluación se realizó de forma visual en el surco central del experimento.

- Índice de cosecha

Es un indicador de que la variedad muestra un buen rendimiento, eso quiere decir, si la semilla es el interés, las plantas que lleguen a acumular mayor cantidad de materia seca en la semilla, en relación a la biomasa de la planta, serán más eficientes.

Se determinó con los datos del peso total de las plantas, y el peso seco de grano de 12 plantas del surco central.

$$\% IC = \frac{\text{Peso seco del grano}}{\text{Peso seco total}} \times 100$$

- Rendimiento de grano seco (kg/ha)

Se obtuvo el peso total de todos los granos secos de las vainas cosechadas del surco central, se halló el promedio de las tres repeticiones y luego se expresó en kg/ha.

3.5.3. Fenología

- Germinación (V0)

Esta característica se evaluó cuando el 50% de las plantas evaluadas muestran alguna parte visible en la superficie del suelo, la evaluación se realizó de forma visual en el surco central del experimento.

- Emergencia (V1)

Esta característica se evaluó cuando el 50% de las plantas evaluadas muestran los cotiledones al nivel del suelo, la evaluación se realizó de forma visual en el surco central del experimento.

- Hojas primarias (V2)

Esta característica se evaluó cuando el 50% de las plantas evaluadas muestran las hojas primarias completamente desplegadas, la evaluación se realizó de forma visual en el surco central del experimento.

- Primera hoja trifoliada (V3)

Esta característica se evaluó cuando el 50% de las plantas evaluadas muestran la primera hoja trifoliada desplegada, la evaluación se realizó de forma visual en el surco central del experimento.

- Tercera hoja trifoliada (V4)

Esta característica se evaluó cuando el 50% de las plantas evaluadas muestran su tercera hoja trifoliada desplegada, la evaluación se realizó de forma visual en el surco central del experimento.

- Prefloración (R5)

Esta característica se evaluó cuando el 50% de las plantas evaluadas muestran los primeros botones florales o los primeros racimos dependiendo de la variedad, la evaluación se realizó de forma visual en el surco central del experimento.

- Floración (R6)

Esta característica se evaluó cuando el 50% de las plantas evaluadas muestran la primera flor abierta, la evaluación se realizó de forma visual en el surco central del experimento.

- Formación de vainas (R7)

Esta característica se evaluó cuando el 50% de las plantas evaluadas muestran la primera vaina, la evaluación se realizó de forma visual en el surco central del experimento.

- Llenado de vainas (R8)

Esta característica se evaluó cuando el 50% de las plantas mostraron que su primera vaina cesa de alargarse y empieza a llenar las semillas, la evaluación se realizó de forma visual en el surco central del experimento.

- Madurez (R9)

Esta característica se evaluó cuando el 50% de las plantas evaluadas muestran un cambio de una de su vaina del color verde por amarillo, la evaluación se realizó de forma visual en el surco central del experimento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VARIABLES MORFOLÓGICAS

4.1.1. Altura de planta (cm)

Los resultados promedio de la altura de planta de los tratamientos en estudio se presentan en la **tabla 5**, se aprecia que el tratamiento CIFAC 90105 con 100kg de N registró el mayor porte de planta 133.8 cm y el tratamiento Canario 2000 con 60kg N presentó el menor valor con 55.4 cm y el promedio general fue de 82.4cm (**Figura 4**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 6**), se observa que solo se encontró alta significación estadística para la fuente de variedades superando estadísticamente a bloques, nitrógeno, ni para la fuente de interacción, donde no se encontró significación estadística. El coeficiente de variación fue de 22.22 %, lo que indica que hubo un buen control del error experimental y es aceptable según lo señala Calzada, (1982).

Al realizar la prueba de Medias (**tabla 7**), se encontró que la variedad “CIFAC 90105” con 124.04cm, superó estadísticamente a la variedad “Blanco Larán Mejorado” y la variedad “Canario 2000”. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 8**), para la altura de planta no se apreció significación estadística de los tratamientos evaluados.

El mayor porte de altura de planta registrado en este estudio se debe a que la variedad CIFAC 90105 es de hábito indeterminado y tiene un tipo de crecimiento III, es decir tienen ramas bastante desarrolladas que comienzan a expandirse mediante las guías y superan en porte a las variedades Canaio 2000 y Blanco Larán Mejorado. Por otro lado al aplicar el riego por goteo en el campo la humedad favoreció que esté disponible permanentemente porque la variedad CIFAC 90105 desarrollo un mayor follaje y evitó la evapotranspiración favoreciendo su desarrollo rastrero y por lo tanto su altura. Además, la alta densidad de siembra (0.4m entre golpes), para esta variedad estimuló competencia entre plantas.

Estos resultados superan las investigaciones que ha realizado el INIA EE Chincha, (2012). Además; Cantaro, (2015), para la variedad CIFAC encontró que llegó a de 47.5cm en altura de planta con 100kg de N. También superó a la investigación de Cerón, (2016), para la variedad Canario PLVI/1-3 que registró una máxima altura de 50.8cm, y Gutiérrez, (2008), tuvo un menor valor para la variedad Canario 2000, registró 22.7 cm para altura de planta sin aplicación de fertilizantes

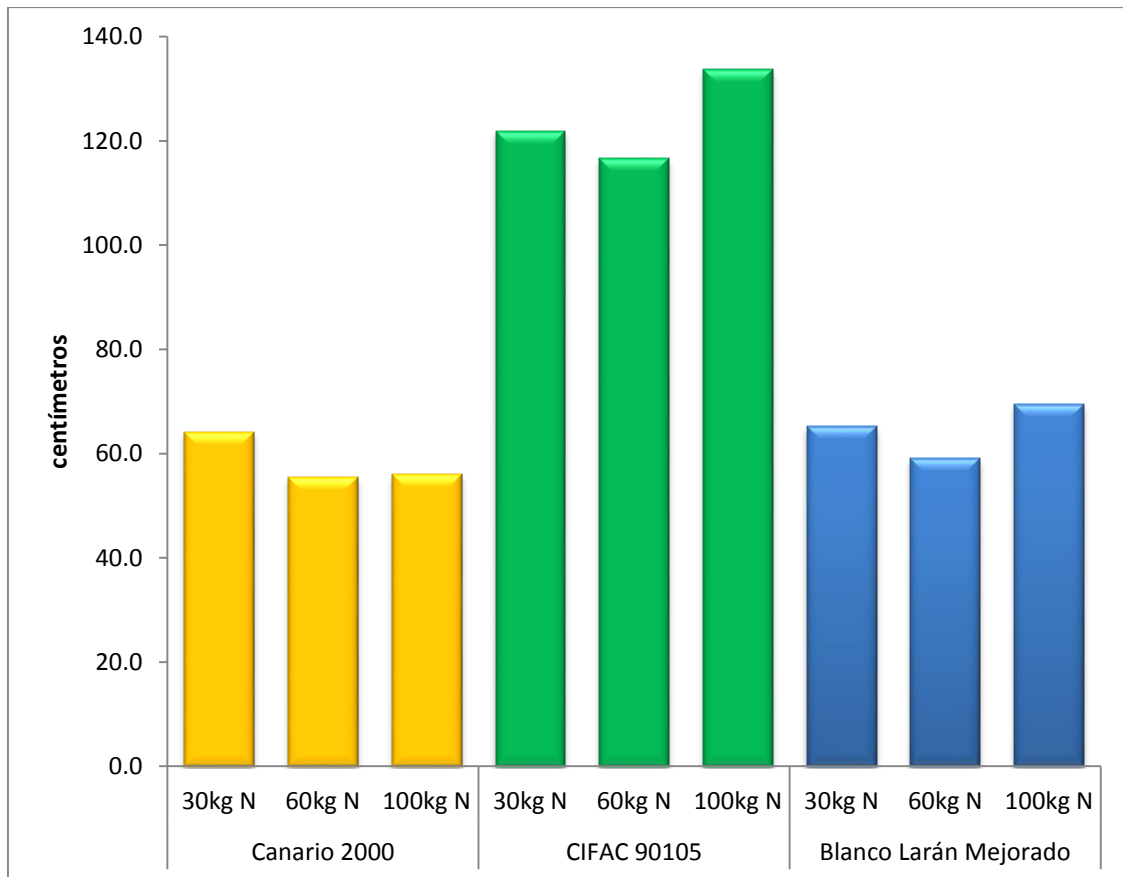


Figura 4. Altura de planta expresada en centímetros registrados en los tratamientos en estudio

Tabla 5. Resultados promedios de las variables morfológicas en estudio

Tratamiento	Variedades	Fuente de Nitrógeno	Altura de planta (cm)	N° nudos en tallo principal	N° de ramas/planta	Peso Biomasa total/planta (g)	Peso fresco del follaje (g)	Peso seco del follaje (g)
1	Canario 2000	30kg N	64,043	6,900	4,900	72,867	166,702	33,349
2		60kg N	55,433	6,767	4,900	60,200	128,872	25,901
3		100kg N	55,967	7,667	6,467	87,267	145,554	29,252
4	CIFAC 90105	30kg N	121,773	11,800	5,667	128,567	176,352	34,485
5		60kg N	116,577	13,667	5,200	93,967	162,790	33,039
6		100kg N	133,800	12,400	4,333	111,467	216,968	45,480
7	Larán Mejorado	30kg N	65,220	10,000	4,133	70,167	156,321	30,932
8		60kg N	59,100	10,633	3,567	68,067	148,411	28,967
9		100kg N	69,467	10,233	4,433	86,767	179,489	34,881
		Promedio	82,376	10,007	4,844	86,593	164,607	32,921

Continuación...

Tratamiento	Variedades	Fuente de Nitrógeno	Peso fresco raíz (g)	Peso seco raíz (g)	peso fresco de vaina (g)	peso seco de vaina (g)	Profundidad efectiva de raíces (cm)
1	Canario 2000	30kg N	6,894	2,547	95,743	19,739	22,033
2		60kg N	6,073	2,228	89,511	18,631	20,233
3		100kg N	5,427	1,912	105,454	23,962	19,800
4	CIFAC 90105	30kg N	4,765	1,508	157,967	40,223	17,967
5		60kg N	4,507	1,420	136,417	29,644	16,933
6		100kg N	4,190	1,470	220,270	52,791	17,267
7	Larán Mejorado	30kg N	7,521	2,690	105,689	13,646	22,200
8		60kg N	7,400	2,686	106,667	16,100	20,000
9		100kg N	6,033	2,086	160,556	30,459	18,700
		Promedio	5,868	2,061	130,919	27,244	19,459

Tabla 6. Cuadrados medios de las características evaluadas en el ensayo de tres variedades de frijol y su respuesta al abonamiento nitrogenado

Fuente de variación	G.L	Altura de planta (cm)	Nº de Nudos/tallo	Nº ramas/planta	Peso biomasa total/planta (g)	Peso fresco follaje (g)	Peso seco follaje (g)
Bloques	2	269,72	7,38 *	2,47	898,73	716,28	7,25
Variedades	2	11806,94 **	68,87 **	4,60 *	4137,14 **	16005,18 **	414,80 **
Nitrógeno	2	209,21	1,46	0,63	1105,49	8951,86 **	345,99 **
V*N	4	88,15	1,14	1,89	328,73	1525,79	63,77 **
Promedio		82,37	10,01	4,84	86,59	20011,00	38,36
C.V. (%)		22,22	14,22	23,27	28,80	11,7	6,32

Continuación...

Fuente de variación	G.L	Peso fresco raíz (g)	peso seco raíz (g)	Peso fresco vaina (g)	Peso seco vaina (g)	Profundidad efectiva raíces (cm)
Bloques	2	0,578	0,1411	2316,731	119,707	13,567
Variedades	2	22,58 **	3,391 **	17999,83 **	1515,84 **	29,27 *
Nitrógeno	2	5,04 **	0,521 **	23339,85 **	1863,34**	11,447
V*N	4	0,551	0,1222	2316,731 *	164,28 *	1,4925
Promedio		6,385	2,222	155,588	32,288	19,4592
C.V. (%)		7,494	10,37	15,58	21,53	13,84

Significación estadística: * (0.01<p<0.05), ** (p<0.01).

V*N = Interacción entre Variedades y Nitrógeno.

Tabla 7. Prueba de comparación de medias según Duncan en el ensayo de variedades de frijol

Factor Variedad	Altura de planta	Nº de Nudos/tallo	Nº ramas/plta	Biomasa/planta(g)	Peso fresco follaje (g)	Peso seco follaje (g)	Peso fresco raíz (g)	Peso seco raíz (g)	Peso fresco vaina (g)	Peso seco Vaina (g)	Profundidad efectiva de raíces (cm)
Canario 2000	58,478b	7,111c	5,422a	73,44b	164,56c	32,70c	6,22b	2,28b	118,80b	25,63b	20,68a
CIFAC 90105	124,044a	12,622a	5,067ab	111,33a	246,64a	45,89a	4,88c	1,57c	205,37a	47,24a	17,38b
Larán Mejorado	64,589b	10,289b	4,044b	75,00b	188,83b	36,50b	8,04a	2,80a	142,6b	23,98b	20,30a

Tabla 8. Prueba de comparación de medias según Duncan en el ensayo de niveles de nitrógeno de frijol

Factor nivel de fertilización kg/ha NPK	Altura de planta	Nº de Nudos/tallo	Nº ramas/plta	Biomasa/planta(g)	Peso fresco follaje (g)	Peso seco follaje (g)	Peso fresco raíz (g)	Peso seco raíz (g)	Peso fresco vaina (g)	Peso seco Vaina (g)	Profundidad efectiva de raíces (cm)
30 - 80 - 60	83,667a	9,567a	4,90a	90,53a	213,53a	37,83b	6,86a	2,36a	136,50b	25,10b	20,73a
60 - 80 - 60	77,033a	10,356a	4,56a	74,08a	163,97b	32,44c	6,78a	2,35a	116,97b	22,99b	19,06a
100 - 80 - 60	86,411a	10,10a	5,07a	95,17a	222,53a	44,81a	5,52b	1,94b	213,30a	48,85a	18,58a

4.1.2. Número de nudos / tallo

Los resultados promedio de número de nudos por planta de los tratamientos en estudio se presentan en la **tabla 5**, se apreció que el tratamiento CIFAC 90105 con 100kg N registró el mayor número de nudos 13.7, y el tratamiento Canario con 60 kg N tuvo 6.77 de nudos por planta, y el promedio fue de 10.0 nudos por planta. (**Figura 5**).

En el análisis de varianza (**tabla 6**), se observó que solo se encontró alta significación estadística para la fuente de variedades y para bloques se encontró diferencias significativas, realizar el bloqueo en el campo fue efectivo y ayudó a disminuir el error experimental, no se halló diferencias significativas para fuente de nitrógeno, ni para la interacción. El coeficiente de variación fue de 14.22 %, lo que indica que hubo un buen control del error experimental y es aceptable según Calzada, (1982).

Al realizar la prueba de Medias (**tabla 7**), se observó que la variedad “CIFAC 90105” fue la variedad que más nudos presentó 12.6 por planta, y superando estadísticamente a la variedad “Blanco Larán Mejorado” que registró 10.3 nudos por planta y la variedad “Canario 2000” con 7.1 nudos por planta. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 8**), en el número de nudos por planta no se apreció diferencia en la significación estadística de los tratamientos evaluados.

El mayor número de nudos por planta registrado en este estudio se debe a que la variedad CIFAC 90105 es de hábito indeterminado y tiene un crecimiento de tipo III, es decir tienen ramas bastante desarrolladas y por consiguiente más nudos por planta que comienzan a expandirse mediante las guías y superan en porte a las variedades Canario 2000 y Blanco Larán Mejorado, no fueron afectados por la dosis de nitrógeno, más bien fue influenciado por el medio ambiente y factores agronómicos. Los valores superan a lo obtenido por Cerón para la variedad canario PLVI/1-3 que registró entre 6.3 a 10.8 nudos por planta con promedio de 8.69. Gutiérrez, (2008) para la variedad Canario 2000 usado este como testigo, registró 8.8 nudos por planta, superando a los valores hallados en el experimento. Espinoza, (2009), para la variedad Canario centenario de crecimiento determinado y hábito tipo I, halló un promedio de 9.2 nudos por planta con una densidad de siembra de (0.25m), y para una densidad de (0.20m), un promedio de 9.0 nudos por planta.

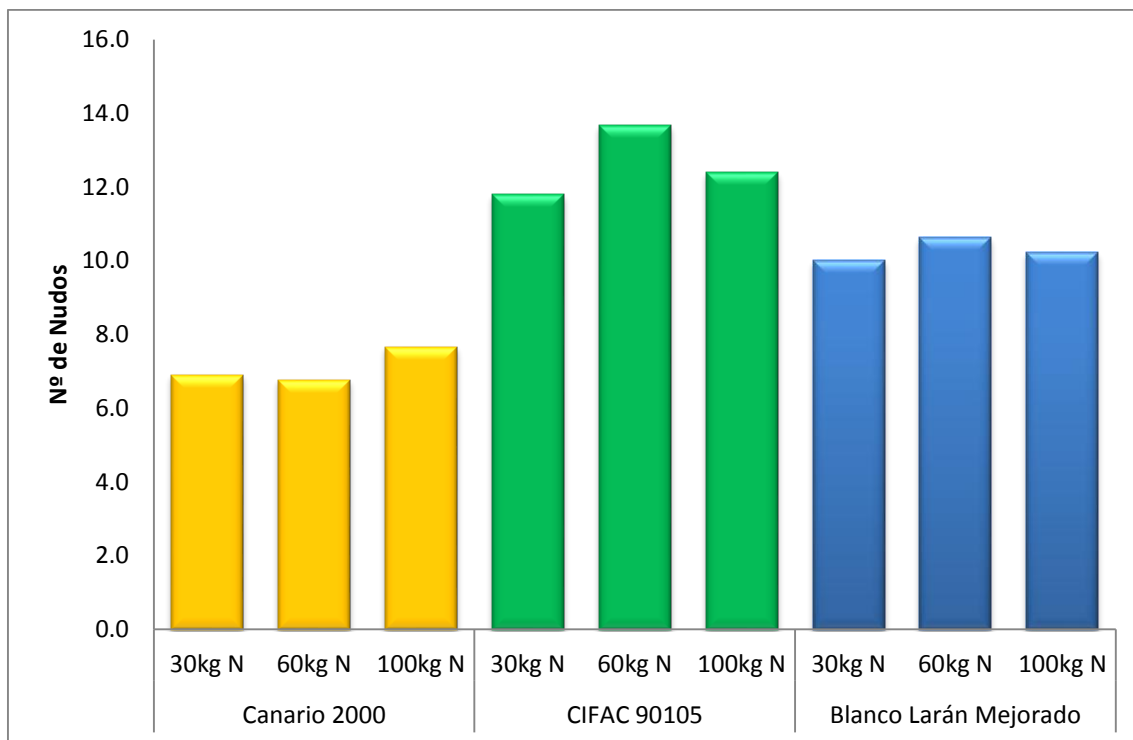


Figura 5. Números de nudos por planta registrados en los tratamientos en estudio

4.1.3. Número de ramas / planta

Los resultados promedio del número de ramas por planta se aprecia en el **tabla 5**, que el tratamiento Canario 2000 con 100kg de N, registró el mayor número de ramas 6.5, y el tratamiento Blanco Larán Mejorado con 60 kg de N tuvo un menor número de ramas 3.6 y el promedio de ramas por panta fue de 4.8 (**Figura 6**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 6**), se encontró alta significación estadística para la fuente de variedades, no se encontró diferencias significativas para bloques, nitrógeno, ni para la interacción, el coeficiente de variación fue de 23.27 %, lo cual da una confiabilidad en los resultados obtenidos según Calzada, (1982).

En la prueba de Medias (**tabla 7**), se encontró que la variedad Canario 2000 presento el mayor número de ramas por presentó un promedio de 5.4 ramas por planta, y superó estadísticamente a la variedad CIFAC 90105 y ésta a la variedad “Blanco Larán Mejorado”. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 8**), se muestra que en el número de ramas por planta no se apreció significación estadística de los tratamientos evaluados.

