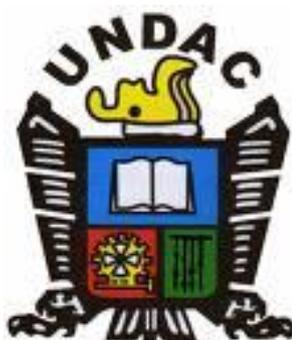


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Características agronómicas y rendimiento de frijol “Tiapo” *Phaseolus vulgaris* L. en dos densidades y aplicación de boro, distrito Oxapampa,

Pasco

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autor:

Bach. Janeth PACCONCCA PEREZ

Asesor:

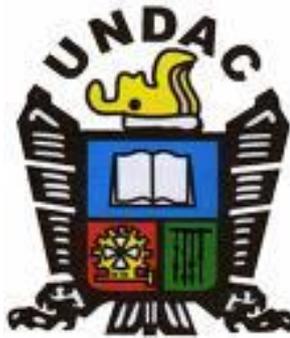
Mg. Juan RODRIGUEZ LAYZA

Oxapampa – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Características agronómicas y rendimiento de frijol “Tiapo” *Phaseolus vulgaris* L. en dos densidades y aplicación de boro, distrito Oxapampa,

Pasco

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Ladislao Cesar ROMERO RIVAS

PRESIDENTE

Dr. Javier Justo GONZALES ARTEAGA

MIEMBRO

Dr. Crecencio Amaro QUIÑONES NARVAEZ

MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 076-2024/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por

PACCONCCA PEREZ, Janeth

Escuela de Formación Profesional

Agronomía – Oxapampa

Tipo de trabajo

Tesis

Características agronómicas y rendimiento de frijol

“Tiapo” *Phaseolus vulgaris* L. en dos densidades y

aplicación de boro, distrito Oxapampa, Pasco

Asesor

Mag. RODRIGUEZ LAYZA, Juan

Índice de similitud

2%

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti plagio.

Cerro de Pasco, 29 de agosto de 2024



Firmado digitalmente por HUANES
TOVAR Luis Antonio FAU
20154605046 soft

Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30.08.2024 11:32:31 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

DEDICATORIA

A DIOS, el cual con su amor y sabiduría me guió y ayudó a superar todas las pruebas y obstáculos que se han presentado.

A mis padres Desiderio Pacconcca Cáceres y Flora Pérez Castro, por el apoyo incondicional, los consejos y el esfuerzo que realizaron día a día y sacrificio que hicieron posible mi logro.

A mis hermanos por apoyarme y ser un pilar fundamental en mi formación personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

La autora de esta tesis presenta el más profundo agradecimiento a:

A Dios, ser omnipotente a quien le debemos nuestro día a día, y la oportunidad de ser mejores en cada nuevo amanecer.

A la UNDAC, mi alma mater, a todos los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía-Oxapampa. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por sus conocimientos y experiencia brindada durante todos los años de nuestra vida universitaria.

Mi reconocimiento profundo a mis padres, ejemplos de bondad, esfuerzo, perseverancia y superación, a quienes debo lo que soy, gracias por el sacrificio abnegado en la educación de sus hijos, gracias por su compañía y amor incondicional a lo largo de toda mi vida.

Al Blgo. Juan Rodríguez Layza mi asesor, gracias por su amistad, por todas las enseñanzas, por su tiempo y paciencia, ejemplo de superación y un ejemplo a seguir.

A los miembros del jurado: Ing. Cesar Romero, Blgo. Javier Gonzales y al licenciado Crescencio Quiñones, por sus contribuciones al revisar y sugerir mejoras a este trabajo.

Gracias infinitas a mis hermanas. Mirey, Ruth, Noemí Florabel, Astrid y hermano Kike Saduth porque de una u otra manera estuvieron siempre apoyándome y dándome ánimos en todos los días seguir adelante, ya que este triunfo es de mucha satisfacción para ellos.

A todas las personas que de una y otra forma han colaborado para la ejecución del presente trabajo de investigación.

RESUMEN

El frijol Tiapo, *Phaesolus vulgaris* L. es una población, adaptada a un ambiente de selva alta, es fuente de proteína y fibra de calidad, dentro de una sostenibilidad. Se determinó las características agronómicas y rendimiento en grano a 31250 y 21484 plantas/ha y aplicación de boro 0, 50 y 100 g B (ácido bórico)/ha, en diseño DBCA con arreglo factorial, distrito de Oxapampa Pasco, Perú, la prueba de Tukey encontró que, la precocidad no fue afectada a la floración y cosecha, mientras, la madurez fisiológica fue favorecida por 21484 plantas/ha, más no por los niveles de boro; asimismo, no fue afectada, longitud de planta, ramas/planta, biomasa fresca y seca, y longitud de raíces; pero, en diámetro de tallo a la cosecha fue superior en 21484 plantas/ha, igual esta densidad con 100 g B (ácido bórico)/ha fue superior; la densidad no afectó el área foliar y en boro fue superior 100 g B (ácido bórico)/ha; mientras, el índice de área foliar, fue superior la mayor densidad y el mayor nivel de boro, con 2,36 y 3,20, respectivamente; la respiración basal no fue afectada por la densidad y niveles de boro; en vainas/planta y longitud de vainas y peso de cien granos en 21484 plantas/ha fueron superiores, igual a esta densidad con 100 g B (ácido bórico)/ha fue superior en longitud de vaina y peso de cien granos con 13,81 cm y 57,97 g, respectivamente y rendimiento en grano fue superior en 31250 plantas/ha con 2328,91 kg/ha, esta misma densidad en el nivel boro de 50 g B (ácido bórico)/ha, con 2541,75 kg/ha.