El valor registrado no superó al valor máximo obtenido por Cerón, (2016), en la variedad canario PLVI/1-3 que registró 7.0 ramas por planta, y superando a los valores de Villanueva, (2009), que obtuvo un máximo de 4.2 ramas por planta para la variedad Canario Molinero PLVI/1-3 de crecimiento tipo III. Gutiérrez, (2008), obtuvo valores similares para la variedad Canario 2000 un promedio de 6.5.

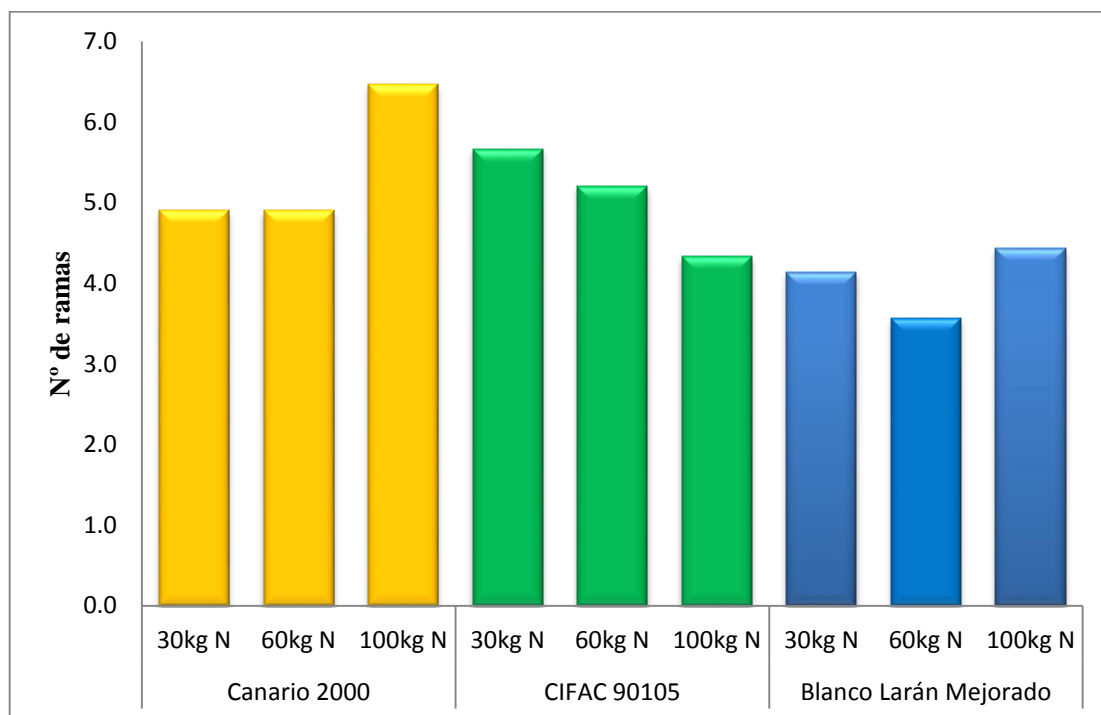


Figura 6. Número de ramas por planta registrados en los tratamientos en estudio

4.1.4. Biomasa total

Los resultados promedio de la biomasa total por planta se aprecia en la **tabla 5**, que el tratamiento CIFAC 90105 con 30kg de N, registró el mayor peso 128.57g, y el tratamiento Canario 2000 con 60kg de N tuvo un menor peso 60.2g, y el promedio de la biomasa por planta fue de 86.6g (**Figura 7**).

En el análisis de varianza (**tabla 6**), solo se encontró alta significación estadística para la fuente de variedades, no se halló diferencias significativas para bloques, nitrógeno, ni para la interacción, el coeficiente de variación fue de 28.8%, lo cual es aceptable según Calzada, (1982).

Al realizar la prueba de Medias (**tabla 7**), que la variedad “CIFAC 90105” fue la variedad que registró más peso de biomasa por planta 111,3g, y superó estadísticamente a la variedad “Blanco Larán Mejorado” que registró un peso promedio de 75.0g y a la

variedad “Canario 2000” que registró 73.4g por planta. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 8**), en el peso de biomasa por planta no se apreció significación estadística de los tratamientos evaluados.

La variedad CIFAC 90105, siendo una variedad de hábito indeterminado y tipo III, ha teniendo un mayor desarrollo vegetativo y por lo tanto llegó a tener un mayor peso de biomasa con 30kg de N. En fríjol, la producción de biomasa es lenta entre los 15 y 71 días después de la siembra, luego; se reduce la materia seca total, ya que el aumento del peso de vainas no compensa la pérdida de biomasa por la caída de hojas en su proceso de defoliación natural (Muñoz, 1990).

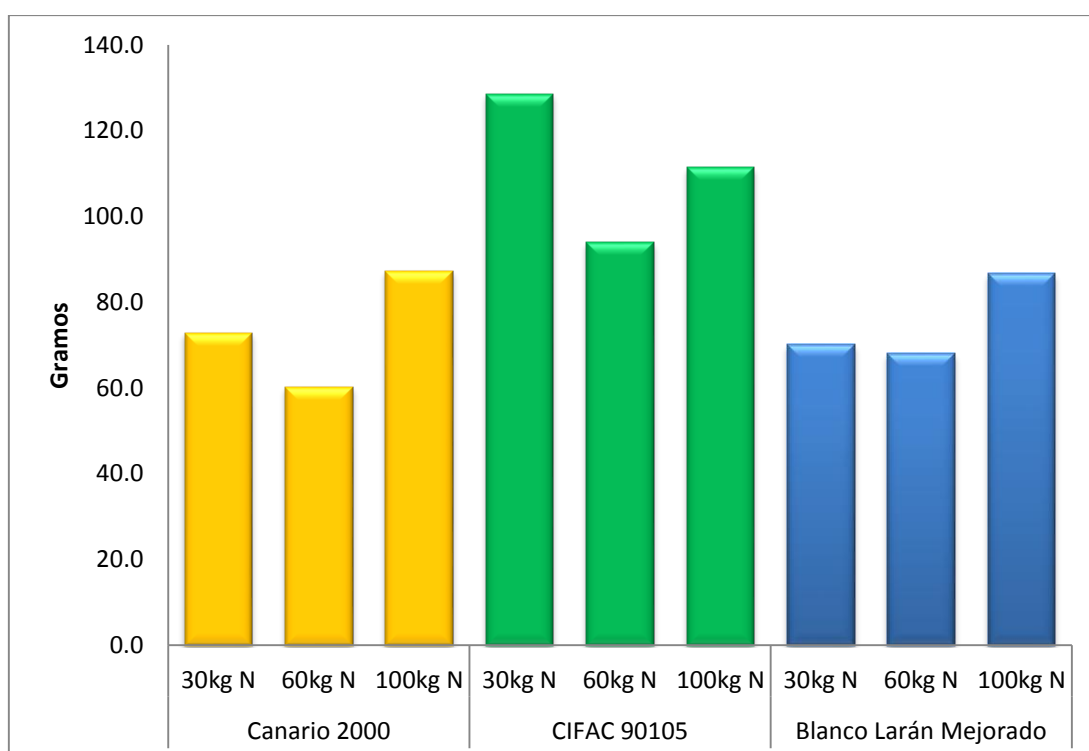


Figura 7. Peso de biomasa total por planta registrados en los tratamientos en estudio

4.1.5. Peso fresco follaje (g)

Los resultados promedio del peso fresco aéreo por planta se aprecia en la **tabla 5**, que el tratamiento CIFAC 90105 con 100kg de N, registró el mayor peso 217.0g, y el tratamiento Canario 2000 tuvo un menor peso 128.9g, y el peso fresco del follaje promedio por planta fue de 164.6g (**Figura 8**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 6**), se encontró alta significación estadística, para la fuente de variedades como para fuente de nitrógeno, no se halló diferencias significativas para fuente de bloques, ni para la interacción, el coeficiente de variación fue de 11.7%, lo cual da una confiabilidad en los resultados obtenidos en los experimentos según Calzada, (1982),

Al realizar la prueba de Medias (**tabla 7**), se encontró que la variedad “CIFAC 90105” fue la variedad que mayor peso fresco aéreo tuvo 246.64g por planta, y superó estadísticamente a la variedad “Blanco Larán Mejorado” que registró un peso promedio de 188.83g por planta y ésta a la variedad “Canario 2000” el cual registró un peso promedio de 164.56g por planta. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno se observa en el **tabla 8**, que en el peso fresco del follaje hay significación estadística para los factores N1 (30 kg/ha de N) y N3 (100 kg/ha de N), superando estadísticamente al factor N2 (60 kg/ha de N) de los tratamientos evaluados.

La variedad CIFAC 90105, tuvo buenos resultados superando al resto de las variedades, esto básicamente se debe que la fertilización nitrogenada estimuló el crecimiento vegetativo de la parte aérea, y con la interacción del fosforo, potasio y otros elementos esenciales aún más (Foth, 1987). Los valores obtenidos superan a Cantaro (2015), para la variedad CIFAC halló 52.2g de peso fresco aéreo, también superando a Cerón (2016), que registró 84.59g para la variedad Canario PLVV/1-3 y a Villanueva (2009), que obtuvo 182g en la variedad Molinero PLVL, tipo III.

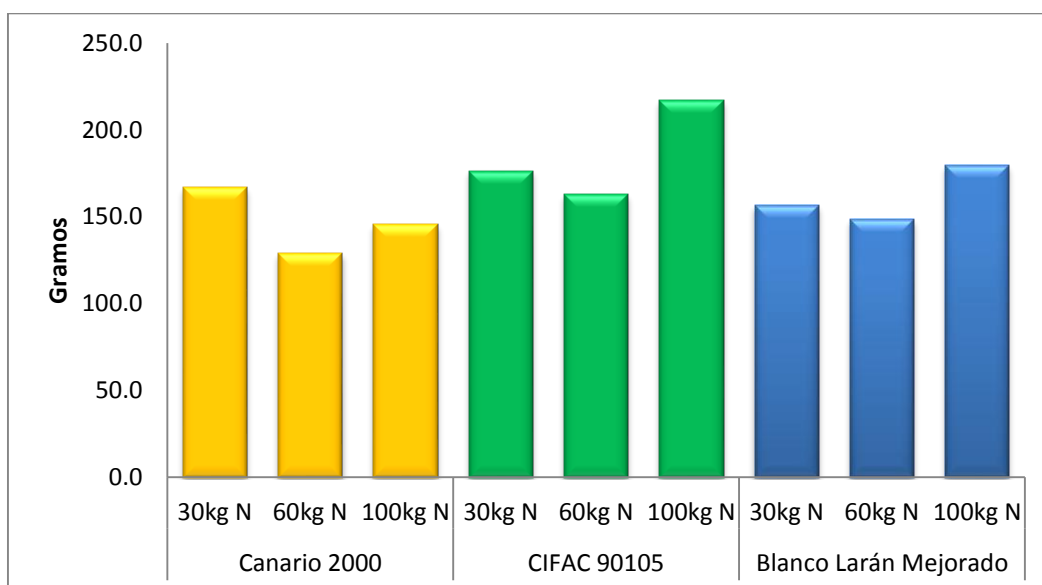


Figura 8. Peso fresco del follaje por planta registrada en los tratamientos en estudio

4.1.6. **Peso seco del follaje (g)**

Los resultados promedio del peso seco aéreo por planta se aprecia en la **tabla 5**, que el tratamiento CIFAC 90105 con 100kg de N, registró el mayor peso 45.5g, el tratamiento Canario 2000 tuvo un menor peso 25.9g y el peso fresco aéreo promedio por planta fue de 32.9g (**Figura 9**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 6**), se encontró alta significación estadística, para la fuente de variedades, nitrógeno y la **interacción**, no se halló diferencias significativas para fuente de bloques, el coeficiente de variación fue de 6.32%, lo que es aceptable según Calzada (1982).

Al haber interacción entre ambos factores en estudio se procedió a realizar el análisis de efectos simples (**tabla 9**). Respecto a las variedades no se observa significación estadística, para la fuente de niveles de nitrógeno tampoco se observa significación estadística.

Al realizar la prueba de Medias (**tabla 7**), se encontró que la variedad “CIFAC 90105” fue la variedad que más peso seco aéreo tuvo 45.88g por planta, y superó a la variedad “Blanco Larán Mejorado” que registró un peso promedio de 36.5g por planta y éste a la variedad “Canario 2000” que registró un peso promedio de 32.7g por planta. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 8**), en peso seco aéreo se apreció significación estadística para el factor N3, superando al factor N1 y éste al N2 de los tratamientos evaluados.

La variedad CIFAC 90105 al tener un mayor peso fresco aéreo, se esperó que tenga un mayor peso seco aéreo, los valores obtenidos superan a los que halló Cantaro (2015), para la variedad CIFAC con 11.72g de peso seco aéreo, también superó a Cerón (2016), que registró 34.73g para la variedad Canario PLVV/1-3 y coincidiendo con los valores hallados por Villanueva (2009), que obtuvo 45.53g.

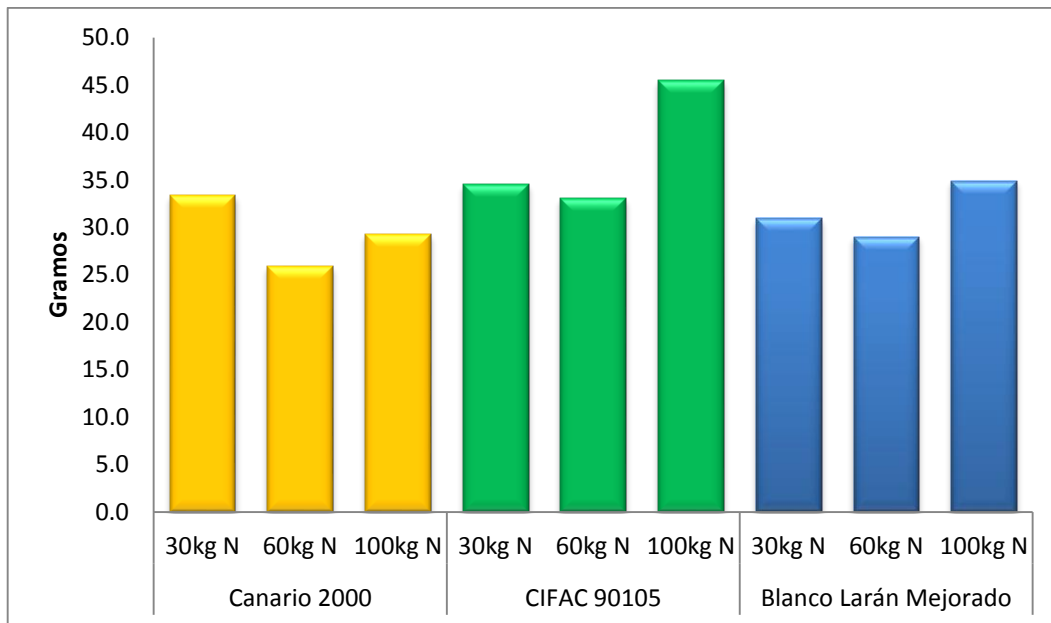


Figura 9. Peso seco aéreo total (g) por planta, registrada en los tratamientos en estudio

Tabla 9. Efectos simples - DBCA 3x3 con bloques

Variedades	G.L.	Peso seco del follaje (g)	Peso fresco Vaina (g)	Peso seco Vaina (g)
Canario 2000	2	26,49*	1465,32	154,23
CIFAC 90105	2	345,61**	16514,00**	1327,25**
Larán Mejorado	2	101,43**	9993,53**	710,47**

Factor nivel de fertilización kg/ha NPK	G.L.	Peso seco del follaje (g)	Peso fresco Vaina (g)	Peso seco Vaina (g)
30 - 80 - 60	2	58,51**	5322,27**	464,58**
60 - 80 - 60	2	48,35**	1749,32	218,57**
100 - 80 - 60	2	435,51**	15562,00**	24,03**

4.1.7. Peso fresco de raíz (g)

Los resultados promedio del peso fresco de raíz se aprecia en la **tabla 5**, que el tratamiento Blanco Larán Mejorado con 30kg de N, registró el mayor peso fresco 7.5g , y el

tratamiento CIFAC 90105 tuvo un menor peso 4.2g y un promedio de 5.9g para el peso fresco de raíz (**Figura 10**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 6**), se encontró alta significación estadística, para la fuente de variedades y para fuente de nitrógeno, no se halló diferencias significativas para fuente de bloques, ni para la interacción, el coeficiente de variación fue de 7.49 %, lo cual da una confiabilidad en los resultados del experimento según Calzada (1982).

Al realizar la prueba de Medias (**tabla 7**), se encontró que la variedad “Blanco Larán Mejorado” fue la variedad que más peso fresco de raíz tuvo 8.04g, superó a la variedad “Canario 2000” que registró un peso fresco de raíz de 6.22g y ésta la variedad “CIFAC 90105” que registró un peso fresco de 4.88g por planta. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 8**) en peso fresco aéreo se apreció significación estadística para el factor 60kg de N superando a los otros dos factores de los tratamientos evaluados.

La variedad Blanco Larán Mejorado con una dosis de 30kg de N, es una variedad de hábito indeterminado y tipo II, en el gráfico se muestra que existe una proporción inversa con el peso de las raíces y la dosis de fertilización nitrogenada, que a menor dosis de fertilización nitrogenada existe un mayor peso de raíces, esto debido a que una baja fertilización la planta empieza a producir más raíces para buscar nutrientes, también al extraer las plantas y analizar las raíces se encontró una formación de nódulos funcionales en las raíces para la variedad CIFAC con 30 kg de nitrógeno, para la dosis de 60 kg se encontraron nódulos pequeños atrofiados, El nitrógeno disminuye los nódulos (IICA 1979). Además; no hubo tanto estrés hídrico lo cual favoreció al desarrollo de raíces, la dosis de nitrógeno ayuda a la proliferación de raíces (Gregory, 1994; Robinson et al., 1994). A mayor cantidad de pelos radicular, más eficiente la absorción del agua y sales minerales del suelo (FAO, 1986). Los valores obtenidos superan a la variedad CIFAC que Cantaro (2015), obtuvo un resultado de 2.59g con 100kg de N y a los valores que halló Cerón (2016) para la variedad canario PLVI/1-3, registró 4.26g, además; superó a Villanueva (2009), que halló 3.86g para la variedad Molinero PLVI/1-3, Huaranga (2015), superó con 21.5g para la LINEA 22.

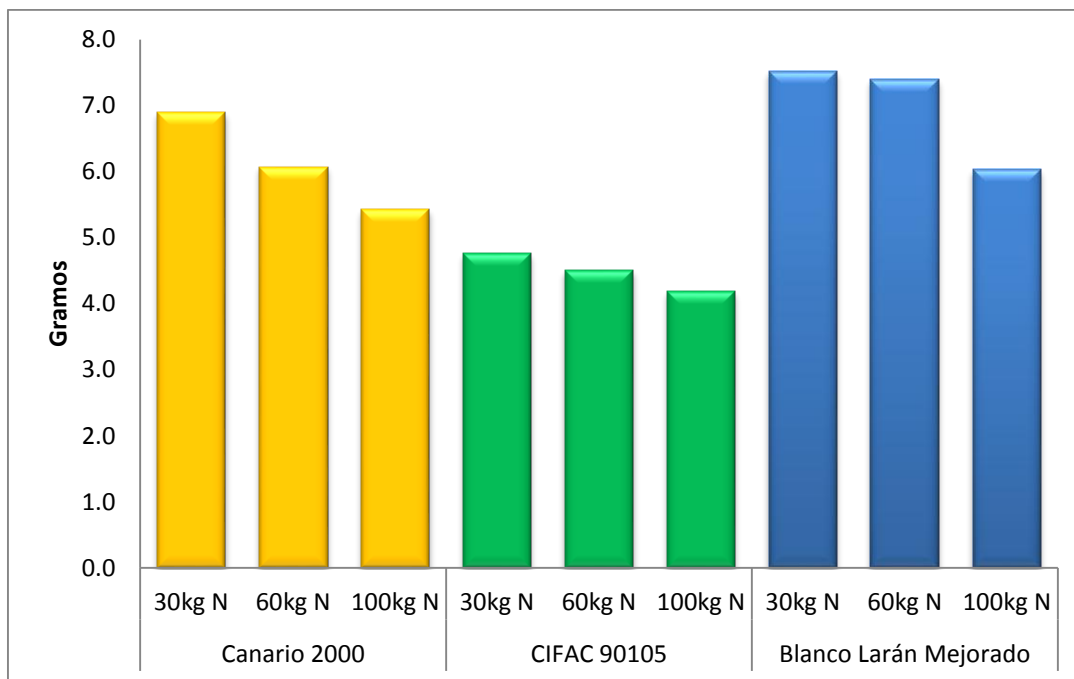


Figura 10. Peso fresco de raíz registrada en los tratamientos en estudio

4.1.8. Peso seco de raíz (g)

Los resultados promedio del peso seco de raíz se aprecia en la **tabla 5**, que el tratamiento Blanco Larán Mejorado con 30kg de N, registró el mayor peso 2.7g, y el tratamiento CIFAC 90105 con 60kg de N tuvo un menor peso seco de raíz 1.4g y el peso seco de raíz promedio fue de 2.1g (**Figura 11**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 6**), Se encontró alta significación estadística, para la fuente de variedades y para fuente de nitrógeno, no se halló diferencias significativas para fuente de bloques, ni para la interacción, el coeficiente de variación fue de 10.37 %, lo que es bueno según los experimentos agrícolas realizado por Calzada 1982).

Al realizar la prueba de Medias (**tabla 7**), se encontró que la variedad “Blanco Larán Mejorado” fue la variedad que más peso seco de raíz tuvo 2.8g, superó estadísticamente a la variedad “Canario 2000” que registró un peso seco de raíz de 2.28g y ésta a la variedad “CIFAC 90105” que registró un peso seco de 1,57g. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 8**), en peso seco de raíz se apreció significación estadística para el factor 30kg de N y 60kg de N, superando al factor 100kg de N de los tratamientos evaluados.

Se esperó que la variedad Blanco Larán Mejorado con una dosis de 30kg de N, tenga el mayor peso seco de raíces por relación directa del peso fresco. Los valores obtenidos superan a la variedad CIFAC que obtuvo Cantaro (2015), de 1.87g con 100kg de N y también a Cerón (2016), para la variedad canario PLVI/1-3 registró 1.06g, además superó a Villanueva (2009), que obtuvo un peso de 1.42g para la variedad Molinero PLVI/1-3, Huaranga (2015), superó con 4 g a los datos obtenidos.

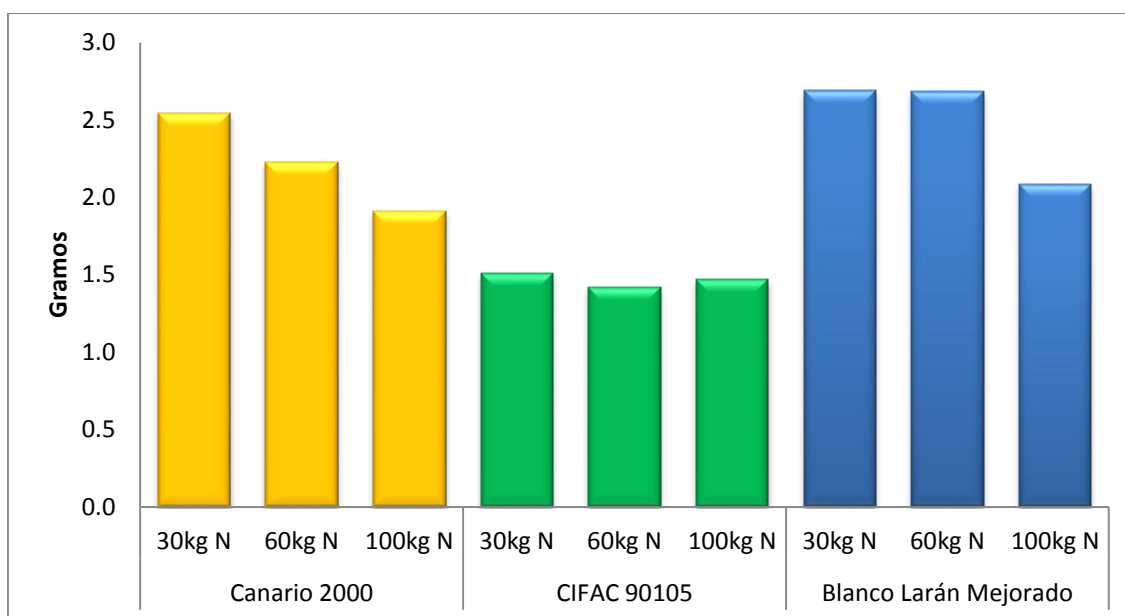


Figura 11. Peso seco de raíz registrada en los tratamientos en estudio

4.1.9. Peso fresco de vainas (g)

Los resultados promedio del peso fresco de vainas se aprecia en la **tabla 5**, que el tratamiento CIFAC 90105 con 100kg de N, registró el mayor peso 220.3g, y el tratamiento Canario 2000 con 60kg de N tuvo un menor peso 89.5g y el peso fresco de vainas promedio fue de 130.9g (**Figura 12**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 6**), se encontró alta significación estadística, para la fuente de variedades y para fuente de nitrógeno, para la fuente de **interacción** se encontró significación estadística, no se halló diferencias significativas para fuente de bloques, el coeficiente de variación fue de 15.58%, lo que indica que los resultados obtenidos son aceptables según Calzada (1982).

Al haber interacción entre ambos factores en estudio se procedió a realizar el análisis de efectos simples (**tabla 9**). Respecto a las variedades se observa alta significación

estadística para fuente de variedades CIFAC 90105 y Larán Mejorado y significación estadística para Canarias 2000, y para la fuente de niveles de nitrógeno se encontró alta significación estadística para los tres niveles de nitrógeno, siendo el 100 kg/ha el más alto en los tratamientos.

Al realizar la prueba de Medias (**tabla 7**), se encontró que la variedad “CIFAC 90105” fue la que más peso fresco de vaina tuvo 205.37g, superó a las variedades “Canario 2000” que registró un peso de 142.6g y a la variedad “Blanco Larán Mejorado” que registró un peso de 118.8g por planta. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 8**), en peso fresco de vainas se apreció significación estadística para el factor 100 kg de N, superando a los factores 30 kg de N y 60 kg de N de los tratamientos evaluados.

La variedad CIFAC 90105, es una variedad de hábito indeterminado y tipo III, teniendo un mayor desarrollo vegetativo fue afectado por la dosis más elevada (100kg/ha) de nitrógeno, lo cual ayudó a la formación del tejido aéreo, también al ser una variedad tardía su periodo vegetativo fue largo (inicio de formación de vainas a los 71 días), y pudo formar más flores, y por consiguiente mayor número de vainas.

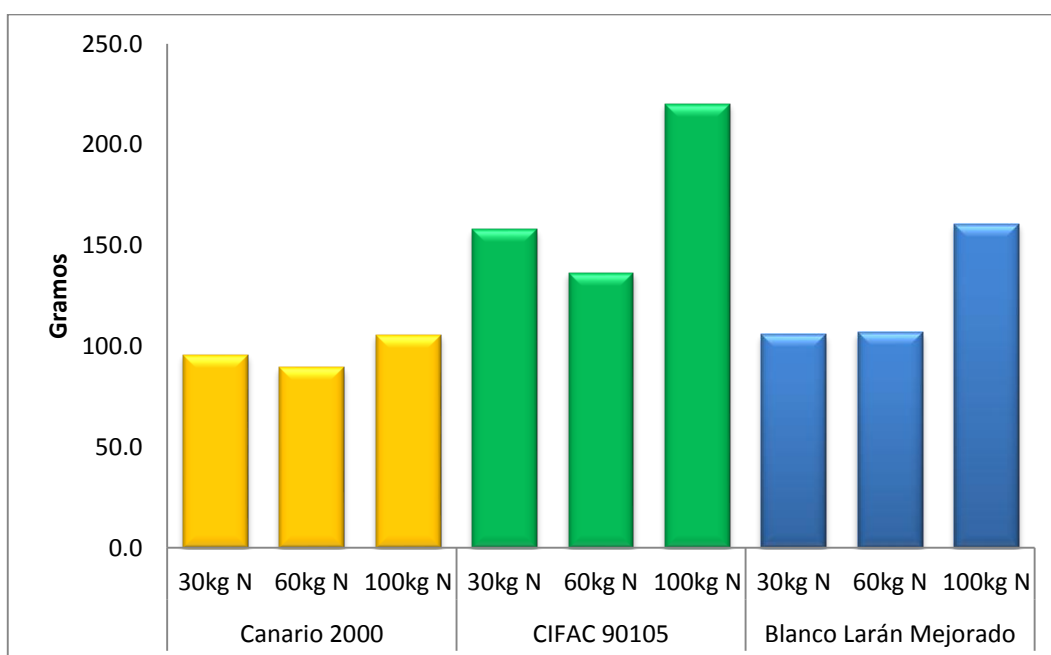


Figura 12. Peso fresco de vaina registrados en los tratamientos en estudio

4.1.10. **Peso seco de vainas (g)**

Los resultados promedio del peso seco de vainas se aprecia en la **tabla 5**, que el tratamiento CIFAC 90105 con 100kg de N, registró el mayor peso 52.8g, y el tratamiento Blanco Larán Mejorado con 30kg de N tuvo un menor peso seco de vainas 13.6g y el peso seco de vainas promedio fue de 27.2g (**Figura 13**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 6**), se encontró alta significación estadística, para la fuente de variedades y para fuente de nitrógeno, y se encontró significación estadística para la **interacción**, no se halló diferencias significativas para bloques, el coeficiente de variación fue de 21.53%, que es un buen resultado para los experimentos agrícolas según Calzada (1982).

Al haber interacción entre ambos factores en estudio se procedió a realizar el análisis de efectos simples (**tabla 9**). Respecto a las variedades no se observa significación estadística, para la fuente de niveles de nitrógeno solo se encuentra significación estadística para el nivel de nitrógeno más alto en los tratamientos (100 kg/ha).

Al realizar la prueba de Medias (**tabla 7**), se encontró que la variedad “CIFAC 90105” fue la variedad que más peso tuvo 47.22g, superó a la variedad “Canario 2000” que registró un peso de 25.63g y a la variedad “Blanco Larán Mejorado” que registró un peso de 23.98g. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 8**), en peso seco de vainas se apreció significación estadística para el factor 100kg de N, el cual superó a los factores 30kg de N y 60kg de N de los tratamientos evaluados.

Según la variable anterior se esperó que la variedad CIFAC 90105, tenga un mayor peso seco de vainas, pero la variedad Blanco Larán Mejorado tuvieron menor peso seco de vainas esto debido a que los granos y la longitud de las vainas de esta variedad fueron más grandes y largas y por lo tanto perdieron mayor humedad al momento del secado, lo que no ocurrió con la variedad Canario quien tuvo un menor peso fresco de vainas.

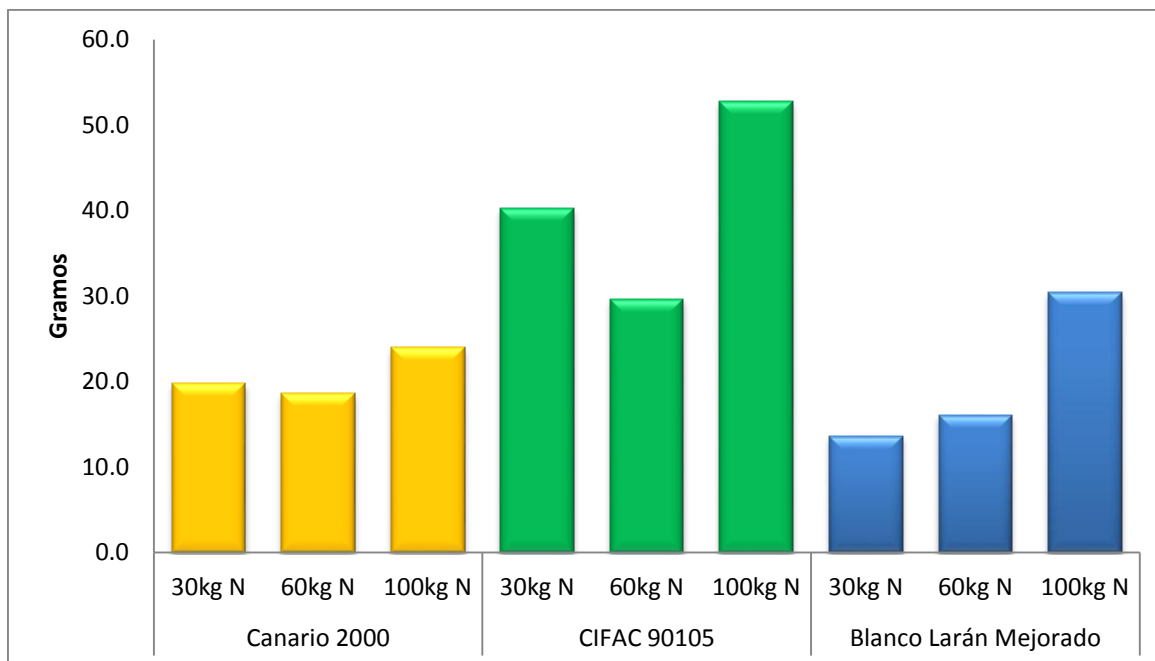


Figura 13. Peso seco de vaina registrados en los tratamientos en estudio

4.1.11. Profundidad efectiva de raíces

Los resultados promedio de la profundidad efectiva de raíces se observa en la **tabla 5**, que el tratamiento Blanco Larán Mejorado con 30kg de N, registró el mayor longitud de raíz 22.2cm, y el tratamiento CIFAC 90105 con 60kg de N tuvo un menor tamaño de longitud radicular 16.9cm y la longitud de raíces efectivas promedio fue de 19.5cm (**Figura 14**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 6**), se encontró significación estadística, para la fuente de variedades, no se halló diferencias significativas para fuente de bloques, nitrógeno y la interacción, el coeficiente de variación fue de 13.84%, lo cual es aceptable para experimentos agrícolas según Calzada.

Al realizar la prueba de Duncan (**tabla 7**), la variedad “Canario 2000” fue quien tuvo mayor longitud de raíces 20.68cm, seguida de la variedad “Blanco Larán Mejorado” que registró una longitud de 20.3cm y ésta a la variedad “CIFAC 90105” que registró una longitud de 17.38cm. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 8**), en profundidad efectiva de raíces no se apreció significación estadística para los tratamientos evaluados.

Para mayores profundidades efectivas de raíces se ha tenido mayor profundidad en las dosis bajas de nitrógeno lo cual se puede explicar que han necesitado un mayor esfuerzo

para hallar los nutrientes, lo cual ha ocasionado que se alarguen como también para tomar otros nutrientes, en el bulbo la humedad permanecía en la parte inferior, por lo cual las raíces estaban distribuidas en todo este espacio, porque; se tenía días muy soleados en y la parte superior del suelo estaban con estrés hídrico. Se puede decir que la morfología de la raíz está influenciada por la cantidad de fertilizante N aplicado (Eghball et al., 1993) y factores como la temperatura (Feil et al., 1991) e Impedancia mecánica del suelo (Bengough y Mullins, 1990). Además; una fertilización nitrogenada mejora la producción de raíces laterales y pelos radiculares, así como también aumenta profundidad de enraizamiento y densidad de longitud de raíz en el perfil (Hansson y Andren, 1987).

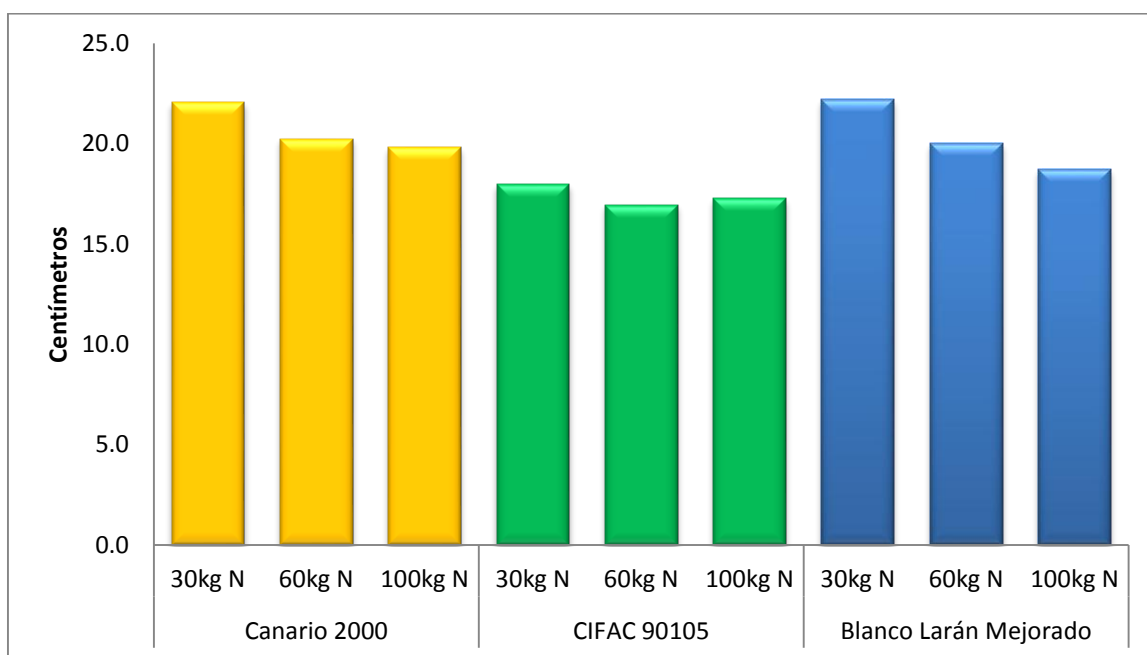


Figura 14. Profundidad efectiva de raíces registradas en las variables en estudio

4.2. RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES

4.2.1. Número de vainas / planta

Los resultados promedio de número de vainas por planta de los tratamientos en estudio se presentan en la **tabla 10**. Se aprecia que el tratamiento CIFAC con 30kg N registró el mayor número de vainas 27.6, y el tratamiento Blanco Larán Mejorado con 30 kg N tuvo 16.1 vainas por planta, y el promedio fue de 21.2 vainas por planta. (**Figura 15**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 11**), se observa que solo se encontró alta significación estadística para la fuente de variedades, el coeficiente de variación fue de 22.3 %, no se halló diferencias significativas para bloques, nitrógeno, ni para la interacción, hubo un buen control del error experimental y es aceptable según lo señala Calzada (1982).

Al realizar la prueba de Medias (**tabla 12**), se observa que la variedad “CIFAC 90105” fue la variedad que más vainas presentó 24.6 por planta, y superó a la variedad “Canario 2000” que registró 21.5 vainas por planta y ésta a la variedad “Blanco Larán Mejorado” con 17.4 vainas por planta. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 13**), en el número de vainas por planta no se apreció diferencia en la significación estadística de los tratamientos evaluados.

El mayor número de vainas por planta registrado en este estudio se debe a que la variedad CIFAC es de hábito indeterminado y tiene un crecimiento tipo III, es decir tienen ramas bastante desarrolladas que comienzan a expandirse mediante las guías y superan en porte a las variedades Canaio 2000 y Blanco Larán Mejorado, se obtuvo una mejor respuesta con una dosis de 100kg de N, para todas las variedades, los valores superan a lo hallado por Cerón (2016), para la variedad canario PLVI/1-3 registró 24.36 vainas por planta, Coaquira (2014), para la variedad Blanco molinero halló 7.5 a 5.5 vainas por planta, y un promedio de 6.53 y Villanueva (2009), superó los valores con 28.58 vainas por planta.