Palabras claves: Densidad, boro, respiración basal, frijol Tiapo y rendimiento

ABSTRACT

The Tiapo bean, *Phaseolus vulgaris* L. is a population adapted to a high jungle environment, it is a source of quality protein and fiber, within a sustainability. The agronomic characteristics and grain yield were determined at 31,250 and 21,484 plants/ha and application of boron 0, 50 and 100 g B (boric acid)/ha, in DBCA design with factorial arrangement, Oxapampa Pasco district, Peru, the Tukey test found that precocity was not affected at flowering and harvest, while physiological maturity was favored by 21,484 plants/ha, but not by boron levels; likewise, plant length, branches/plant, fresh and dry biomass, and root length were not affected; but, in stem diameter at harvest it was higher in 21,484 plants/ha, also this density with 100 g B (boric acid)/ha was higher; Density did not affect leaf area and boron was higher at 100 g B (boric acid)/ha; Meanwhile, the leaf area index was higher at higher density and higher boron level, with 2.36 and 3.20, respectively; basal respiration was not affected by density and boron levels; pods/plant and pod length and weight of one hundred grains in 21,484 plants/ha were higher, equal to this density with 100 g B (boric acid)/ha was higher in pod length and weight of one hundred grains with 13.81 cm and 57.97 g, respectively and grain yield was higher in 31,250 plants/ha with 2,328.91 kg/ha, this same density at the boron level of 50 g B (boric acid)/ha, with 2,541.75 kg/ha.

Keywords: Density, boron, basal respiration, Tiapo bean and yield

INTRODUCCIÓN

El frijol, *Phaseolus vulgaris* L., es cultivado con el objeto de disponer de sus semillas para consumo humano, verde o seco; en zonas rurales de México se consume en mezcla con maíz *Zea mays* L, se complementan para mejorar la nutrición humana (Sangerman-Jarquín et al., 2010), en poblaciones locales la proteína varía de 16,54 a 25,23%, grasa entre 0,33 a 1,33% y es fuente de minerales, selenio, zinc y hierro (Celmeli et al., 2018). Además, tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, en consecuencia, se reduce el uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos (Karavidas et al., 2022), en comparación de las variedades mejoradas, que son muy productivas, pero han perdido la capacidad de hacer simbiosis con las bacterias.

En Zimbabue, África, el frijol Blanco constituye un cultivo de mucha importancia para el agricultor rural, como seguridad alimentaria, les produce ingreso económico por la venta del grano, realizado por los varones, transformado en harina y comercializada por las mujeres (Mutari et al., 2021); por otro lado, en la agricultura rural de países en desarrollo, existe el cultivo de frijol sin fertilización mineral que produce menor número de vainas/planta, pero guarda relación con la protección del medio, alimento sano y al alcance (Dos Santos et al., 2022). El rendimiento de grano, está directamente relacionado con el área e índice de área foliar; un aumento de estas dos variables por la fertilización combinada de 100 kg/ha (18,7:37:6,9:0,25 NPSB) + 2,5 t/ha de estiércol de aves, seguido de 5 t/ha en la misma dosis del fertilizante mineral (Tadesse et al., 2022).

Según Hosseini & Amini (2019), la fertilización foliar de 0,025% y 0,05% de ácido bórico al inicio de la floración de frijol blanco, cultivares Jules, G11867 y Shekoofa, se encontró que no hubo diferencias significativas en la inter acción de estas variedades y los niveles de boro en índice de cosecha, boro en hoja y peso de 100 granos; por otro lado, en cuatro variedades frijol con un distanciamiento entre surco y planta de

0,45 m x 0,10 m, respectivamente, con una densidad de población de 222222 plantas/ha, en siembra convencional + abono verde y directa con plantas de cobertura sobre superficie del suelo con rendimiento de 3,36 t/ha y 3,95 t/ha, respectivamente (Rivero-Herrada et al., 2020).

El cultivo de frijol, *P. vulgaris* L. Var. Michoacan 12-A-3 con hábito de crecimiento tipo II, distanciamiento de siembra entre surcos a 0,80 m y 0,30 m entre plantas, produjo el mayor rendimiento, 116 g/m² frente a otros tratamientos con 50, 100 y 150 kg/ha de N como urea, aplicado a la siembra (Escalante-Estrada et al., 2021). En el Perú, el cultivo de frijol es una cultura en el poblador rural con fines de consumo y comercio en mercado local; por otro lado, en las grandes ciudades, es fuente de proteína (Aguilar-López & Gonzáles-Andrade, 2024); además, está adaptado a la diversidad de climas y suelos que se posee, cuando se trata de poblaciones adaptadas, tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, que esto reduciría costos de producción, en la agricultura familiar.