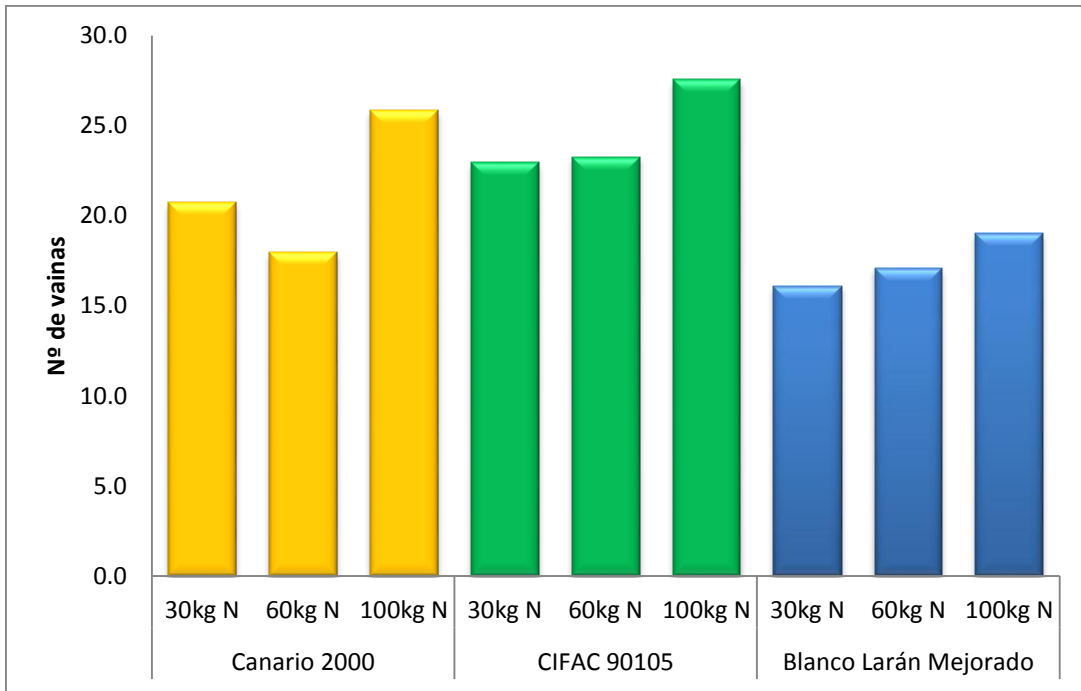


Figura 15. Número de vainas por planta registrados de los tratamientos en estudio

Tabla 10: Resultados promedios de las variables de rendimiento en estudio.

Tratamiento	Variedades	Fuente de Nitrógeno	N° de vainas/planta.	N° lóculos/vaina	Long. vaina (cm)	N° granos/vaina	Peso 100 granos (g)
1	Canario 2000	30kg N	20,733	4,700	12,233	3,233	48,767
2		60kg N	17,967	4,700	11,967	3,367	46,100
3		100kg N	25,833	4,733	12,067	3,133	47,633
4	CIFAC 90105	30kg N	22,967	4,033	10,600	3,600	59,133
5		60kg N	23,267	4,033	10,800	3,133	55,300
6		100kg N	27,567	4,033	11,033	3,367	56,433
7	Larán Mejorado	30kg N	16,100	4,600	14,167	3,500	54,300
8		60kg N	17,100	4,667	13,667	3,267	52,500
9		100kg N	19,033	4,767	13,567	3,633	55,933
		Promedio	21,174	4,474	12,233	3,359	52,900

Continuación...

Tratamiento	Variedades	Fuente de Nitrógeno	Floración (días)	Madurez Fisiológica (días)	Madurez Cosecha (días)	Índice de cosecha (%)	Rdto. Grano seco (Kg/ha)
1	Canario 2000	30kg N	62	104	114	0,5	2012
2		60kg N	62	105	116	0,5	1961
3		100kg N	55	96	109	0,5	2376
4	CIFAC 90105	30kg N	63	101	115	0,5	3027
5		60kg N	56	97	111	0,4	2433
6		100kg N	61	102	115	0,4	3316
7	Larán Mejorado	30kg N	62	108	116	0,5	1674
8		60kg N	63	102	113	0,4	1327
9		100kg N	57	93	108	0,5	2414
		Promedio	60	101,0	113,1	0,5	2282,1

Tabla 11: Cuadrados medios de las variables de rendimiento evaluadas en el ensayo de tres variedades de frijol y su respuesta al abonamiento nitrogenado

Fuente de variación	G.L	Nº vainas /plta	Nº lóculos / vaina	Longitud de Vaina (cm)	Nº de granos / vaina	peso de 100 granos
Bloques	2	66,205	0,125	0,968	0,041	32,441
Variedades	2	117,047**	1,3137**	20,2411**	0,111	213,3677**
Nitrógeno	2	23,140	0,122	0,081	0,083	18,490
V*N	4	25,588	0,024	0,212	0,113	3,683
Promedio		21,17	4,47	12,23	3,36	52,90
C.V. (%)		22,30	6,05	6,65	12	7,82

Continuación...

Fuente de variación	G.L	Floración (días)	Madurez Fisiológica (días)	Madurez de Cosecha (días)	Índice de Cosecha (%)	Rendimiento Grano seco (kg/ha)
Bloques	2	5,1481*	24,778	4,148	0,000	1754587,444
Variedades	2	4,1481*	5,778	1,926	0,0052 *	3010954,778**
Nitrógeno	2	93,8518**	124,7777**	38,4814*	0,000	143685,444
V*N	4	33,4814**	72,555**	32,7592*	0,002	125481,056
Promedio		60,15	101,00	113,07	0,46	2283,11
C.V. (%)		2,38	2,75	2,63	8,57	28,77

Significación estadística: * (0.01<p<0.05), ** (p<0.01).

Tabla 12: Prueba de comparación de medias según Duncan en el ensayo de variedades de frijol.

Factor variedad	Nº vainas /plta	Nº lóculos / vaina	longitud Vaina	Nº de granos /vaina	peso de 100 granos (g)	Floración (días)	Madurez Fisiológica (días)	Madurez de Cosecha (días)	Índice de Cosecha (%)	Rendimiento Grano seco kg/ha
V1	21,51ab	4,71a	12,09b	3,24a	47,50b	59,56a	101,67a	113,22a	0,46ab	2116,20b
V2	24,60a	4,03b	10,81c	3,36a	54,24a	60,00a	100,11a	113,44a	0,48a	2925,30a
V3	17,41b	4,67 a	13,80a	3,46a	56,95a	60,89a	101,22a	112,56a	0,43b	1804,80b

V1 = Canario 2000, V2 = CIFAC 90105, V3 = Larán Mejorado.

Tabla 13: Prueba de comparación de medias según Duncan en el ensayo de variedades de frijol.

Factor nivel de fertilización kg/ha NPK	Nº vainas /plta	Nº lóculos / vaina	longitud Vaina	Nº de granos /vaina	peso de 100 granos (g)	Floración (días)	Madurez Fisiológica (días)	Madurez de Cosecha (días)	Índice de Cosecha (%)	Rendimiento Grano seco kg/ha
N1	21,467a	4,44a	12,33a	3,44a	54,06a	62,33a	104,67a	115,00a	0,46a	2237,30ab
N2	19,444a	4,467a	12,14a	3,37a	51,30a	60,33b	101,11b	113,33ab	0,46a	1906,90b
N3	22,611a	4,511a	12,22a	3,25a	53,33a	57,78c	97,22c	110,89b	0,46a	2702,10a

N1 = 30 Kg/ha N, N2 = 60 Kg/ha N, N3 = 100 Kg/ha N.

4.2.2. Número de lóculos / vaina

Los resultados promedio de número de lóculos por vaina de los tratamientos en estudio se presentan en la **tabla 10**. Se aprecia que el tratamiento Blanco Larán Mejorado con 100kg N registró el mayor número de lóculos por vainas 4.77, y el tratamiento CIFAC 90105 con 30, 60 y 100 kg N tuvieron 4.0 lóculos por vainas, y el promedio fue de 4.5 lóculos por vainas. (**Figura 16**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 11**). Se observa que solo se encontró alta significación estadística para la fuente de variedades, el coeficiente de variación fue de 6.05%, no se halló diferencias significativas para fuente de bloques, nitrógeno, ni para la interacción, hubo un buen control del error experimental y es aceptable según lo señala Calzada (1982).

Al realizar la prueba de Medias (**tabla 12**), se observa que la variedad “Canario 2000” fue la variedad que más lóculos por vainas presentó 4.7, y la variedad “Blanco Larán Mejorado” registró 4.67 lóculos por vainas, éstas superaron a la variedad “CIFAC 90105” con 4.0 lóculos por vaina. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 13**). En el número de lóculos por vainas no se apreció diferencia en la significación estadística de los tratamientos evaluados.

La variedad Blanco Larán Mejorado fue la que alcanzo a tener mayor número de lóculos, con valores muy semejantes a la variedad Canario 2000, pero sí superando a la variedad CIFAC, esto es por las características genéticas de la variedad, además; esta variable depende de las condiciones ambientales, si se tiene una siembra tardía se tendrá una mayor caída de flores y menor cuajado de vainas por la temperatura, así se va a tener menor vainas que llenar y por lo tanto una mayor cantidad de lóculos llenos, tratando de compensar la menor cantidad de semillas (Tobaru, 2001). Los valores son superados por los de Coaquira (2014), quien tuvo un promedio de 6.53 lóculos por vaina para la variedad Blanco Molinero, Villanueva (2009), con valores similares de 4.7 lóculos por vaina en la Variedad Molinero PLVI- Tipo III y superando a los valores de Cerón (2016), quien obtuvo un promedio de 4.4 para la variedad Canario PLVL/1-3.

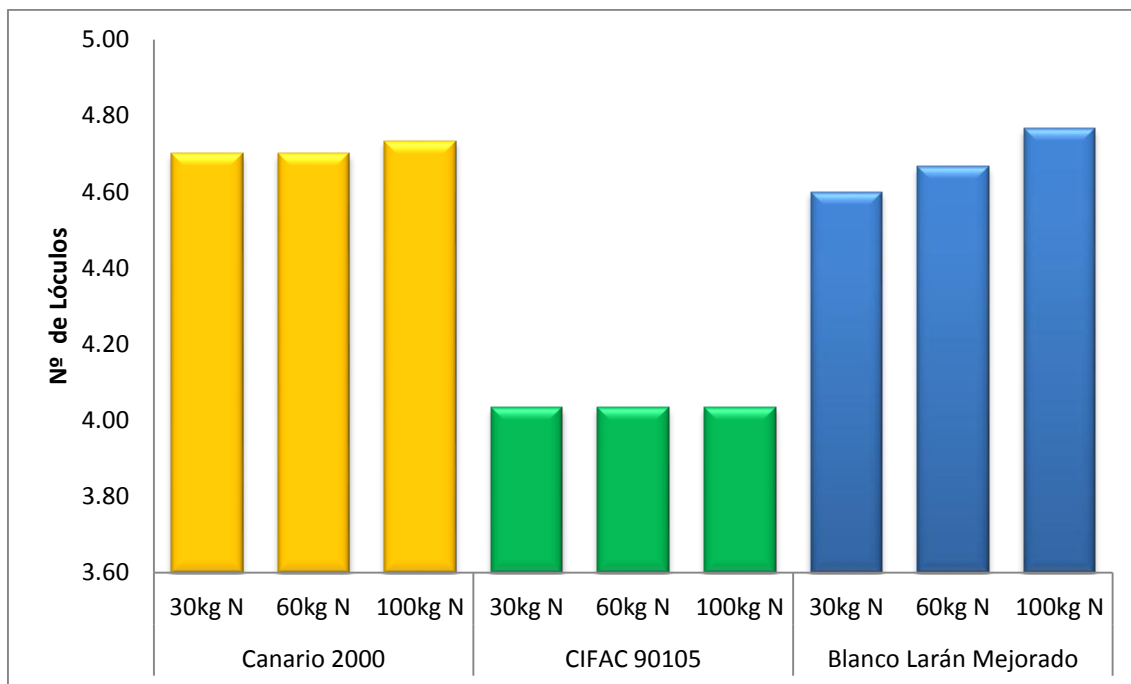


Figura 16. Número de lóculos por vaina registrados en los tratamientos en estudio

4.2.3. Longitud de vaina (cm)

Los resultados promedio de longitud de vainas de los tratamientos en estudio se presentan en la **tabla 10**. Se apreció que el tratamiento Blanco Larán Mejorado con 30kg N registró la mayor longitud de vainas 14.2cm, y el tratamiento CIFAC 90105 con 30 kg N tuvo una longitud de vainas 10.6, y el promedio fue de 12.2cm (**Figura 17**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 11**), se observó que solo se encontró alta significación estadística para la fuente de variedades, el coeficiente de variación fue de 6.65%, no se halló diferencias significativas para bloques, nitrógeno, ni para la interacción, hubo un buen control del error experimental y es aceptable según lo señala Calzada (1982).

Al realizar la prueba de Medias (**tabla 12**), se observó que la variedad “Blanco Larán Mejorado” fue la variedad que más longitud de vainas presentó 13.8cm , y superó a la variedad “Canario 2000” que registró una longitud de 12.0cm y ésta a la variedad “CIFAC 90105” con 10.8cm. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 13**), en el número de vainas por planta no se apreció diferencia en la significación estadística de los tratamientos evaluados.

La mayor longitud de vainas lo tuvo la variedad Blanco Larán Mejorado, y con 30kg de N, se tuvo las mayores longitudes dentro de la variedad, lo que concuerda con el CIAT,

(1984), donde menciona que las máximas longitudes de las vainas coinciden con la formación de éstas. Por otro lado, tendría una relación directa con el número de granos como es el caso de las variedades de color Blanco. Éste tratamiento llegó en 108 días a la formación de vainas, lo cual tuvo un pequeño tiempo para poder crecer un poco más, en comparación con los otros dos tratamientos con mayor dosis de nitrógeno.

Los valores hallados 14.2cm, superan a los valores que registró Cerón, (2016). Para la variedad canario PLVI/1-3 con un promedio de 11.78cm, a la variedad Blanco molinero superó con 14.65cm y para la variedad Canario Centenario fue menor con 10.34cm, Coaquira (2014), registro un promedio de 14.5cm la cual superó al resultado obtenido y, Villanueva (2009), registro 12.6cm de promedio para la variedad CIFAC 92008, tipo I.

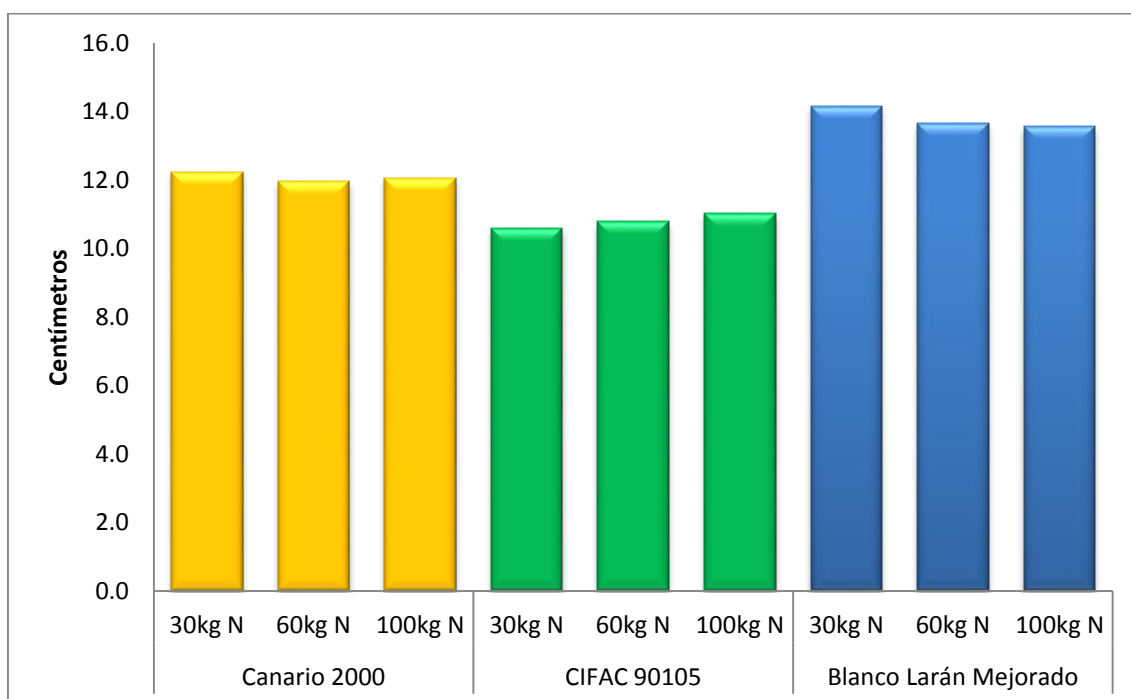


Figura 17. Longitud de vaina en cm registrados en los tratamientos en estudio

4.2.4. Granos / vaina

Los resultados promedio de número de granos por vaina de los tratamientos en estudio se presentan en la **tabla 10**. Se aprecia que el tratamiento Blanco Larán Mejorado con 100kg N registró el mayor número de granos por vaina 3.63, y el tratamiento CIFAC 90105 con 60 kg N tuvo un número de granos igual que la variedad Canario 2000 con 100kg de N de 3.13 granos por vaina, y el promedio fue de 3.4 (**Figura 18**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 11**), no se encontró significación estadística para las fuentes en estudio, el coeficiente de variación fue de 12.0%, lo cual es aceptable para experimentos agrícolas según Calzada (1982).

En la prueba de Medias que se aprecia en la **tabla 12**, el número de granos por vaina en las tres variedades no se encontró diferencia en la significación estadística de los tratamientos evaluados con las dosis de nitrógeno. Igualmente ocurrió cuando se evaluó el efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 13**). En este componente de rendimiento no se apreciaron diferencia en la significación estadística de los tratamientos evaluados con las variedades de frijol.

La variedad Blanco Larán Mejorado con una dosis de 100kg de N, fue la que más granos por vainas presentó, esto es característica de la variedad, además la temperatura para esta fecha tuvo un promedio de 17.43°C y una radiación de 154.44W, lo que ayudó a tener una mayor tasa fotosintética y una mejor distribución de los fotosintatos hacia las vainas y así, ayudando con el llenado de semillas en las vainas lo cual se refleja en más peso, para las tres variedades en estudio. Se debe tener en cuenta que este parámetro es uno de los indicadores de la capacidad productiva de la planta, que influye directamente con el rendimiento. Sin embargo, no siempre se cumple que a un mayor número de granos por vaina se va a obtener un mayor rendimiento, también va a depender de tamaño de grano, peso de grano y el número de vainas por planta entre otro según (Robles, 1982, mencionado por Cerón, 2016). Los valores obtenidos son superados por Cerón (2016), que para la variedad Blanco molinero registró 5.03, para el Canario PLVI 4.57 granos por vaina y Villanueva (2009), halló 4.7 granos por vaina.

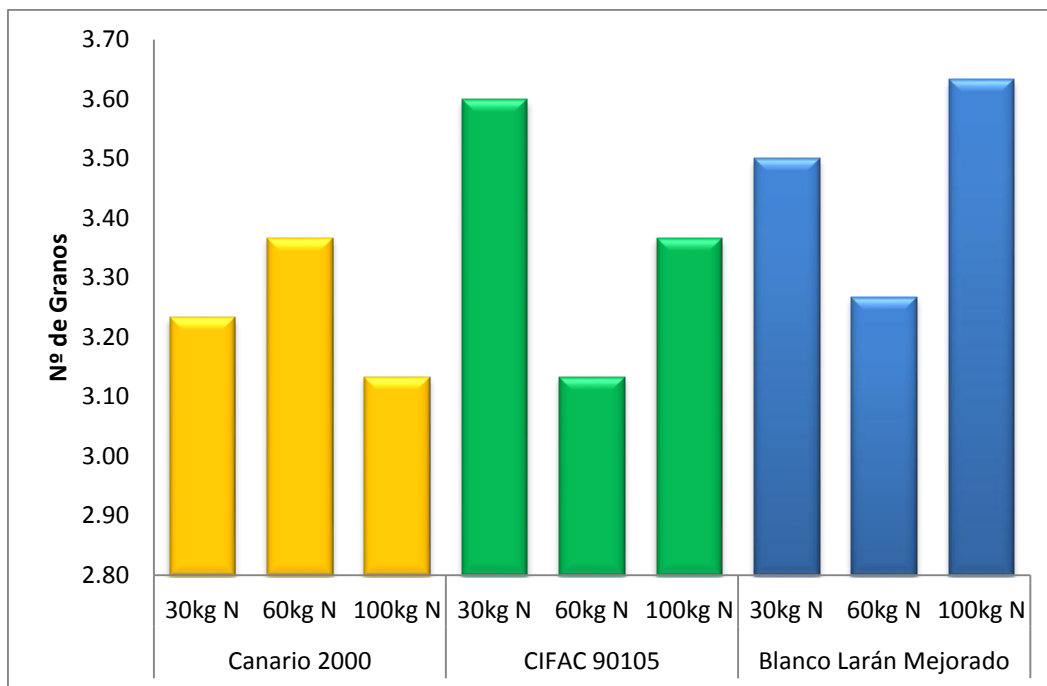


Figura 18. Número de granos por vaina registrados en los tratamientos en estudio

4.2.5. Peso de 100 granos (g)

Los resultados promedio del peso de 100 granos de los tratamientos en estudio se presentan en la **tabla 10**. Se aprecia que el tratamiento CIFAC 90105 con 30kg de N registró el mayor peso de 100 granos 59.1g, y el tratamiento Canario 2000 con 60 kg N tuvo el menor peso 46.1g, y el promedio fue de 52.9g (**Figura 19**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 11**), se observó que solo se encontró alta significación estadística para la fuente de variedades, el coeficiente de variación fue de 7.82%, no se halló diferencias significativas para fuente de bloques, nitrógeno, ni para la interacción, hubo un buen control del error experimental y es aceptable según lo señala Calzada (1982).

Al realizar la prueba de Medias (**tabla 12**), se observó que la variedad “CIFAC 90105” fue la variedad que más peso de granos presentó 56.9g , y superó a la variedad “Blanco Larán Mejorado” que registró un peso de 54.2g y ésta a la variedad “Canario 2000” con un peso de 47.5g. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 13**), en el peso de 100 granos no se apreciaron diferencia en la significación estadística de los tratamientos evaluados.

La variedad CIFAC con 30 kg de N, fue la que tuvo un mejor peso de cien semillas, Según Coaquira (2014), en su experimento halló el menor peso de 41.75g y mayor peso de 50.83g, y un promedio de 46.6g, para la variedad blanco molinero.

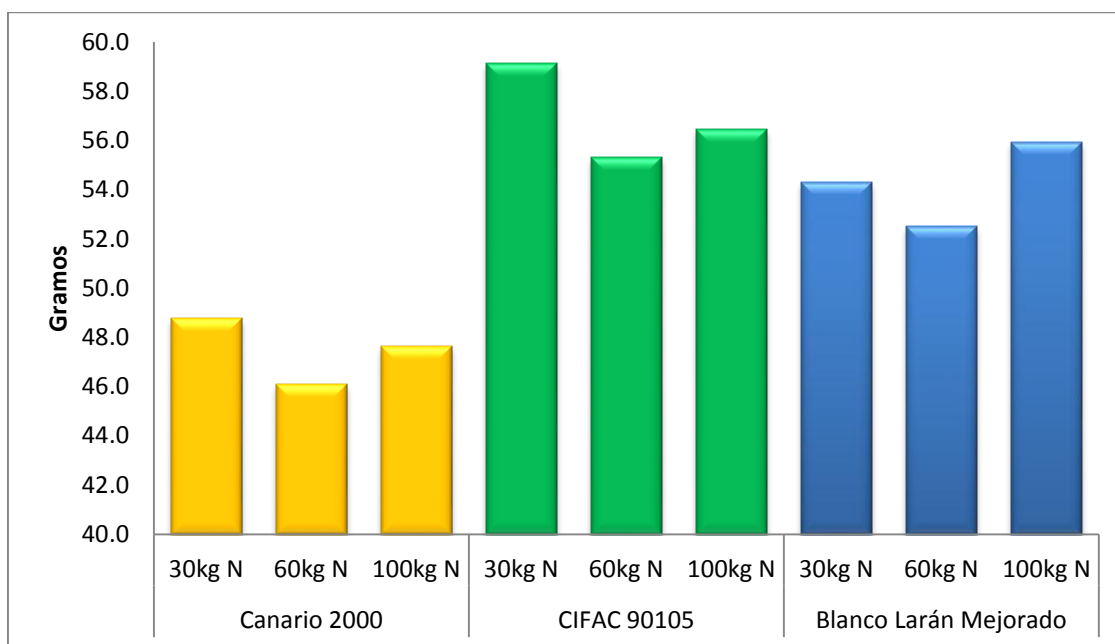


Figura 19. Peso de 100 granos (g) registrados en los tratamientos en estudio

4.2.6. Días a floración

Los resultados promedio de días a floración de los tratamientos en estudio se presentan en la **tabla 10**. Se aprecia que el tratamiento Blanco Larán Mejorado con 60kg N registró el mayor número de días a floración 63.3, y el tratamiento Canario con 100 kg N tuvo un número de días a floración 55.3, y el promedio fue de 60.1 días (**Figura 20**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 14**), se observa que solo se encontró alta significación estadística para la fuente de nitrógeno y para la **interacción**, también se encontró diferencias significativas para la fuente de bloques y para variedades, el coeficiente de variación fue de 2.38%, hubo un buen control del error experimental y es aceptable según lo señala Calzada (1982).

Al haber interacción entre ambos factores en estudio se procedió a realizar el análisis de efectos simples (**tabla 11**). Respecto a las tres variedades, Canario 2000, CIFAC 90105 y Blanco Larán Mejorado, se observa alta significación estadística. Para la fuente de niveles de nitrógeno, se encuentra alto nivel de significación estadística para el Nivel de 60 y 100kg de N, y para el nivel de 30kg de N no se encuentra significación estadística.

Al realizar la prueba de Medias (**tabla 12**), se observó que el número de días a floración en las tres variedades no se apreciaron diferencia en la significación estadística de los tratamientos evaluados. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 13**), en el número de días a floración se apreciaron diferencia en los tres niveles, 30kg de N tuvo 62.3 días a floración, 60kg de N tuvo 60.3 días a floración y 100kg de N, 57.7 días a floración en la significación estadística de los tratamientos evaluados.

Blanco Larán Mejorado con 60kg de N, fue la variedad que más días demoró en llegar a esta etapa fenológica con 63 días, superando a Cantaro, (2015), para la variedad CIFAC, indica que fue precoz llegando a los 54 días con 100kg de N. A una mayor aplicación nitrogenada, las plantas responden a una mayor precocidad debido a una mejor condición para la planta, sin embargo; cuando se incrementan los factores adversos, existe un adelanto proporcional en la floración de las variedades sometidas a esta condición, lo que está relacionado con la adaptabilidad de las plantas debido a sus genotipos, Según Cerón (2016), para la variedad canario PLVI/1-3 registró 93 días a floración, siendo más tardía que la variedad CIFAC 90105 en estudio, con 63 días.

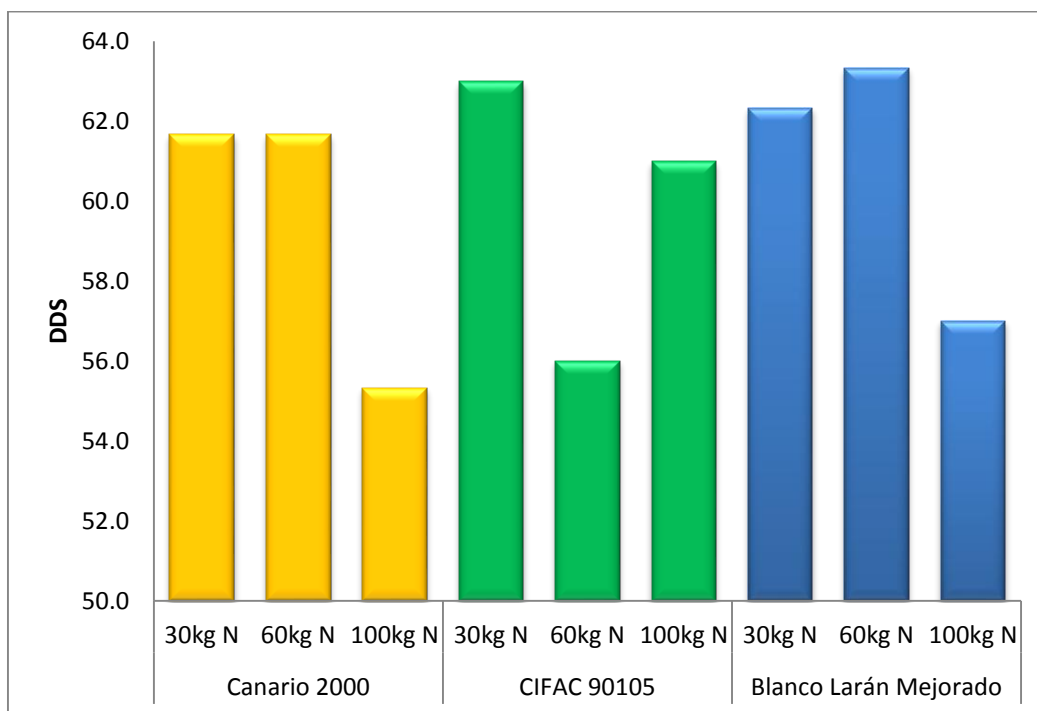


Figura 20. Días a floración registrados en los tratamientos en estudio

Tabla 14: DBCA 3x3 con bloques- Efectos simples ANVA.

Variedades	G.L.	Peso seco del follaje (g)	Peso fresco vaina (g)	Peso seco vaina (g)
Canario 2000	2	26,49*	1465,32	154,23
CIFAC 90105	2	345,61**	16514,00**	1327,25**
Larán Mejorado	2	101,43**	9993,53**	710,47**

4.2.7. Días a madurez fisiológica

Los resultados promedio de días a madurez fisiológica de los tratamientos en estudio se presentan en la **tabla 10**. Se aprecia que el tratamiento Blanco Larán Mejorado con 30kg N registró el mayor número 108 días, y siendo ésta misma variedad con 100 kg N tuvo un número 93 días, y el promedio fue de 101 días (**Figura 21**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 11**). Se observó que solo se encontró alta significación estadística para nitrógeno y para la **interacción**, no se encontró significación estadística para bloques ni para variedades, el coeficiente de variación fue de 2.75%, hubo un buen control del error experimental y es aceptable según lo señala Calzada (1982).

Al haber interacción entre ambos factores en estudio se procedió a realizar el análisis de efectos simples (**tabla 14**). Respecto a las tres variedades, Canario 2000, y Blanco Larán Mejorado, se observa alta significación estadística. Para la variedad CIFAC 90105, presenta significación estadística. Para la fuente de niveles de nitrógeno, se encuentra alto nivel de significación estadística para el Nivel de 60 y 100 kg de N, y para el nivel de 30 kg de N solo se encuentra significación estadística.

Al realizar la prueba de Duncan (**tabla 12**). Se observó que el número de días a madurez fisiológica en las tres variedades no se apreciaron diferencia en la significación estadística de los tratamientos evaluados. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 13**), en el número de días a floración se apreciaron diferencia en los tres niveles, 30 kg de N tuvo 104.6 días, 60 kg de N tuvo 101.1 y 100 kg de N 97.2 días a madurez fisiológica en la significación estadística de los tratamientos evaluados.

En los días a madurez fisiológica se encuentra que hay una diferencia bastante marcada entre los niveles de nitrógeno como la interacción de éstas con las variedades, para lo cual se observa que a menor dosis nitrogenada se tiene una mayor prolongación de los días a madurez fisiológica, y en los tratamientos con mayor dosis de nitrógeno la precocidad está relacionada directamente, esto lo corrobora Foth, (1987), quien menciona que una amplia provisión de nitrógeno en las primeras edades de la planta puede estimular el crecimiento y producir una maduración anticipada.

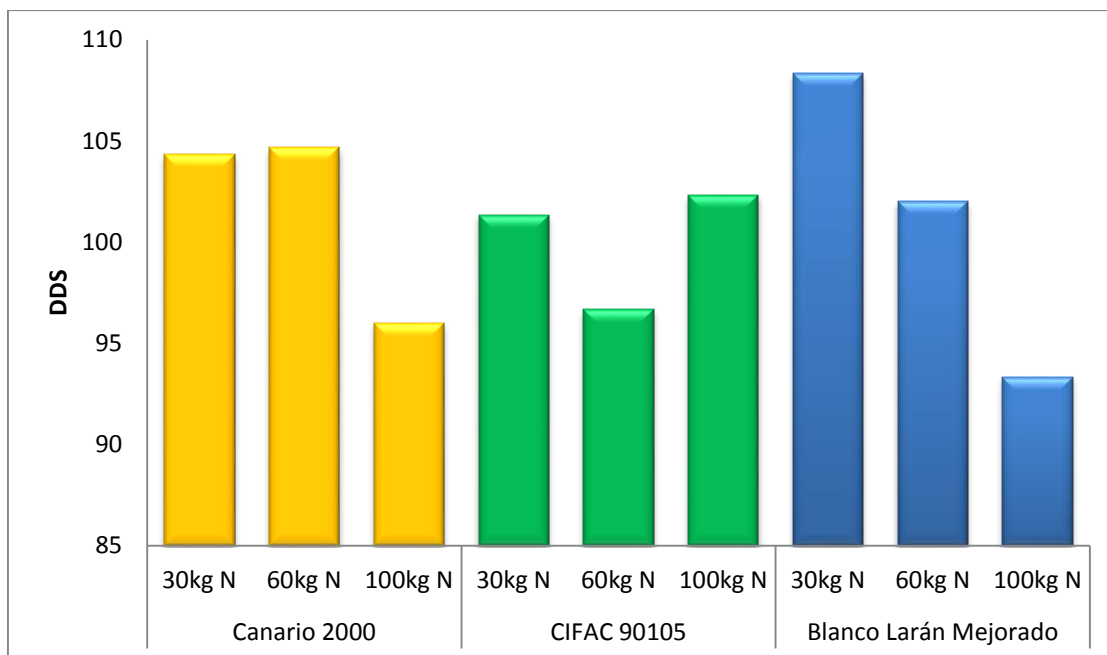


Figura 21. Días a madurez fisiológica registrados en los tratamientos en estudio

4.2.8. Días a madurez de cosecha

Los resultados promedio de días a madurez de cosecha de los tratamientos en estudio se presentan en la **tabla 10**. Se aprecia que el tratamiento Blanco Larán Mejorado con 30kg N registró el mismo número que la variedad Canario con 60kg de N de 116 días, y la variedad Blanco Larán Mejorado con 100kg de N tuvo el menor número de 108 días, y el promedio fue de 113.1 días (**Figura 22**).

Al realizar el análisis de varianza en la **tabla 11**. Se observó que solo se encontró significación estadística ($p < 0.05$) para la fuente de nitrógeno y para la **interacción**, no se encontró significación estadística para la fuente de bloques ni para fuente de variedades, el coeficiente de variación fue de 2.63%, hubo un buen control del error experimental y es aceptable según lo señala Calzada (1982).

Al haber interacción entre ambos factores en estudio se procedió a realizar el análisis de efectos simples (**tabla 14**). Respecto a las tres variedades, se observa significación estadística para la variedad, Canario 2000 y Blanco Larán Mejorado, para la variedad CIFAC 90105 no presenta significación estadística. Para la fuente de niveles de nitrógeno, solo se encontró significación estadística para el nivel de 100 kg/ha de nitrógeno.

Al realizar la prueba de Duncan en la **tabla 12**. Se observó que el número de días a madurez de cosecha en las tres variedades no se apreciaron diferencia en la significación estadística de los tratamientos evaluados. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 13**), en el número de días a madurez de cosecha se apreciaron diferencia en los tres niveles, factor 30 kg de N tuvo 115 días, factor 60 kg de N tuvo 113.3 y superó al factor 100 kg de N 110.8 días a madurez de cosecha en la significación estadística de los tratamientos evaluados.

La variedad Blanco Larán Mejorado fue la más precoz en el experimento con 108 días, esto es una de sus características de la variedad, por lo cual es recomendable para su cosecha en fresco, Según Bruno, (1990), mencionado por Cerón (2016). Afirmó que hay una relación directa entre el inicio de la floración y días a madurez de cosecha, esto quiere decir a un menor número de días a floración, un menor número de días a madurez de cosecha lo cual coincide con el experimento.

En esta etapa fenológica la provisión abundante de nitrógeno estimuló la formación de tejidos suaves, succulentos y susceptibles a daños mecánicos y al ataque de enfermedades, Cualquiera de estos efectos puede disminuir la calidad de cosecha, en hortalizas de hojas son deseables, por la succulencia, ternura y frescura. Otras hortalizas y frutas, cuando se cultivan con un exceso de nitrógeno, pueden resultar afectadas en sus cualidades de conservación y embarque (Foth, 1987).

Cerón (2016), para la variedad Canario PLVI/1-, registró 134 días, para la variedad Blanco molinero 132.1 días y para la variedad Canario Centenario 131.8 días. Según Cerón (2016), para la variedad canario PLVI/1-3 registró 127 días a madurez de cosecha. Superando a nuestros datos del experimento, mientras que Villanueva (2009), registró un promedio de 126 días para la variedad CIFAC 92008, tipo I.

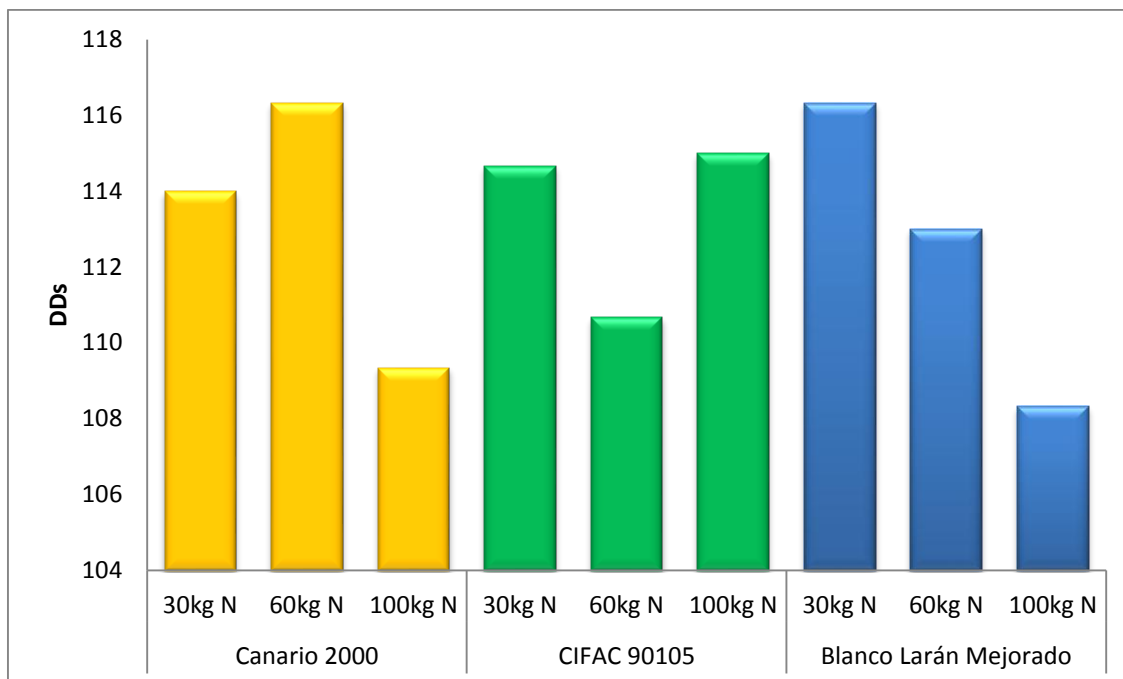


Figura 22. Días a madurez de cosecha registrados en los tratamientos en estudio

4.2.9. Índice de cosecha (%)

Los resultados promedio del índice de cosecha de los tratamientos en estudio se presentan en la **tabla 10**. Se aprecia que el tratamiento Canario 2000 con 60kg N registró el mayor índice de cosecha 0.50%, y el tratamiento CIFAC 90105 con 100 kg N tuvo un número índice de cosecha 0.42%, y el promedio fue de 0.5% (**Figura 23**).