Oxapampa, selva alta, es una zona donde se desarrollan muchos cultivos, como la granadilla, *Passiflora ligularis*, rocoto, *Capsicum pubescens*, zapallo, *Cucurbita maxima* y frijoles de manera muy limitada, de manera que el propósito de esta investigación fue generar información para mejorar el rendimiento del frijol Tiapo, con incremento de la densidad de plantas/ha y el uso de ácido bórico como fuente de boro, para una seguridad alimentaria. El objetivo fue determinar las características agronómicas y el rendimiento en grano y sus componentes, en dos densidades de siembra y tres niveles de boro foliar, en el distrito Oxapampa, Pasco, Perú.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.3.	Formulación del problema.....	3
	1.3.1. Problema general	3
	1.3.2. Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos	4
	1.4.1. Objetivo general	4
	1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5.	Justificación de la investigación.....	4
1.6.	Limitaciones de la investigación	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	7
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	17

2.3.	Definición de términos conceptuales.....	29
2.4.	Formulación de hipótesis.....	31
2.4.1.	Hipótesis General	31
2.4.2.	Hipótesis Específicas.....	31
2.5.	Identificación de Variables.....	31
2.5.1.	Variables independientes.....	31
2.5.2.	Variable dependiente	32
2.6.	Definición Operacional de variables e indicadores	35

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	37
3.2.	Nivel de investigación	37
3.3.	Métodos de la investigación	37
3.4.	Diseño de la investigación.....	37
3.5.	Población y muestra	40
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	40
3.6.1.	Toma de datos de las variables.....	45
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	54
3.8.	Tratamiento estadístico.....	55
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica	55

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	56
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	58
4.3.	Prueba de hipótesis	94

4.4.	Discusión de resultados	96
4.4.1.	Precocidad	96
4.4.2.	Características agronómicas	97
4.4.3.	Variables fisiológicas	102
4.4.4.	Respiración del suelo.....	103
4.4.5.	Componentes del rendimiento.....	104

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables e indicadores.....	35
Tabla 2 Tratamientos, combinaciones, densidad de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	38
Tabla 3 Características de la unidad experimental	39
Tabla 4 Resultado del análisis de caracterización del suelo, donde se desarrolló el experimento	42
Tabla 5 ANOVA para días a la floración (dds), frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	58
Tabla 6 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios, a la floración de frijol, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	59
Tabla 7 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, de floración de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	60
Tabla 8 ANOVA para días a madurez fisiológica (dds), de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	61
Tabla 9 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios para madurez fisiológica, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro).....	62
Tabla 10 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para días a la madurez fisiológica de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	62
Tabla 11 ANOVA para días a la cosecha (dds), de frijol Tiapo, en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	63
Tabla 12 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha= 0,05$, promedios, días a la cosecha, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	64
Tabla 13 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha= 0,05$, de días a la cosecha de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	64

Tabla 14 ANOVA para longitud de planta (cm) de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	65
Tabla 15 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de longitud de planta, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	66
Tabla 16 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para longitud de planta, tratamiento, de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	66
Tabla 17 ANOVA para diámetro de tallo (mm) de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	67
Tabla 18 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de diámetro de tallo de frijol Tiapo, factor A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	68
Tabla 19 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para diámetro de tallo, tratamiento, de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	68
Tabla 20 ANOVA, el número de ramas/planta de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	69
Tabla 21 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de número de ramas/plantas, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	70
Tabla 22 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para número de ramas/planta, tratamiento, de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	70
Tabla 23 ANOVA para biomasa fresca de follaje (g) de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	71
Tabla 24 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios para biomasa fresca de follaje factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	72

Tabla 25 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para biomasa fresca de follaje, tratamiento, de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	72
Tabla 26 ANOVA para biomasa seca (g/planta) de follaje del frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	73
Tabla 27 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de biomasa seca de follaje, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	74
Tabla 28 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para biomasa seca de follaje, tratamiento, de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	74
Tabla 29 ANOVA para longitud de raíz (cm), de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	75
Tabla 30 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de longitud de raíz factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	76
Tabla 31 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para longitud de raíz, tratamiento, de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	76
Tabla 32 ANOVA para área foliar del frijol Tiapo (dm ²) en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	77
Tabla 33 Comparación múltiple de Tukey, alfa 0,05, promedios de área foliar, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	78
Tabla 34 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para área foliar de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	78
Tabla 35 ANOVA para índice de área foliar(m ² /m ²), de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	79

Tabla 36 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de índice de área foliar factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	80
Tabla 37 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para índice de área foliar de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	80
Tabla 38 ANOVA, respiración basal del suelo (mg/kg/día) con cultivo de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	81
Tabla 39 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de respiración basal del suelo factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro).....	82
Tabla 40 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para la respiración basal del suelo, tratamientos, de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	82
Tabla 41 ANOVA, número de vainas llenas/planta de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	83
Tabla 42 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de vainas llenas, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	84
Tabla 43 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para vainas llenas, tratamientos, de frijol Tiapo dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	84
Tabla 44 ANOVA, para vainas vanas/planta de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	85
Tabla 45 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de vainas vanas, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	86
Tabla 46 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para vainas vanas, tratamientos, de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	86
Tabla 47 ANOVA, longitud de vainas (cm) de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	87

Tabla 48 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de longitud de vainas llenas, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	88
Tabla 49 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para longitud de vainas, tratamientos, de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	88
Tabla 50 ANOVA, número de granos/vaina de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	89
Tabla 51 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de granos/vaina, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	90
Tabla 52 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para granos/vaina, tratamientos, de frijol Tiapo con densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	90
Tabla 53 ANOVA, peso de cien granos (g) de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	91
Tabla 54 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de peso de cien granos, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	92
Tabla 55 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para peso de cien granos, tratamientos, de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro	92
Tabla 56 ANOVA, rendimiento en grano de frijol Tiapo (kg/ha) en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)	93
Tabla 57 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de rendimiento en grano, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)	94
Tabla 58 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$ para rendimiento de grano, tratamientos, de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico).....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Croquis del área experimental, bloques y aleatorización de los tratamientos	39
Figura 2	Ubicación del área experimental, Miraflores III.....	40
Figura 3	Área experimental previo a labores de siembra.....	41
Figura 4	Limpieza manual del área experimental.....	41
Figura 5	Marcado de los bloques.....	43
Figura 6	Primer deshierbo del cultivo frijol Tiapo.....	44
Figura 7	Aplicaciones de fungicidas.....	44
Figura 8	Preparación de solución de urea al 1.4 %.....	45
Figura 9	Aplicación de ácido bórico.....	45
Figura 10	Planta de frijol Tiapo en plena floración.....	46
Figura 11	Planta de frijol en madurez fisiológica.....	46
Figura 12	Planta de frijol a la cosecha.....	46
Figura 13	Medición de longitud de planta de frijol.....	47
Figura 14	Conteo de número de ramas/planta.....	47
Figura 15	Peso fresco de follaje.....	48
Figura 16	Follaje cortado para muestreo.....	48
Figura 17	Medición de la longitud de raíz.....	49
Figura 18	Foliolos extraídos de las muestras de cada unidad experimental.....	50
Figura 19	Obtención de 50 cuadrados (2 x 2 cm).....	50
Figura 20	Homogeneizado de 40 g de tierra.....	51
Figura 21	Frascos en incubación para respiración basal.....	51
Figura 22	Titulación del hidróxido residual.....	51
Figura 23	Demarcación de las unidades experimentales a la cosecha.....	52
Figura 24	Muestreo de 10 plantas por unidad experimental.....	52

Figura 25 Vainas llenas por planta de frijol	53
Figura 26 Vainas vanas por planta de frijol	53
Figura 27 Longitud de vaina de frijol.....	53
Figura 28 Número de granos por vaina de frijol	53
Figura 29 Conteo de 100 granos de frijol.....	54
Figura 30 Vainas totales de cuatro surcos de una unidad experimental.....	54
Figura 31 Campo experimental Miraflores III	57
Figura 32 Marcado del área experimental	57
Figura 33 Deshierbo de cada unidad experimental	57
Figura 34 Aplicación foliar de boro	57
Figura 35 Aplicación de insecticida	57
Figura 36 Muestreo de plantas a los 73 dds	57
Figura 37 Biomasa fresca	57
Figura 38 Área foliar	57
Figura 39 Respiración basal de suelo	57
Figura 40 Evaluación a la cosecha	57
Figura 41 Número de vainas por planta	57
Figura 42 Peso de cien semillas	57
Figura 43 Tendencia de los factores A y B a días a la floración (dds) de frijol Tiapo..	59
Figura 44 Tendencia de los factores A y B a días a la madurez fisiológica (dds) de frijol Tiapo.....	61
Figura 45 Tendencia de los factores A y B para días a la cosecha (dds) de frijol Tiapo	63
Figura 46 Tendencia de los factores A y B de longitud de planta (cm) de frijol Tiapo	65

Figura 47 Tendencia de los factores A y B en el diámetro de tallo (mm)de frijol Tiapo	67
Figura 48 Tendencia de los factores A y B de número de ramas/planta de frijol Tiapo	69
Figura 49 Tendencia de los factores A y B de biomasa fresca (g/planta) de frijol Tiapo	71
Figura 50 Tendencia de los factores A y B de biomasa seca (g/planta) de follaje de frijol Tiapo.....	73
Figura 51 Tendencia de los factores A y B en longitud de raíz de frijol Tiapo	75
Figura 52 Tendencia de los factores A y B de área foliar (dm ²) de frijol Tiapo	77
Figura 53 Tendencia de los factores A y B de área foliar(m ² /m ²) de frijol Tiapo.....	79
Figura 54 Tendencia de los factores A y B en la respiración basal del suelo (mg/kg/día) con frijol Tiapo	81
Figura 55 Tendencia de los factores A y B de número de vainas llenas/planta (N°/planta) de frijol Tiapo	83
Figura 56 Tendencia de los factores A y B de número de vainas vanas/planta (N°/planta) de frijol Tiapo	85
Figura 57 Tendencia de los factores A y B de longitud de vaina (cm) de frijol Tiapo .	87
Figura 58 Tendencia de los factores A y B de número de granos/vaina de frijol Tiapo	89
Figura 59 Tendencia de los factores A y B de peso de cien granos (g) de frijol Tiapo	91
Figura 60 Tendencia de los factores A y B de rendimiento de grano (kg/ha) de frijol Tiapo.....	93

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Todos los cultivos, requieren de un conjunto de nutrientes para poder formar sus estructuras en los diferentes estados fenológicos, unos en cantidades mayores, los macronutrientes y otros en pequeñas, los micronutrientes, pero son fundamentales para el normal desarrollo y fructificación, en estos últimos está el boro; que participa en la movilización y metabolismo de los carbohidratos, germinación del polen y formación del tubo polínico después de la polinización (Fernández et al., 2015); además, Shireen et al. (2018), mencionan que es vital para la fecundación de la oosfera dentro del saco embrionario y formar la semilla, importante, porque el valor económico del frijol son los granos, con este micronutriente se lograría un mayor cuajado de frutos.