Al realizar el análisis de varianza en la **tabla 11**, se observó que solo se encontró significación estadística para la fuente de variedades, no se encontró significación estadística para la fuente de bloques, nitrógeno, ni para la interacción, el coeficiente de variación fue de 2.63%, hubo un buen control del error experimental y es aceptable según lo señala Calzada (1982).

Al realizar la prueba de Duncan (**tabla 12**), se observó que el Índice de cosecha mostró significancia estadística para la variedad Canario 2000, superando a la variedad Blanco Larán mejorado y ésta a la variedad CIFAC 90105. En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 13**), en el Índice de cosecha no se apreciaron diferencia en la significación estadística de los tratamientos evaluados.

Los valores que halló Cerón, (2016) para la variedad canario PLVI/1-3 fue de 65.24% de I.C y fue superior al encontrado en el presente experimento. Coaquira (2014), para la variedad Blanco Molinero registro un promedio de 45.97 % de Índice de cosecha, los cuales fueron superados en el experimento, pero no superaron a Mamani (2005), y Canchari (2008), con 51.16% y 61.6% respectivamente.

Para esta variable es muy recomendable hacer el muestreo a la madurez fisiológica para no perder material (restos órganos de las plantas hojas y hacer un estimado de esta variable. Estos valores son superiores esto debido a que su recolección no fue oportuna perdiéndose material el cual modifíco los rangos. Para la variedad CIFAC 90105, se puede decir que la planta no alcanzo a tener su espacio óptimo y por lo tanto no se desarrolló completamente, por lo cual los valores obtenidos son los más bajos.

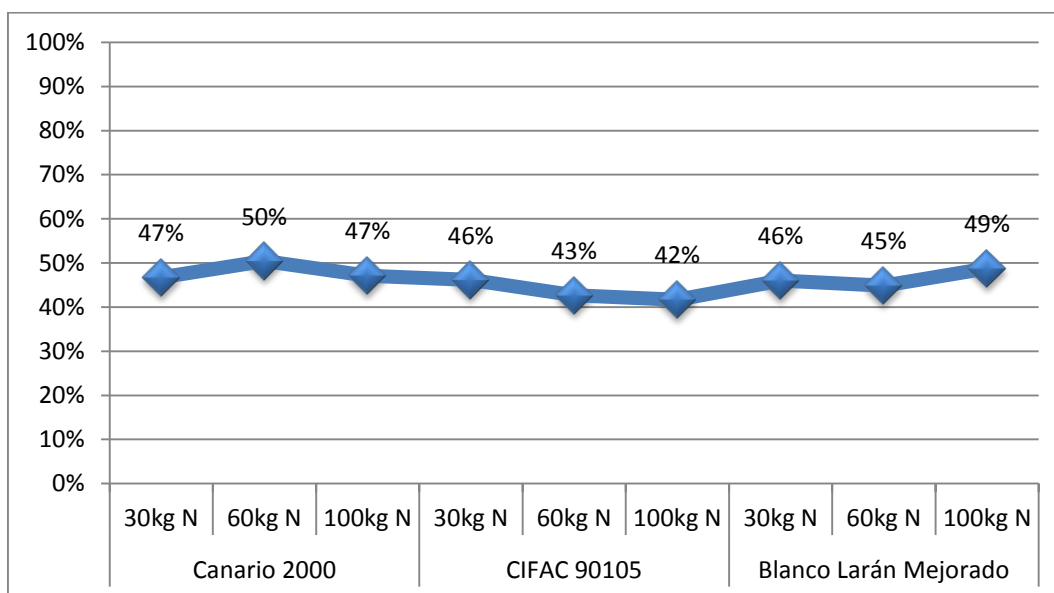


Figura 23. Índice de cosecha registrado en los tratamientos en estudio

4.2.10. Rendimiento de grano seco (kg/ha)

Los resultados promedio del rendimiento de grano seco de los tratamientos en estudio se presentan en la **tabla 10**. Se apreció que el tratamiento CIFAC 90105 con 100kg N registró el mayor rendimiento de grano 3316kg/ha, y el tratamiento Blanco Larán Mejorado con 60 kg N tuvo el menor rendimiento en grano seco 1327kg/ha, y el promedio fue de 2282 kg/ha (**Figura 24**).

Al realizar el análisis de varianza (**tabla 11**), se observó que solo se encontró alta significación estadística para la fuente de variedades, el coeficiente de variación fue de

28.7%, no se halló diferencias significativas para fuente de bloques, nitrógeno, ni para la interacción, hubo un buen control del error experimental y es aceptable según lo señala Calzada (1982).

Al realizar la prueba de Duncan (**tabla 12**), se observó que la variedad “CIFAC 90105” fue la variedad que más rendimiento en grano seco tuvo 2925.3 , y superó a la variedad “Canario 2000” que registró 2116.2 y ésta a la variedad “Blanco Larán Mejorado” con un peso de 1804.8.

En cuanto al efecto de los niveles de nitrógeno (**tabla 13**). En el rendimiento de grano seco se apreció significación estadística que el factor 100kg de N registró 2702.1, el factor 30kg de N registró 2237.3, y superó al factor 60kg de N que obtuvo 1906.9 en los tratamientos evaluados.

Los mejores rendimientos se obtuvieron en las tres variedades, con la dosis más alta de nitrógeno, la cual sería la mejor opción para elegir después del experimento, los valores de la variedad Canario 2000, el INIA- Cañete (2013), hallaron un rendimiento de 1,577 kg/ha, para la variedad Blanco Larán Mejorado hallaron un rendimiento de 514 kg/ha, en EE Chincha, para la variedad Canario 2000, 1387 kg/ha y para la variedad Blanco Larán Mejorado 1,501 kg/ha. Para el INIA- Chincha (2014), para la variedad Canario 2000, 1,133 kg/ha y para la variedad Blanco Larán Mejorado 959 kg/ha. En el año 2012, hallaron para Canario 2000, 993 kg/ha y para la variedad Blanco Larán mejorado un rendimiento de 990 kg/ha. Coaquira, (2014), para la variedad Blanco molinero halló un promedio de 1848kg/ha. Usando un testigo 1604kg y 2031g con un tratamiento de (Rhizobium + trichoderma + alopes + fertigigas), el cual fue menor que nuestros valores hallados con la variedad Larán Mejorado con 2414 kg/ha.

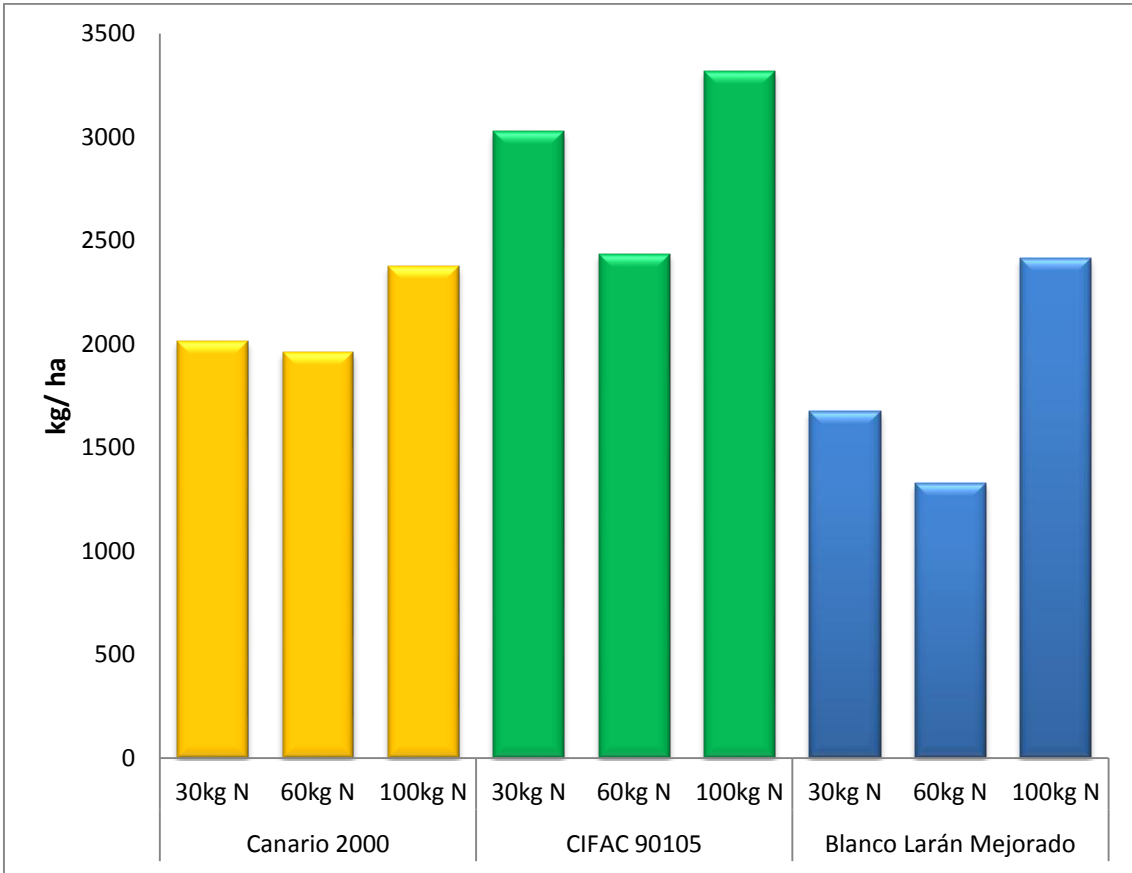


Figura 24. Rendimiento en grano seco kg/ha registrados en los tratamientos en estudio

4.3. FENOLOGÍA

En frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) los bajos rendimientos se debe principalmente a periodos frecuentes de sequía, altas temperaturas durante la etapa reproductiva, las cuales pueden causar pérdida total del rendimiento (Acosta-Gallegos et al., 2000). El frijol crece en temperatura promedio de 15 a 27 °C, con una gran amplitud entre variedades, siendo la temperatura óptima de 25°C. Pero las altas temperaturas afectan la fenología y el rendimiento de semilla (Monterroso and Wien, 1990). Las temperaturas extremas pueden causar esterilidad de flores e inhibición de la floración; la planta de frijol puede soportar temperaturas extremas de 5 y 40°C. En la planta de frijol, se registran descensos significativos en la captación de CO₂, por el efecto combinado de estrés hídrico y de temperatura (Ruiz et al., 1999), además, requiere que la humedad se distribuya uniformemente.

4.3.1. Germinación (V0)

El día 30 de Junio se inició la etapa V0, para todas las variedades, ya que el campo se encontraba regado y las semillas se hidrataron y empezaron todos los procesos bioquímicos dentro de los cotiledones.

4.3.2. Emergencia (V1)

En esta etapa hubo un promedio de 6 días, aquí se puede decir que demoró en emerger debido a la profundidad a la que fueron sembradas y el vigor de cada semilla también puede que haya sido influenciado por el riego que en las primeras cintas de riego tuvieron más caudal y por lo tanto mayor fue la humedad del suelo.

4.3.3. Hojas primarias (V2)

Para llegar a esta etapa trascurrieron un promedio de 10 días, en esta etapa la planta forma la mayor parte de su estructura vegetativa. Por lo tanto es conveniente darles todas las condiciones favorables.

4.3.4. Primera hoja trifoliada (V3)

Para esta etapa fenológica ya se había aplicado los fertilizantes pudiendo haber influenciado en algunas variedades y niveles de fertilización el haber llegado más rápido a esta fase fenológica. En función de lo observado en la (**Tabla 15**), se afirma que guarda una relación directa respecto al hábito de crecimiento I y II con excepción de la variedad CIFAC que es de hábito de crecimiento indeterminado tipo III, se comportó como precoz para dicha etapa.

Tabla 15: Fenología del cultivo del frijol de los tratamientos en estudio.

Variedades	Fuente fertilización kg/ha NPK	V0	V1	V2	V3	V4
		Germinación	Emergencia	Hojas Primarias	Primera hoja trifoliada	Tercera hoja trifoliada
Canario 2000	30 -80 -60	0	6	9	19	33
	60 -80 -60	0	6	9	18	33
	100 -80 -60	0	7	10	26	40
CIFAC 90105	30 -80 -60	0	7	10	23	35
	60 -80 -60	0	8	10	25	37
	100 -80 -60	0	5	9	19	34
Blanco Larán	30 -80 -60	0	6	9	18	35
	60 -80 -60	0	6	9	22	35
Mejorado	100 -80 -60	0	7	10	22	35

Continuación...

Variedades	Fuente fertilización kg/ha NPK	R5	R6	R7	R8	R9
		Pre floración	Floración (≥ 1 flor)	Formación de vaina ($\geq 0,5$ cm)	Llenado de vainas	Madurez
Canario 2000	30 -80 -60	52	62	74	89	109
	60 -80 -60	55	62	73	93	111
	100 -80 -60	50	55	66	84	103
CIFAC 90105	30 -80 -60	58	63	76	91	108
	60 -80 -60	49	56	68	88	104
	100 -80 -60	56	61	74	93	109
Blanco Larán	30 -80 -60	55	62	74	94	112
	60 -80 -60	55	63	76	92	108
Mejorado	100 -80 -60	50	57	65	85	101

4.3.5. Tercera hoja trifoliada (V4)

La etapa V4, tiene un mayor tiempo en la fase vegetativa, encontrándose que la variedad Canario 2000 con 30 y 60 kg de N, tuvieron un promedio de 33 días y para 100kg de N un promedio de 40 días el más tardío y para la variedad Blanco Larán Mejorado se hallaron un promedio de 35 días con un abonamiento de 30 y 100kg de N, para 60kg un promedio de 37 días, el tratamiento más tardío, estas dos variedades son de crecimiento determinado tipo I y II respectivamente, la variedad CIFAC 90105 de crecimiento indeterminado y tipo III, tienen en promedio de 35 días para los tres niveles de Nitrógeno.

Por lo tanto es conveniente brindarle todas las condiciones favorables a la planta para que muestre una buena estructura vegetativa para los estados siguientes, por lo cual ya se le aplicó a los 35 días la segunda parte de la fertilización.

4.3.6. **Prefloración (R5)**

La variedad CIFAC 90105 alcanzó dicho estado en 49 días con un abonamiento con 60kg y con resultando la más precoz, mientras que con una dosis de 30kg llegó a los 58 días siendo el tratamiento más tardío. Las variedades Canario 2000 y Blanco Larán Mejorado llegaron en un promedio de 53 días y teniendo en cuenta que a una dosis de 100kg llegaron a los 50 días para ambas variedades esto debido a las condiciones climáticas registradas y también por sus características genéticas propias de cada variedad. Además, cabe señalar que la deficiencia ligera de humedad del suelo causado por el riego, ha influenciado el resultado de alguna manera.

4.3.7. **Floración (R6)**

En esta etapa el promedio fue de 60 días transcurridos desde la siembra, observándose que la variedad Canario 2000 con 100kg de nitrógeno llegó a los 5 días, siendo el tratamiento más precoz y la variedad CIFAC 90105 con 30 kg de N, llegó a los 63 días y no se notó una marcada diferencia con la variedad Blanco Larán Mejorado que con una dosis nitrogenada de 30 y 60 kg obtuvieron un promedio de 63 días, esto debido a sus características genéticas propias de cada variedad y a factores externos como los agronómicos y los ambientales.

4.3.8. **Formación de vainas (R7)**

Se registró un promedio de 66 días desde la siembra, observándose una ligera coincidencia de días para la variedad Canario 2000 con 61 días para el nivel de 100 kg de N y la variedad Blanco Larán Mejorado con 60 días con 100 kg de N y en contraste la variedad CIFAC 90105 con 30kg de N, llegando a los 71 días siendo el tratamiento más tardío (**Tabla 15**), la etapa formación de vainas (R7) termina cuando las vainas han alcanzado su máxima longitud, y esto ocurre en promedio de 12 días después de la floración (R6) según el CIAT (1986) que señala que la etapa se da entre 10 a 15 días después de la floración. Siendo esta última la que fue la que influyó más por el cambio de temperatura ya que se registró 17.43°C en el mes de Septiembre que es bastante aceptable y favorable para aumentar la fotosíntesis.

4.3.9. **Llenado de vainas (R8)**

Se registró un promedio de 101 días registrados para esta etapa, la variedad Blanco Larán Mejorado para la fuente de Nitrógeno 100kg fue la más precoz con 93 días y para la dosis de 30kg fue la más tardía con 108 días. Aquí ya se nota que para las variedades de tipo I, llevan una mayor precocidad cuando han sido nitrogenados con la más alta dosis de los tratamientos, en el caso de la variedad CIFAC 90105, tipo III, son más precoces los tratamientos con la dosis baja y media de nitrógeno.

4.3.10. **Madurez (R9)**

Se registró 113 días en promedio, la variedad Canario 2000 alcanzó dicha etapa en 109 días para el tratamiento con 100 kg de N, mientras que la variedad Blanco Larán mejorado lo hizo en 108 días siendo el más precoz con 100 kg de N, y la variedad CIFAC 90105 en 111 días con 60 kg de N. De acuerdo al material evaluado se deduce que las variedades Canario 2000 y Blanco Larán Mejorado tipo I, II respectivamente alcanzo dicha etapa en menor tiempo, mientras que la variedad CIFAC de tipo III lo alcanzó en un mayor tiempo por lo cual se puede deducir que tuvo un mejor llenado de vainas siendo la variedad que mejor rendimiento tuvo.

V. CONCLUSIONES

1. La aplicación de 100 – 80 – 60 kg/ha de NPK tuvo el mejor efecto en respuesta a las tres variedades de frijol superando en crecimiento y desarrollo respecto a las otras dosis comparadas. Siendo CIFAC 90105, la que alcanzó el máximo rendimiento promedio de 3,316 kg/ha, seguido de Blanco Larán Mejorado con un promedio de 2,414 kg/ha y tercero Canario 2000, con un promedio de 2,376 kg/ha.
2. En relación a los componentes morfoagronómicos las características destacadas son: la variedad **Canario 2000**, N° ramas por planta, índice de cosecha; **CIFAC 90105**, en altura de planta, peso de biomasa total por planta, peso fresco y seco del follaje, peso fresco de vainas, peso seco de vainas, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos, días a floración, y el rendimiento de grano seco. **Blanco Larán Mejorado**, en peso fresco y seco de raíces, profundidad efectiva de raíces, número de lóculos por vaina, longitud de vaina, días a floración, madurez fisiológica y de cosecha.

Se encontró alta significación estadística para la **interacción (VxN)**, para peso seco del follaje, peso fresco y seco de vaina, días a floración, días a madurez fisiológica, y madurez de cosecha, para los cuales se efectuó el análisis de efectos simples, resultando la aplicación de 100 kg/ha de N, más sobresalientes.

3. Las variedades de Canario 2000 y Larán Mejorado presentaron similitud en los días en toda la etapa fenológica hasta R8, mientras CIFAC 90105, en la fase reproductiva ha requerido 93 días para llegar a R8 y 109 días para R9.

VI. RECOMENDACIONES

1. Sembrar cualquiera de las tres variedades en estudio con las dosis de 100kg de nitrógeno, ya que; tienen muy buenos rendimientos.
2. Para futuros trabajos similares, probar otras dosis superiores a los 100kg para probar cual es la máxima dosis de nitrógeno complementados con fertilización fosfo-potásica (P-K).
3. Realizar el ensayo en otras épocas del año para determinar las condiciones edáficas, hídricas y climáticas óptimas en las que estos genotipos se desenvuelven a su máxima capacidad.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA-GALLEGOS J. A., R. ROSALES-SERNA, R. NAVARRETE-MAYA Y E. LÓPEZ-SALINAS, (2000). Desarrollo de variedades de frijol para condiciones de riego y temporal en México. *Agricultura Técnica en México*. 26(1), 79-98.