En soya *Glycine max* (L.) Merr., la fertilización foliar con boro, fue favorable para un incremento de 25% del rendimiento en grano con la aplicación de 225 g/ha de boro (Bustos, 2022); esto, se esperaría que sea igual en frijol Tiapo, *P. vulgaris* L. por tratarse de una leguminosa, al considerar que los suelos son

pobres en este nutriente, por una carencia de materia orgánica del suelo. En cinco poblaciones de frijoles en selva alta, Oxapampa, el frijol Bayo produjo mayor rendimiento, de 1858,20 g/10 plantas, en comparación a frijol Tiapo, que fue de 744,10 g/10 plantas (Rodríguez et al., 2012); pero, este último tiene la ventaja de estar adaptado a la zona, muestra resistencia a la antracnosis, *Colletotrichum lindemuthianum*, patógeno que ataca durante todo el ciclo fenológico del frijol, debido a las condiciones climáticas favorables de esta zona; pero que, con un incremento de la densidad de siembra se puede llegar incrementar el rendimiento (Calero et al., 2017); asimismo, se ha encontrado en dos distanciamientos de frijol, 0,3 x 0,5 m y 0,5 x 0,5 m, con densidad de siembra 66667 y 40000 plantas/ha, respectivamente, donde fue superior la mayor densidad (Rosado, 2020) y en consecuencia mayores ingresos para el agricultor, proteína de calidad y menos emisión de pesticidas al medio; con esto, se esperó contribuir a la generación de conocimiento para la zona de selva alta, sobre el frijol Tiapo. Por lo expuesto, fue muy importante evaluar las características agronómicas y rendimiento de frijol Tiapo *P. vulgaris* L., en dos densidades y aplicación foliar de tres niveles de boro (ácido bórico), bajo las condiciones del distrito de Oxapampa, en la región Pasco.

1.2. Delimitación de la investigación

La investigación “Características agronómicas y rendimiento de frijol Tiapo, *P. vulgaris* L., en dos densidades y aplicación de tres niveles de boro, bajo condiciones del distrito Oxapampa, Pasco”, se desarrolló en el campo experimental Miraflores III, Filial Oxapampa, de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, en temporada de baja precipitación (julio a diciembre), bajo un sistema de siembra convencional.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuáles son las características agronómicas y el rendimiento del cultivo de frijol Tiapo *P. vulgaris* L., en dos densidades y aplicación de tres niveles de boro, bajo condiciones del distrito de Oxapampa, Pasco, Perú?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la precocidad del cultivo frijol Tiapo *P. vulgaris* L., en dos densidades de siembra y aplicación de tres niveles de boro, distrito de Oxapampa?
- ¿Cuáles son las características agronómicas (longitud de planta y diámetro de tallo, número de ramas, biomasa fresca de follaje, biomasa seca de follaje, longitud de raíces) de frijol Tiapo, *P. vulgaris* L., en dos densidades de siembra y aplicación de tres niveles de boro?
- ¿Cuál es el área foliar e índice de área foliar de frijol Tiapo *P. vulgaris* L., en dos densidades y aplicación de tres niveles de boro, distrito de Oxapampa?
- ¿Cuál es la respiración basal del suelo con frijol Tiapo *P. vulgaris* L., en dos densidades y aplicación de tres niveles de boro, distrito de Oxapampa?
- ¿Cuál es el rendimiento y sus componentes de frijol Tiapo *P. vulgaris* L., en dos densidades y aplicación de tres niveles de boro, distrito de Oxapampa?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar las características agronómicas y rendimiento del cultivo de frijol Tiapo *P. vulgaris* L., en dos densidades y aplicación de tres niveles boro, bajo condiciones del distrito de Oxapampa, Pasco, Perú.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la precocidad de frijol Tiapo, en dos densidades de siembra y aplicación de tres niveles de boro, distrito de Oxapampa.
- Determinar las características agronómicas (longitud de planta, diámetro de tallo, número de ramas, biomasa fresca de follaje, biomasa seca de follaje y longitud de raíces) de frijol Tiapo, en dos densidades de siembra y aplicación de tres niveles de boro.
- Determinar el área foliar e índice de área foliar de frijol Tiapo *P. vulgaris* L., en dos densidades y aplicación de tres niveles de boro, distrito de Oxapampa.
- Determinar la respiración basal del suelo con frijol Tiapo *P. vulgaris* L., en dos densidades y aplicación de tres niveles de boro, distrito de Oxapampa.
- Determinar el rendimiento y sus componentes de frijol Tiapo *P. vulgaris* L., en dos densidades y tres niveles de boro, distrito de Oxapampa.

1.5. Justificación de la investigación

En el Perú, el cultivo de frijol está arraigado en el poblador rural, para su consumo familiar y venta local, el consumo per cápita, es alrededor de 5 kilos en áreas rurales y 6 en la selva (INEI, 2012); además, se posee una diversidad de

climas y suelos que son aptos para el cultivo de frijoles, que tienen alto valor económico en los mercados; asimismo, por ser una leguminosa, tiene la capacidad de fijar nitrógeno molecular, se evita con esto la contaminación del medio por la aplicación de fertilizantes nitrogenados, disminuye el costo de producción, considerando que, el pequeño agricultor es que opta por este cultivo para el sustento de su familia.

Oxapampa, selva alta del Perú, es una zona que tiene condiciones para el desarrollo de cultivos de frijoles, *P. vulgaris*, donde se cultiva en muy pequeñas extensiones, que se podría incrementar como una alternativa, frente a otros. Los frijoles tienen proteínas (22 a 28%); vitaminas del complejo B, como el ácido fólico, los minerales principalmente, hierro, fósforo, potasio y calcio a niveles superiores al de la carne de vacuno (Valladolid, 2016), por tanto, constituyen una alternativa en la dieta alimenticia; además, tienen la capacidad de mantener la fertilidad de los suelos, con la fijación de nitrógeno en simbiosis con bacterias que evitaría el uso de fertilizante nitrogenado sintético. El suelo, es otro factor muy importante en la producción de los cultivos, por los nutrientes que aporta mediante la interacción con los microorganismos y el cultivo, la planta elabora compuestos orgánicos a través de la fotosíntesis, que se trasladan hasta las raíces, que permite mantener las poblaciones microbianas en la rizosfera, y así facilitar la disponibilidad de los nutrientes para el cultivo.

Según las cifras de la SUNAT; entre enero y mayo del año 2023, las exportaciones de menestras sumaron US\$ 26,8 millones, con 5,5% más en el mismo periodo del 2022; además, presentaron un crecimiento similar (+5%) con respecto al mismo periodo del 2021; el volumen exportado fue 14817 t,

considerado a los frijoles Loctao con US\$ 6,6 millones que equivale al 73,5% del total (ComexPerú, 2023).

Los resultados obtenidos en el cultivo de frijol Tiapo, *P. vulgaris*, es de importancia para los agricultores de selva alta tropical húmeda, para un aprovechamiento sostenible de sus tierras y obtener una mayor rentabilidad; además, al no aplicarse en grandes cantidades de nitrógeno, se protege el medio con este cultivo y se evitaría en consecuencia contaminar los cuerpos de agua, con los nitratos producidos en el suelo por la nitrificación que, por su carga eléctrica no son retenidos por los coloides del suelo y se mueve libremente con el agua de infiltración (Cabrales, 2019). Por esto, es necesario tener cultivos que sean compatibles con el medio para mantener la fertilidad del suelo.

1.6. Limitaciones de la investigación

Los factores que podrían haber enmascarado los resultados de esta investigación, sería la posible variabilidad del suelo, el contenido de boro y la materia orgánica disponible donde se instaló el cultivo, además, de las condiciones climáticas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

En frijol, *Phaseolus vulgaris* L. variedad (Var.) Pinto Santillo, en Aguas Calientes, México, se incrementó el rendimiento en más de 0,25 t/ha, al pasar de 90000 a 145000 plantas/ha y 0,39 t/ha con 260000 plantas/ha (Osuna-Ceja et al., 2012). En la provincia Santic Spiritus, Cuba; en cuatro variedades de frijol, *P. vulgaris* L., con distanciamiento de 0,6 x 0,1 m en Velazco largo; 0,6 x 0,2 m en BAT304; 0,6 x 0,1 m en Pílon y 0,35 x 0,10 m para Quivicán, todas, con aplicación VIUSID agro a 0,5; 0,8; 1,0 L/ha, donde el mayor rendimiento fue con la dosis de 1,0 L/ha con 2,84 t/ha en Velazco largo, comparado con el menor rendimiento, que fue a la aplicación 0,5 L/ha con 1,70 t/ha en Quivicán (Peña et al., 2017).

En Pinar del Rio, Cuba, en frijol, *P. vulgaris* L., cinco variedades CUFIG 48, CUL 156, Tomeguín 93, Delicias 364 y Buenaventura, todas con hábito de crecimiento tipo II y distanciamiento de 0,6 x 0,07 m, el de mayor rendimiento fue Buenaventura con 1,81 t/ha y menor Tomeguín 93 con 1,10 t/ha (Izquierdo et

al., 2018); asimismo, en el municipio Songo la Maya, provincia Santiago, Cuba, en tres variedades de frijol, AT- 304, CC25 – 9 y Delicias 364, con hábito de crecimiento tipo II y con distanciamiento entre surco de 0,70 m y entre planta 0,10 m en las variedades BAT- 304 y CC25-9 y, 0,70 m x 0,07 m en Delicias 364, el rendimiento de CC25-9 con 1331,33 kg/ha y BAT-304, con 1235,34 kg/ha superaron el menor rendimiento de Delicias 364 con 1117,00 kg/ha (Góngora-Martínez et al., 2020).

El cultivo frijol común *P. vulgaris* L., con abono verde sobre la superficie del suelo produjo 6048 kg/ha, seguido de abono verde seco sobre la superficie con 5381 kg/ha y el menor rendimiento fue con abono seco incorporado al suelo de 3027 kg/ha (Jamioy, 2018). Asimismo, en la Var. BAT 304 Negro, con 100 t/ha de estiércol de vacuno, el rendimiento fue 1940 kg/ha, superior al testigo sin fertilización con 1610 kg/ha. (Rodríguez-Fernández & Sánchez-Mora, 2021); por otro lado, con distanciamientos de 0,30, 0,40 y 0,55 m entre surco y 0,3 m entre planta, el rendimiento fue de 3471 kg/ha, 2501 kg/ha y 1936 kg/ha, respectivamente, con fertilización de NPK a una fórmula de 20:20:00 (Mas, 2007).

El frijol Var. Diacol Calima, se ha determinado que el aumento del área foliar está relacionada con el número y tamaño de las hojas, que se logró con fertilización NPK+Fe; uno con el uso de borato 48 (14,8 % de boro) y otro + una mezcla Boronatrocálita + ácido bórico (16,35 % de boro), no hubo diferencias para los tres primeros estadios de desarrollo con el testigo, sin fertilizante, y se estableció que el ácido bórico favorece una mayor absorción de boro en la planta, por su alta solubilidad en el suelo (Yamil et al., 1997).