AGROPECSTAR, (2002). Nitrógeno, un nutriente esencial para la planta. Capítulo 3[en línea] Girona, España.

ARIAS, J.H., JARAMILLO, M.; RENGIFO, T. (2007). Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Frijol Voluble. Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación “La Selva”. 168pp.

BENACCHIO, S.S. (1982). Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nal. de Inv. Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.

BENGOUGH, A. G., AND MULLINS, C. E. (1990). Mechanical impedance to root growth: A review of experimental techniques and root growth responses. *J. Soil Sci.* 41, 341–358

BROUGHTON WJ, HERNANDEZ G, BLAIR MW, BEEBE S, GEPTS P, VANDERLEYDEN J (2003). Beans (*Phaseolus* spp.) model food legumes. *Plant and soil* 252: 5-128 Pág. Web. <https://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1024146710611>.

BRUNO, J. (1990). Leguminosas Alimenticias. Edi. Fraele S.A.CONCYTEC. Lima-Perú.

BUCKNER, G.O. (1915). Translocation of mineral constituents of seeds and tubers of certain plants during growth. *J. Agri. Res.* 5: 449-459

CALZADA B, J. (1982). Métodos Estadísticos para la Investigación. 5ed. Ed. Milagros. Lima, 673 p.

CAMARENA, M. F. HUARINGA, J. A., MOSTACERO, N. E. (2009). Innovación Tecnológica para el incremento de la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Primera Edición. Universidad Nacional Agraria La Molina – Consejo nacional de Ciencia, Tecnología e innovación Tecnológica. 232p

CANCHARI, C.G. (2005). Efecto de la aplicación de cepas de Rhizobium, bioestimulantes y fertilización en el rendimiento de frijol Canario (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de la Costa Central. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú. 106 p.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT), (1979): White, JW; Gómez, C.; Valencia, C. Conceptos básicos de la fisiología del frijol. Cali Colombia, 37 p.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). (1976). Lista descriptiva del Germoplasma de Phaseolus spp. Sistema de producción de frijol. informe anual Cali-Colombia.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CIAT (1983). Etapas de desarrollo de la planta de frijol común; Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Fernández, Fernando; Gepts, Paul; López, Marciliano. Producción Ospina o, Héctor F. Colaboración Rigoberto. Cali, Colombia. CIAT 26p. (Serie: 04SB-09.03).

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CIAT (1988). Conceptos básicos de la fisiología del frijol: Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: J. W. White. Producción: Clemencia Gómez de Enciso y Carlos Valencia G. Cali, Colombia. CIAT 56p. (Serie: 04SB-07.01).

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CIAT, (1984). Morfología de la planta de frijol común. Guía de estudio 2da.edic. Cali-Colombia, serie 04SB-09. 47pp.

CERÓN. J.L., (2016). Parámetros fisiológicos en cinco variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), en condiciones de La Molina. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú. 79 p.

CHACÓN M., (2001) Chloroplast DNA polymorphisms and the evolution and domestication of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Agricultural botany. The University of Reading, Reading, UK

CHRISTINE J.SMALL Y BRIAN C.MCCARTHY (2005). Relationship of understory diversity to soil nitrogen, topographic variation, and stand age in an eastern oak forest, USA.

CISNEROS, N. F., (1992). El manejo integrado de plagas. Guía de estudio CIP N ° 7. Centro Internacional de la Papa, CIP. 38 pp.

COAQUIRA, LL., (2014). Efecto de la inoculación con *Rhizobium* sp., *Trichoderma* sp. y la aplicación de biofertilizantes sobre el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Blanco molinero. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú. 64 p.

CÓRDOBA, O. y CASAS, H. (2003). Principales arvenses asociadas al cultivo de fríjol en la Región Andina. Boletín Técnico N.º 20. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Estación Experimental El Nus, San Roque, Antioquia, Colombia. 40 pp.

Datos meteorológicos disponibles en: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=data-historica>.

DEBOUCK D. 1985.La búsqueda de la diversidad genética de *Phaseolus* en los tres centros americanos como servicio al fitomejoramiento del cultivo. En seminarios internos CIAT. serie SE-2-86,21 de marzo, 20 pp.

DEBOUCK D. y HIDALGO R. (1985). «Morfología de la planta de fríjol común»; en Marcelino López, Fernando Fernández y Aart van Sochoonhoven (comp), Frijol: investigación y producción (pp. 7–41).

DELGADO, A. (1985). Systematics of the genus *Phaseolus* (Leguminosae) in North and Central America. PhD thesis, The University of Texas at Austin. 363 p.

DELGADO, A. 1985. Systematics of the genus *Phaseolus* (leguminosae) in north and Central America. PhD Thesis, The University of Texas at Austin. 363pp.

DOORENBOS, J. Y KASSAM, A.H. (1979). Yield response to water. FAO irrigation and Drainage, paper no. 33.193 p.

- EGHBALL, B., SETTIMI, J. R., MARANVILLE, J. W., AND PARKHURST, A. M. (1993). Fractal analysis for morphological description of corn roots under nitrogen stress. *Agron. J.* 85, 287–289.
- FAO. (1986). Guía de fertilizantes y nutrición vegetal. Boletín N°9, 1986. Roma, Italia. 198p.
- FAO. (2008). Base de datos estadísticos. Disponible en: <http://www.fao.org>. Consultado 20/7/17.
- FAO. (1994) ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Version 1.0 AGLS. United Nations Food And Agriculture Organization (FAO). Rome, Italy.
- FAOSTAT. FAO Statistics Division.
- FEIL, B., THIRAPON, R., GEISLER, G., AND STAMP, P. (1991). The impact of temperature on seedling root traits of European and tropical corn (*Zea mays* L.) cultivars. *J. Agron.* 85, 287–289
- FIRA (2016). «Panorama Agroalimentario, dirección de investigación y evaluación económica y sectorial», Boletín Informativo frijol, Pág. Web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200638/Panorama_Agroalimentario_Frijol_2016.pdf. Consultado 24/6/17.
- FIXEN, P., (1993). Dinámica del suelo- cultivo del fosforo y manejo de los fertilizantes fosfatados. *Informaciones agronómicas* N° 16. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/734720F2777F84138525801300556278/\\$FILE/Art%202.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/734720F2777F84138525801300556278/$FILE/Art%202.pdf).
- FLAVEN, P.H.; EVERT, R.F. AND CURTIS, H. (1976). *Biology of plants*. Worth Publishers (New York).
- FOTH, H. (1987). *Fundamentos de la ciencia del suelo*. Jhon Willey & Sons. Estados Unidos.
- Fourel, A. 1970. *La judía verde: economía, producción, comercialización*. INVUFLEC (Institut National de Vulgarisation pour les Fruits, Legumes et Champignons). Ed. Acribia D. L. París.

FREYTAG G F, D G DEBOUCK (2002). Taxonomy, distribution, and ecology of the genus *Phaseolus* (Leguminosae-Papilionideae) in North America, Mexico and Central America. SIDA, Botanical Miscellany 23. Botanical Research Institute of Texas. Fort Worth, USA. 300 p.

GARTON, R. W., AND WIDDERS, I. E. (1990). N and P preconditioning of small plug seedlings influences growth and yield of processing tomatoes. HortScience 25, 655–657.

GEPTS P, BEAVIS WD, BRUMMER EC, SHOEMAKER RC, STALKER HT, WEEDEN NF, YOUNG ND (2005). Legumes as a Model Plant Family. Genomics for Food and Feed Report of the Cross-Legume Advances through Genomics Conference. Plant Physiology. 137:1228-1235

GEPTS P, BLISS FA (1986). Phaseolin variability among wild and cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*) from Colombia. Econ Bot 40:469-478

GEPTS P, DEBOUCK DG. (1991). Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L). Research for crop improvement 7-53

GEPTS P., (1988). Genetic resources of *Phaseolus* beans: current plant science and biotechnology in agriculture. Dordrecht. 619

GEPTS P., (1998). Origin and evolution of common bean: Past events and recent trends. HortScience 33:1124-1130.

GEPTS. P., (2001). *Phaseolus vulgaris* (Beans). Academic press, 1-2.

GREGORY, P. J. (1994). Root growth and activity. In “Physiology and Determination of Crop Yield” (G. A. Peterson, Ed.), pp. 65–93. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

GUARÍN M., J. H. (2003). Trips palmi Karny en el Oriente antioqueño. Biología, efecto de hongos entomopatógenos y extractos vegetales en laboratorio y campo, comportamiento de sus enemigos naturales e impacto ambiental para su manejo sostenible. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rio negro, Antioquia (Colombia). 64 pp.

HANSSON, A. C., AND ANDREN, O. (1987). Root dynamics in barley, Lucerne, and meadow fescue investigated with a minirhizotron technique. Plant Soil 103, 33–38

- HUARINGA, (2015). Curso de leguminosas de grano. Lima-Perú.
- HUARINGA, CAYCHO Y NILTON, (2015). Evaluación preliminar de cepas nativas en el frijoles introducidos del CIAT y variedades tradicionales en condiciones de marcará Ancash. III. Congreso Peruano de Fito-mejoramiento y biotecnología agrícola.
- IICA, (1969). Programación de la investigación y extensión agrícola en frijol y otras leguminosas de grano para América central, Turrialba, Costa Rica, 1969. Vol. I, pág. 185-186.
- INIA - ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA DONOSO, (2009). Variedad para una Agricultura Orgánica. FRIJOL INIA 404 - CIFAC 90105.
- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA (IICA), (2008). Guía de identificación y manejo integrado de las enfermedades del frijol en América Central / IICA/ Proyecto Red SICTA, COSUDE. Managua: IICA, 2008.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRARIA, (2004). Variedad de frijol arbustivo para la costa del Perú. Frijol Canario 2000 – INIAA
- KAFKAFI, U. AND XU, G.H. (1999). Potassium nutrition for high crop yields. In: Frontiers in potassium nutrition: new perspectives on the effects of potassium on physiology of plants (D. M. Osterhuis, and G. Berkowitz, eds.). 133-142: PPI/PPIC, Georgia, USA.
- KAPLAN L, T F LYNCH, C E SMITH (1973). Early cultivated beans (*Phaseolus vulgaris*) from an intermontane Peruvian valley. *Science* 179:76-77.
- KAPLAN L., (1965). Archeology and domestication in American *Phaseolus* (beans). *Econ. Bot.* 19:358-368.
- Knott, J. E. 1957. Handbook for vegetable growers. (Guide pour les cultures maraicheres). Londres.
- LADIZINSKY G (1998). Plant evolution under domestication. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. The Netherlands. 256p.
<http://www.springer.com/gp/book/9780412822100>.

LAL, R. (2002). Encyclopedia of soil Science. 856-859. Editorial Advisor board. United States of America.

LAWTON, K. AND COOK, R.L. (1954). Potassium in plant nutrition. Adv. Agron. 6: 253-303. Leigh, R. A. and Wyn-Jones, R. G. 1984. A hypothesis relating critical potassium concentration for growth to the distribution and function of this ion in the plant cell. New Phytol. 97, 1- 13.

LAZCANO-FERRAT, I., (2000). LA INTERACCION DEL FOSFORO Y OTROS NUTRIENTES código: SP-0902 Nutri - Verdades - Fósforo # 2: Es Verdad, las Plantas Necesitan Fósforo REVISTA IMPOFOS. (México). Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/7B6C8DA4F21ED01206256ABF0050C29C/\\$file/IA+COM+4-1.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/7B6C8DA4F21ED01206256ABF0050C29C/$file/IA+COM+4-1.pdf).

LEIGH, RA (1989). Potassium concentrations in whole plants and cells in relation to growth. In: Methods of K-research in plants (21 sI colloquium of IPI). IPI, Bern, Switzerland.

MAATHUIS, F. J. M., AND SANDERS, D. (1994). Mechanism of high affinity potassium uptake in roots of Arabidosis thaliana. ProC. Natl. Acad. Sci. USA 91: 9272-9276.

MABBERLEY D. J., (1998). The Plant Book. Cambridge University Press, Cambridge. 706 pp.

MAMANI, L. M. (2005). Efecto de la aplicación de Trichoderma spp. Sobre el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Canario Centenario. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima- Perú. 68p.

MANRIQUE, S. (1980). Evaluación de 20 generaciones avanzadas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano negro en siembra de primavera y verano en la Costa Central. Tesis de Ing. Agrónomo. UNALM Lima-Perú.

MARÉCHAL, R; JM MASCHERPA, F STAINIER. (1978). Etude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces des genres Phaseolus et Vigna (Papilionionaceae) sur la base de donées morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. Boissiera 28:1-273.

MARSCHNER, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd Ed., Academic Press, San Diego, New York.

MARSCHNER, H. (2012). Mineral nutrition of higher plants. 3 ed. London Academic Press. 651p.

MONTAÑO N. (2008). Efecto del Carbono Orgánico sobre la disponibilidad de fosforo y nitrógeno en el suelo de un ecosistema tropical estacional mexicano. Tesis de Doctorado UNAM. México. 128 pp

MONTERROSO V. A. AND H. C. WIEN. (1990). Flower and Pod Abscission due to heat stress in beans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115(4), 631-634.

MUNERA, A. G., Y MEZA, D. C., (2012). Fosforo elemento indispensable para la vida vegetal. Universidad Tecnológica de Pereira, Laboratorio de análisis de suelos (Mistratro, Risaralda, Colombia).

MURPHY, J. A., AND ZAUROV, E. (1994). Shoot and root growth response of perennial ryegrass to fertilizer placement depth. Agron. J. 86, 828–832

NAVARRO S., F. (1983). Marco de referencia del área. In Frijol en el Noroeste de México. Tecnologías de producción. SARH-INIA-CIPAC-CAEVACU.CPIEAS. Culiacán, Sin., México. pp 1 -28.

NAVARRO, G; NAVARRO, S. (2003). Química agrícola. p (75, 183-207). Ediciones Mundi-Presa. España.

NAVARRO, G; NAVARRO, S. (2013). Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas. 3 ed. Madrid, ES. Mundi Prensa. p. 45-48.

PAPA, R. AND GEPTS, P. (2003). Asymmetry of gene flow and differential geographical structure of molecular diversity in wild and domesticated common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) from Mesoamerica. Theor. Appl. Genet. 106: 239–250.

PAPA, R., ACOSTA, J., DELGADO-SALINAS, A., AND GEPTS, P. (2005). A genome-wide analysis of differentiation between wild and domesticated *Phaseolus vulgaris* from Mesoamerica. Theor. Appl. Genet. 111: 1147–1158.

- PAPA, R., BELLUCCI, E., ROSSI, M., LEONARDI, S., RAU, D., GEPTS, P., NANNI, L., AND ATTENE, G. (2007). Tagging the signatures of domestication in common bean (*Phaseolus vulgaris*) by means of pooled DNA samples. *Ann. Bot.* 100: 1039–1051.
- PERDOMO, C. H. Y R. DODERA, (1992). In. O. Casanova (ed) Principales procesos de pérdida de nitrógeno. Cátedra de Fertilidad de suelos y Fertilizantes. Facultad de Agronomía.
- PERDOMO, C. H.; O. N. CASANOVA Y V. CIGANDA. (1998). 4° Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea. Relevamiento de Contaminación de aguas con NO₃⁻ en distintas zonas del Uruguay. ALHSUD, Montevideo – Uruguay, 16 al 20 de noviembre de 1998. Vol 2. Pp. 962.
- PÉREZ CA, LO HEDIN & JJ ARMESTO (1998). Nitrogen mineralization in two unpolluted old-growth forests of contrasting biodiversity and dynamics. *Ecosystems* 1: 361-373.
- POLHILL R. M., (1994). Classification of the Leguminosae. In *Phytochemical Dictionary of the Leguminosae*, . Chapman and Hall, London 1: 16-37.
- POLHILL R. M., (1981). Papilionoideae. In *Advances in Legume Systematics*, Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey. 191-205.
- REYES-MORENO, C. AND PAREDES-LOPEZ, O. (1993). .Hardto-cook phenomenon in common beans- a review. *CRC Crit. Rev. Food Sci Nutr.* 33:227-286.
- RÍOS, M., J. y QUIRÓS D., J. (2002). El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Cultivo, beneficio y variedades. *Boletín Técnico. FENALCE.* Bogotá 193 pp.
- ROBINSON, D., LINEHAN, D. J., AND GORDON, D. C. (1994). Capture of nitrate from soil by wheat in relation to root length, nitrogen inflow, and availability. *New Phytol.* 128, 297–305.
- ROBLES, M. (1982). Evaluación de 25 cultivares de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano de color en siembra en verano y otoño en la costa central. Tesis Ing. Agrónomo UNALM. Lima-Perú. 83 p.

RODRIGUEZ C.F. Y D. J. MALDONADO. (1983). Tecnología de producción. In: Frijol en el Noroeste de México. SARH-INIA-CIPAC-CAEVACU.CPIEAS. Culiacán, Sin., México. pp 71-98.

RUIZ C. J. A., G. G. MEDINA., A. GONZÁLEZ, I. J.; ORTIZ T., C.; FLORES L., H.E.; MARTÍNEZ P., R.A. Y BYERLY M., K.F. (1999). Requerimientos agroecológicos de cultivos. Libro técnico No. 3. INIFAP. México. 324 p.

SCHWARTZ F., H. y E.G. GÁLVEZ. (1980). Problemas de producción del frijol: Enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris*. CIAT. Cali, Colombia. pp. 344.

SIEA 2017. SISTEMA INTEGRADO DE ESTADISTICAS AGRARIAS, Pág. Web: <http://siea.minag.gob.pe/siea/?q=publicaciones/boletin-estadistico-de-produccion-agricola-pecuaria-y-avicola-0>. Visitado 30/5/17.

SILVA. B. (2002). Apuntes de cátedra de fertilidad y fertilizantes. Escuela de Agronomía, Universidad Mayor. Santiago, Chile.

SINGH. (1999). Com bean improvement in the twenty first centry. Kluwer Academic Publishers. The Nertherlands. 405pp.

SMITH B D (2001). Documenting plant domestication: The consilience of biological and archaeological approaches. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 94:1324-1326.

SMITH B. D., (2005). Reassessing Coxcatlan Cave and the early history of domesticated plants in Mesoamerica. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 102:9438-9445.

SMITH D. Y JOHNSON L. (2003). Expansion of *Juniperus virginiana* L. in the Great Plains: changes in soil organic carbon dynamics, Global Biogeochemical Cycles, 17(2):1062.

SOUKUP, J. (1970). Genera peruviana. Raymondiana 3:5-97.

STEVENSON F. Y COLE M. (1999). Cycles of soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulphur Micronutrients. Wiley y Sons. Estados Unidos. 448 pp.

STEVENSON, F. J. (1982). Organic forms of soil nitrogen. (ed.) Nitrogen in Agricultural soils. Monographic N° 22. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA.

SWIFT R. Y POSNER A. (1972). The Distribution and Extraction of soil nitrogen as a function of soil particle size. *Soil Biology Biochemistry* 4:181-186.

ULLOA J., (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. Web: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/1.pdf>.

Revisado 2/7/17

VAN-SLYKE, L.L. (1932). *Fertilizers and crop production*. Orange Judd Publishing Company, New York

VOYSEST VOYSEST, OSWALDO, (2000). Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): legado de variedades de América Latina 1930-1999/ Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2000. 195p. Ilus. (publicación CIAT; n° 321)

VOYSEST, OSWALDO., (1983). Variedades de frijol en América Latina y su origen. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia 87 p.

WESTON, L. A., AND ZANDSTRA, B. H. (1989). Transplant age and N and P nutrition effects on growth and yield of tomatoes. *HortScience* 24, 88–90.

WHITE, J.W., (1988), Conceptos básicos de la fisiología del frijol. Producción: Clemencia Gómez de Enciso y Carlos Valencia G. Cali, Colombia. CIAT 56p. (Series: 04SB-07.01).