En el cultivo de frijol, *P. vulgaris* L., Var. Rojo, hábito de crecimiento tipo II, con diferentes tipos de fertilizantes, el tratamiento t1 ferti frijol (0,36% de boro) 200 kg/ha, t2 ferti frijol (0,36% de boro) 100 kg/ha + 5 t/ha de compost y t3 10 t/ha de compost, todos con distanciamiento de 0,60 x 0,20 m entre surco y planta, respectivamente, se evaluaron a los 28 dds, el número de ramas/planta, mayor fue t1 con 2,85 y el menor t3 con 2,32 (Rugama, 2020).

En variedades criollas (Capitán, Rojo de Seda, Segoviano) y mejoradas (CENTA Cuscatleco, DOR 582, CENTA Costeño, Rojo Salvadoreño, CENTA 2000 y CENTA Pipil) a 83333 plantas/ha, 16:20:0 NPK, el peso de 100 semillas fue entre 27,4 g y 18,9 g en Segoviano y CENTA Pipil, respectivamente (Amaya & Gómez, 2010).

La precocidad y biomasa seca del frijol *P. vulgaris* L., está en relación al cultivar, población y variedad, responden de manera particular a cada hábitat, condiciones del medio y el manejo. Goyes (2013), encontró que, con hábito de crecimiento tipo II, los días a la floración, el más precoz fue en cultivar Dubal con 50,25 días y el cultivar tardío a la floración fue Injerto con 76,07 días; mientras que, Criollo & López (2015), encontraron, valores máximos de biomasa seca de frijol en cultivares, Radical arbustivo a los 76 dds con 4,4 g/día, y a los 83 dds por el cultivar Cerinza con 5,4 g/día, acumulando este último al final del ciclo, el valor máximo seguido de Calima con 5,0 g/día, se afirma que a medida que transcurre el tiempo, la proporción de material vegetal es mayor.

En longitud de vaina, en la población ROL 227-3 con mayor valor (10,8 cm) y ROL 168, el menor (8,14 cm), estos resultados muestran la escasa variabilidad fenotípica y genética existente entre las poblaciones incluidas dentro de los grupos de frijoles (Lépiz et al., 2010); además, se menciona que la longitud

de vaina, con promedios más elevados fue las accesiones FMR1 y FMR7 con 12,3 cm y el menor promedio fue INIAP-422 afro andino y INIAP- 430 Portilla con 9 cm; para número de vainas por planta, los promedios más altos fueron en frijol negro Chillanes (15,8) y frijol marrón Chillanes (14,3), el menor fue de Chonta x TB2 y FMR7 con 7 vainas, respectivamente (Chicaiza, 2015).

Por otro lado, en longitud de vainas en la Var. Ejote Criollo, a la aplicación de tres fertilizantes foliares, Metalosato con 10,16 cm; Bayfolan Forte, 10,05 cm y con NR- frijol, 9,96 cm a comparación del testigo que fue 9,85 cm, los resultados de longitud de vaina promedio resultaron sin diferencias significativas en los diferentes tratamientos (Argueta et al., 2013); asimismo, encontraron el número de vainas del frijol chino mayores incrementos con la aplicación de fertilizante foliar más boro 0,01 g/L, en dos distanciamiento de siembra entre hileras de 80 y 160 cm, el número de vainas/planta fue 78 y 55, respectivamente; asimismo, longitud de vaina, con la aplicación y distanciamiento antes mencionado, fue de 40,2 cm y 39,4 cm que no fueron diferentes entre tratamientos (Apáez et al., 2016).

Asimismo, frijol arbustivo Var. INIAP 414 con una densidad de siembra 0,47 cm y 0,50 cm con aplicación de cuatro fertilizantes foliares, con mayor longitud de vaina fue con aplicación de Bayfolan, 12,39 cm, seguidamente con Algreen, 12,2 cm, Nitrofoska, 12,09 cm, Millerplex con 11,5 cm y en testigo fue 12,06 cm, en los cuales no existió significancia (Quishpe, 2010); en otro estudio, bajo condiciones de lluvia estacional de clima cálido, en un suelo de textura arcillosa, el frijol con aplicación de biofertilizantes a los 30 dds y cada 15 días con fertilización foliar (NPK más boro 0,01 g/L), el índice de área foliar resultó

mayor con 0,97 dm² a comparación sin aplicación foliar que fue 0,73 dm² (Apáez et al., 2014).

En Tola, Ecuador, en frijol arbustivo INIAP 484 Centenario, con la aplicación de fertilización edáfica NPKMg (100:46:60:18) con 88,64 kg/ha y PKMg (46:60:18) con 55,64 kg/ha a los 15 dds y fertilización foliar con micronutrientes más boro al 0,03% (1 L/ha), y a los 30 dds, con NPKMg más foliar, tuvo mayor índice de área foliar con 901,80 cm y menor con PKMg más foliar, con 696,07 cm (Malla, 2018).

En la comunidad de Rumichaca provincia Tungurahua, Ecuador, en comportamiento agronómico de tres variedades de frijol Canario, Calima y Mantequilla con un distanciamiento entre plantas 0,30 m y entre surco 0,80 m, en los días de la floración promedio, resultó más precoz Mantequilla con de 45,83 dds, seguido de Calima, 55,33 dds y Canario 84 dds (Curay, 2019).