WHITE, J.W., (1985). Conceptos básicos de fisiología del frijol. In: López Genes, Marceliano; Fernández O., Fernando O.; Schoonhoven, Aart van (eds.). *Frijol: Investigación y producción*. Programa de las Naciones Unidas (PNUD); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 43-59.

WHITMORE A. Y HANDAYANTO E. (1997). Simulating the mineralization of N from crop residues in relation to residue quality. En: *Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition*.

ZIZUMBO-VILLARREAL D, P COLUNGA, E PAYRO, P DELGADO-VALERIO, P GEPTS, (2005) Population structure and evolution dynamics of wild-weedy-domesticated complexes of common bean in a Mesoamerican region. *Crop Sci.* 45:1073-1083.

FOTOS



Fotografía 1: Extracción de las plantas para su análisis.



Fotografía 2: CIFAC 90105, Canario 2000 y Blanco Larán Mejorado.



Fotografía 3: Aplicación de cebo toxico para gusano cortador.



Fotografía 4: Emergencia de la planta de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)



Fotografía 5: Instalación de trampas amarillas en todo el campo experimental.



Fotografía 6: Vista frontal del campo experimental.



Fotografía 7: Variedad Canario 2000 con una dosis de 100kg de N/ha.



Fotografía 8: Variedad CIFAC 90105 con 30kg de N/ha.



Fotografía 9: Variedad Canario 2000 con 60kg de N/ha.



Fotografía 10: Fases fenológicas: Prefloración, Floración, Formación de Vainas, Llenado de vaina.



Fotografía 11: Madurez Fisiológica de la variedad Blanco Larán Mejorado.

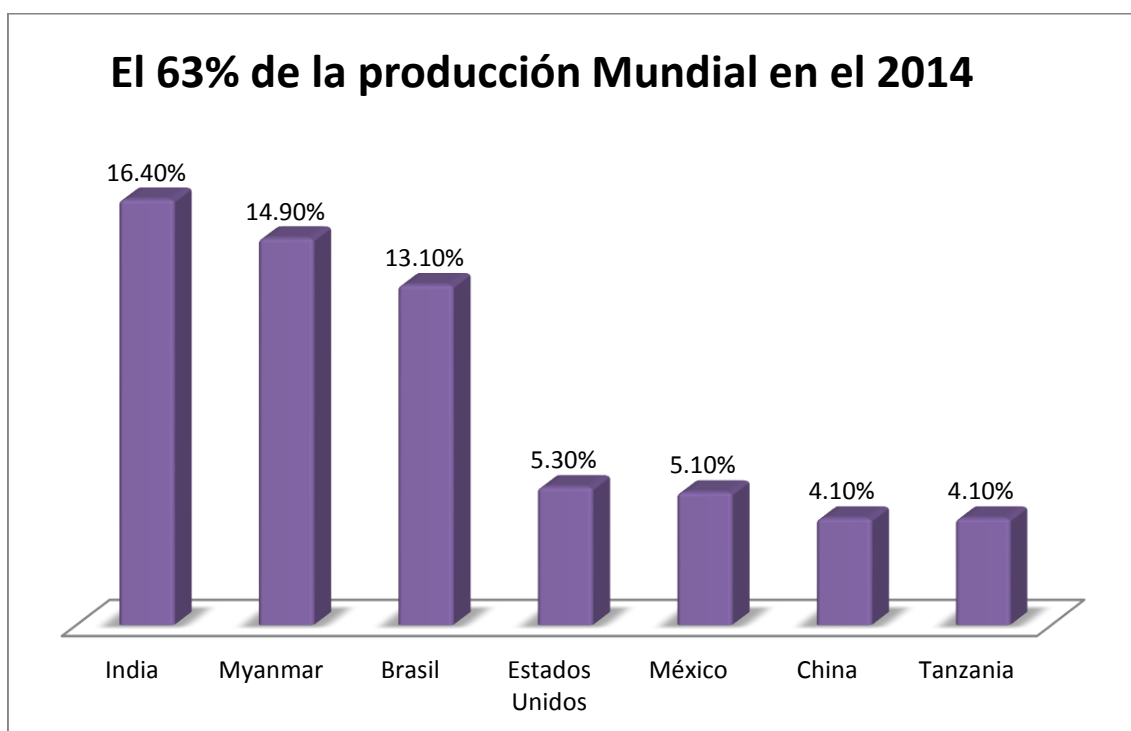
VIII. ANEXOS.

ANEXO 1. Componentes principales del frijol común, función tradicional y potencial nutraceutico. Celaya, Gto., México.

Componente	Papel tradicional	Potencial nutraceutico
Nutricional		
Proteína	Fuente de aminoácidos	Alternativa de proteína animal.
Fibra	Reduce la constipación del sistema digestivo	
Lípidos	Fuente de energía	Reducción de colesterol en sangre y requerimientos de insulina en la sangre.
Carbohidratos	Fuente de energía	
Lisina	Aminoácido limitante	Tratamiento de herpes
Protección		
Polifenoles totales	Confieren resistencia a plagas de almacén Dan color al caldo	Antioxidantes, reducción de problemas cardiovasculares
Fisiológicos		
Ácido fítico	Fuente de fosforo durante la germinación	Antioxidantes
Antinutricionales		
Taninos	Reducen la asimilación de minerales y digestibilidad de proteína.	Antioxidantes, antimutagénicos, disminución de PCV y los requerimientos de insulina.
Inhibidores de tripsina	Disminuyen la digestibilidad de proteína y el PER, alergénico ocupacional. Crecimiento de páncreas y ulceración del epitelio intestinal en ratas	Protección contra rotavirus, anti carcinogénesis, quimioprotectores. Inhibición del crecimiento de linfomas, diagnostico de tumores cancerosos.
Lectinas	Confiere resistencia a plagas de almacén	

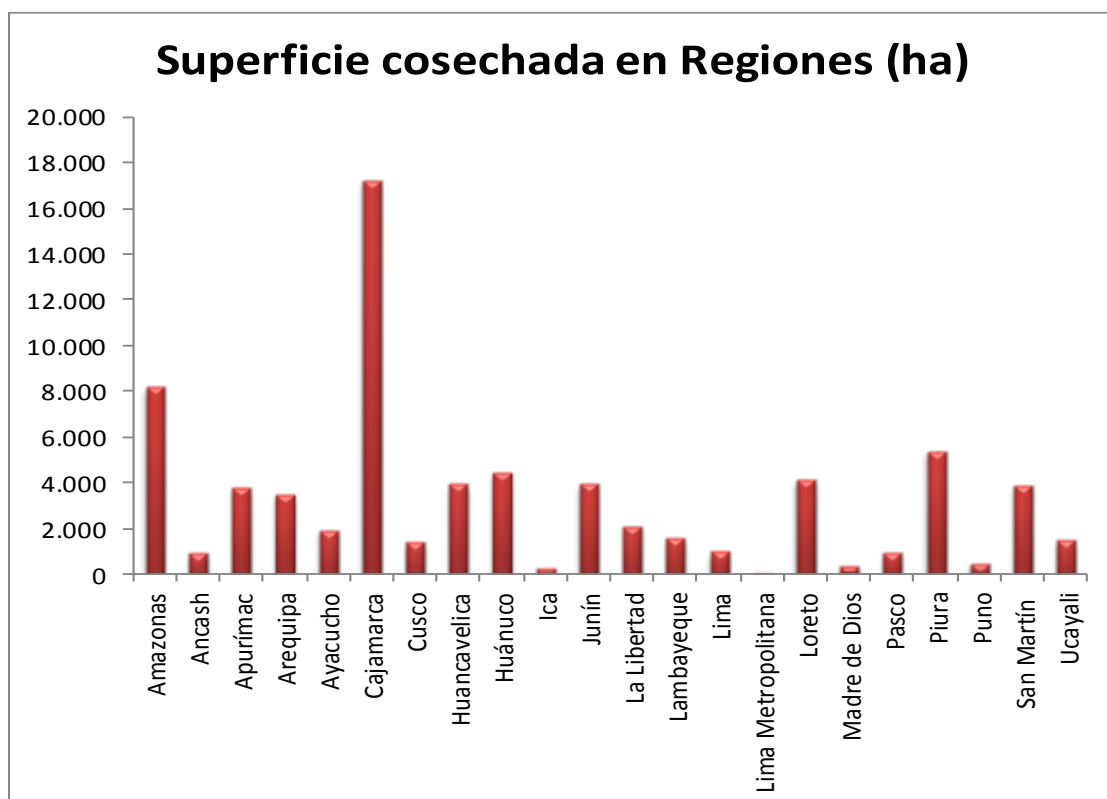
FUENTE: Guzmán-Maldonado y Paredes-López, 1998.

ANEXO 2: Datos estadísticos de la producción mundial en el 2014.



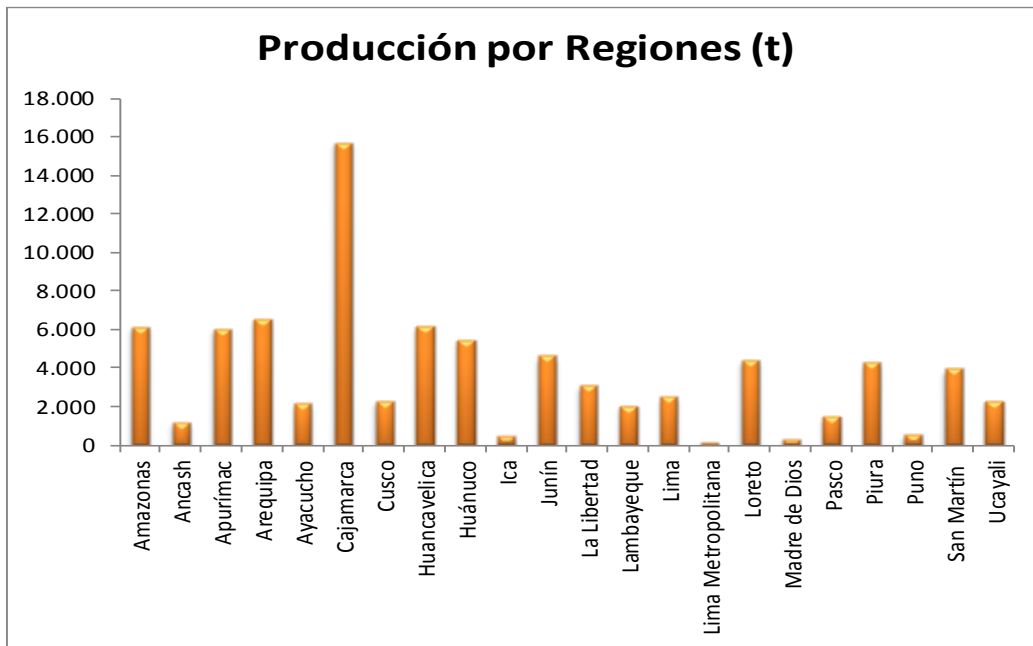
FUENTE: FIRA, 2016

ANEXO 3: Superficie cosechada (ha) de frijol en el Perú, en el año 2016.



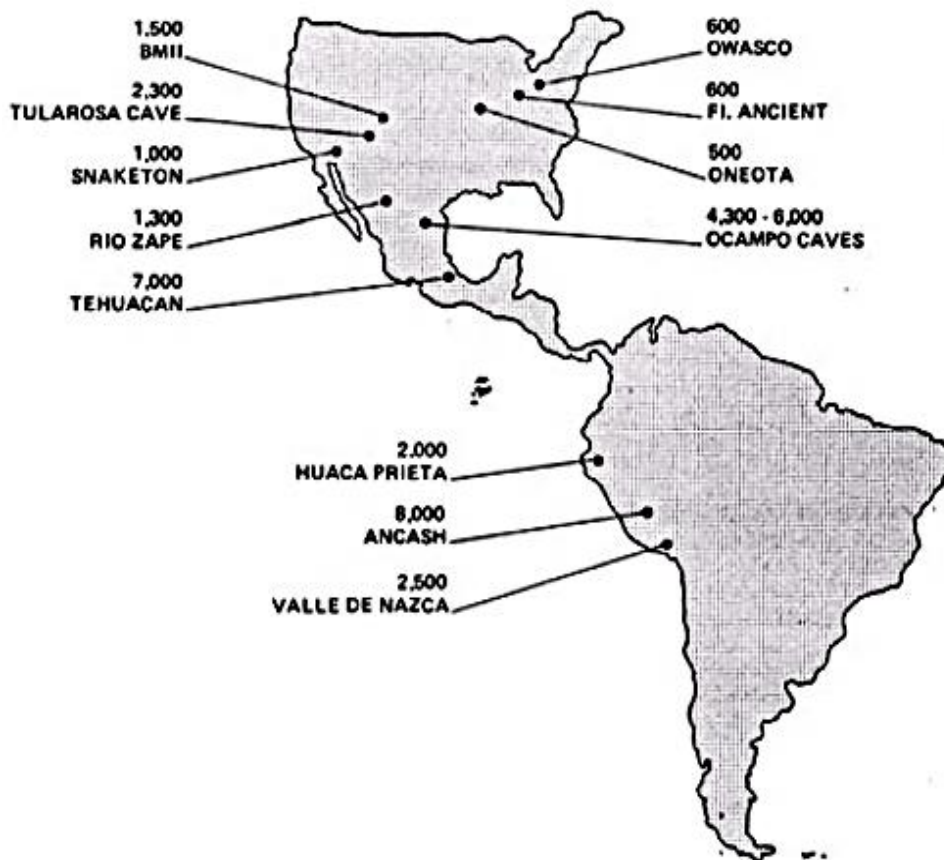
FUENTE: SIEA, 2016

ANEXO 4: Producción (t) por regiones del Perú en el 2016.



FUENTE: SIEA, 2016

ANEXO 5: Sitios de hallazgos de Phaseolus vulgaris en el continente y años de antigüedad.



FUENTE: Revista Investigación científica, adaptado de Debouck e Hidalgo, 1985.

ANEXO 6: Clasificación del *Phaseolus vulgaris* del banco de germoplasma del CIAT.

Grupo de color	Tipo varietal	País
Blanco	Panamito	Perú, Ecuador
	Blanquillo	Colombia
	Arroz	Chile
	Navy Bean	EEUU
	Small White	EEUU
	Great Northern	EEUU
	Alubia	Argentina
	Coscorrón	Chile
	Caballero	Perú
Crema (beige)	Carioca	Brasil
	Mulatinho	Brasil
	Bico de Ouro	Brasil
	Cargamanto	Colombia
	Pinto	México
	Ojo de Cabra	México
Bayo	México, Perú, Chile, Ecuador	
Amarillo	Canario	Perú, México
	Azufrado	México
	Enxofrao	Brasil
	Liborino	Colombia
	Jalo	Brasil
	Amarelo	Brasil
Café – Marrón	Ricopardo	Brasil
	Redlands	Australia
	Chumbinho	Brasil
Rosado	Rosinha	Brasil
	Rosita	México
	Flor de Mayo	México
	Miss Kelly	Jamaica, Belice
	Red Kidney	EEUU, Jamaica, Belice, Panamá
	Andino	Colombia
Rojo	Calima	Colombia
	Pompadour	República Dominicana
	Zamorano	Honduras
Morado	Sangretero	Colombia
	Roxinho	Brasil
Negro	Porrillo	El Salvador
	Jamapa	México
	Turrialba	Costa Rica
	ICA-Pijao	Colombia
	Rio Tibagi	Brasil

FUENTE: CIAT, 1983

ANEXO 7: Análisis Físico - Químico del suelo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : SENAMHI

Departamento : LIMA

Distrito : LA MOLINA

Referencia : H.R. 55597-128C-16

Provincia : LIMA

Predio :

Fecha : 09/09/16

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena	Limo	Arcilla			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
								%	%	%			meq/100g							
11307	HA-30	7.87	0.38	0.00	1.75	23.3	255	52	25	23	Fr.Ar.A.	12.80	11.18	1.00	0.42	0.20	0.00	12.80	12.80	100
11308	HB-60	7.68	0.77	0.00	0.99	4.1	228	28	33	39	Fr.Ar.	19.68	15.91	2.70	0.63	0.44	0.00	19.68	19.68	100
11309	HC-90	7.70	0.70	0.00	0.85	4.1	109	38	33	29	Fr.Ar.	16.32	14.12	1.50	0.35	0.35	0.00	16.32	16.32	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		Nitratos ppm	Amonio ppm
Lab.	Claves		
11307	HA-30	8.17	2.88
11308	HB-60	17.28	2.88
11309	HC-90	9.00	2.16

Dr. Sady García Bendezi
 Jefe del Laboratorio

ANEXO 8: Datos meteorológicos para el Distrito de La Molina, registrados durante el periodo Junio a Diciembre del 2016 en “Campo 5” del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), para el ensayo realizado.

Mes	TEMPERATURA (°C)			Precipitación (mm)	Humedad Relativa Media (%)	Radiación (Watts/m2)
	Máxima	Mínima	Media			
Junio	20,43	14,83	17,63	1,7	82,92	107,07
Julio	18,71	15,12	16,91	2,7	82,56	94,67
Agosto	18,63	14,33	16,48	5.0	83,38	97,75
Setiembre	19,77	15,09	17,43	0,8	81,20	151,44
Octubre	21,41	15,49	18,45	0,1	77,35	174,04
Noviembre	23,61	14,98	19,30	0.0	74,49	212,90
Diciembre	25,84	17,76	21,80	0,9	73,67	212,53

FUENTE: Estación Meteorológica Automática del SENAMHI.

ANEXO 9: Características morfológicas y de importancia agronómica del frijol común.

CARACTERES	CANARIO 2000	CIFAC 90105	LARÁN MEJORADO
Hábito de crecimiento	Arbusto determinado Tipo I	Semiprostrado Indeterminado Tipo III	Arbusto determinado Tipo II
Altura de promedio de planta	54 cm	90cm	56 cm
color de las alas de la flor	Lila claro	Blanco	Blanco
Días a la Floración	50	55	47
Días a la madurez fisiológica	90	98	98
Días a la cosecha	125	135	85(verde) - 115 (seco)
Color de grano	Amarillo intenso	Amarillo	Blanco
Tamaño de grano	Grande	Grande	Grande
Peso promedio de 100 semillas	54 g	46g	50,8 g
Número de granos por vaina	4	5 a 6	5
Perfil predominante de la vaina	Curvada	Recto	Recto
Rendimiento promedio	1500 - 2000 kg/ha de Grano seco	2500 - 3000kg/ha. de Grano seco	1500 - 2500 kg/ha de Grano seco
Rendimiento máximo alcanzado	2595 kg/ha de grano seco	3500 kg/ha de grano seco	3000 kg/ha de grano seco
Aceptación comercial	Muy buena	Muy buena	Muy buena

FUENTE: Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria

ANEXO 10: Fertilización de los tratamiento en estudio.

	Fecha	Días después de la Siembra (dds)	Formula de Fertilización	Cantidad de Fertilizantes por Subparcela de 27 m² (Tratamiento)
1• Fertilización	20/07/2016	20	F1 = 30N-80P ₂ O ₅ -60K ₂ O F2 = 45,7N-80P ₂ O ₅ -60K ₂ O F3 = 50N-80P ₂ O ₅ -60K ₂ O	F1 = 0 g SA - 469,6 g FD - 324 g SP F2 = 184,6 g SA - 469,6 g FD - 324 g SP F3 = 240,7 g SA - 469,6 g FD - 324 g SP
2• Fertilización	04/08/2016	35	F1 = 0N F2 = 14,3N F3 = 50N	F1 = 0 g SA F2 = 183,9 g SA F3 = 642,9 g SA
Total			F1=30N-80 P ₂ O ₅ -60K ₂ O F2=60N-80 P ₂ O ₅ -60K ₂ O F3=100N-80P ₂ O ₅ -60K ₂ O	F1= 469,6 g FD-324 g SP F2= 368,5 g SA -469,6 g FD-324 g SP F3= 883,6 g SA-469,6 g FD-324 g SP

Fertilizantes: FD = Fosfato Diamónico, SP = Sulfato de Potasio, SA = Sulfato de Amonio