Los bioproductos de origen microbiano “CBQ-AgroG” en el cultivo del frijol común Var. Buenaventura con hábito de crecimiento tipo II, en un testigo y con aplicación foliar del bioproducto 20 L/ha, distanciamiento de siembra de 0,45 m entre surco por 0,07 m entre plantas, a los 75 dds, resultaron en ambos tratamientos (con aplicación CBQ-AgroG y testigo) en madurez fisiológica y la cosecha se realizó a los 85 dds cuando en ambos tenían legumbres secas (Hernández, 2018); por otro lado, en el sector de San Nicolás de Uyamá, Cantón Mira, Provincia del Carchi, Ecuador, en frijol, *P. vulgaris* L., variedades Rojo del valle, Centenario y Cargabello con una dosis de aplicación de zinc 0, 2, 4 mL/L, con distanciamiento 0,5 m y entre planta 0,3 m, al evaluar la precocidad en variedad Centenario con 105,8, Cargabello 113,1 y Rojo del valle 111,2, días a la cosecha respectivamente, con dosis de zinc; no se reportaron diferencias, en el

testigo registrando valores que oscilaron 109,5 (0 mL/L), dosis media (2 mL/L), 110,5 y dosis alta (4 mL/L), 110,2 dds, respectivamente (Madera, 2018).

El área e índice de área foliar para frijol *P. vulgaris* L., en cinco genotipos promisorios y una Var. comercial Magdalena, en dos localidades, Maracay, estado Aragua y Samán Mocho, estado Carabobo, Venezuela, los promedios estuvieron entre 458,80 y 2273,30 cm², obtenidos mediante un lector óptico marca LI-COR, modelo LI-3000A y para el índice de área foliar entre 1,09 a 5,41 m/m, respectivamente (Warnock et al., 2006).

En tres variedades criollas de frijol, *P. vulgaris* L. Waspam, Rojo Seda y Rosado, y una mejorada (INTA) con dos tipos de crecimiento determinado e indeterminado, con aplicación foliar de lombrihumus en etapa de prefloración a razón de 3 L/bombada por cada unidad experimental compuesta de 174 plantas, con distanciamiento de 0,50 m entre surco y 0,33 m entre plantas, se registró mayor longitud de vaina en la Var. INTA con 12 cm, todo lo contrario, a la variedad Rojo Seda con menor valor de 8 cm (Mendiola & Arauz, 2019).

En la finca el Guacimo del municipio del Valle de San José, Colombia, en frijol Radical con crecimiento de tipo arbustivo, en evaporación de láminas de agua, los tratamientos fueron 100% (t1), 200% (t2), 400% (t3) y 600% (t4) con estimación de evaporación diaria, con mayor rendimiento resultó el t3 con 1711,7 kg/ha, t2 con 1235,4 kg/ha y con los tratamientos t1 y t4 fue 748,46 y 971,72 kg/ha, respectivamente (Cáceres et al., 2020).

En un suelo de clase Nitisoles, se caracteriza por una alta actividad arcillosa y contenido de materia orgánica, en clima tropical húmedo, el frijol *P. vulgaris* L., con 125000 y 166666 plantas/ha, el peso de cien semillas fueron 38,94 y 39,36 g, respectivamente (Zamukulu et al., 2023); esto implica que la

densidad no hizo variar esta variable. En el municipio de San Pablo de Borbur, Boyacá, Colombia, a 1385 m.s.n.m con temperatura de 19 a 32°C con suelo franco arcilla arenosa, en frijol, Var. Calima, San Juanito, Birroño y Cargabello encontraron que, el peso de 100 granos, la variedad Cargabello tuvo 52,9 g y con menor peso en San Juanito con sólo 23,77 g (Gutiérrez, 2020).

El cultivo de frijol *P. vulgaris* L., en la finca el Paraíso provincia de Cotopaxi, Ecuador, en suelo franco arenoso, y tres fertilizantes orgánicos, humus de lombriz, bocashi y compost, que tenían 0,03% de boro, los granos/vaina, el mejor fue el humus con 5, seguido del compost con 3 y el testigo de 2,25 (Campos & Nicola, 2022). En tres genotipos de frijol Ejotero Straik, Palma y Zapata, en la localidad de Huatecalco, Tlaltizapan, México, con clima cálido subhúmedo a 950 m.s.n.m, la mayor longitud de vaina ostentó Straik con 12,03 cm, 11,64 cm para Palma y con el menor valor en Zapata 11,18 cm (Ayvar-Serna et al., 2020); señalando que la longitud de vaina, depende mucho del genotipo de frijol.

En Sandoval, México, a 2040 m.s.n.m, la precipitación de 532 mm/año y la temperatura de 16,3 °C, suelo de textura arcillo arenosa, en las variedades, Flor de Junio Dalia y Pinto Coloso, con aplicación de 0, 10 y 20 t/ha de estiércol de bovino con contenido de boro (412 mg/kg), a una densidad de 140000 plantas/ha, el rendimiento de Flor de Junio Dalia, produjo 1,33, 2,31 y 2,12 t/ha, mientras que, en Pinto Coloso con 0,71, 1,35 y 1,10 t/ha, respectivamente (Arellano-Arciniega et al., 2015).

Con un menor distanciamiento, 10 cm entre planta, (200000 plantas/ha) se registró con mayor rendimiento 2721,2 kg/ha, comparado a un distanciamiento de 30 cm (72000 plantas/ha) que tuvo 1138,2 kg/ha (Garcés & Vera, 2014). Por otro lado, en el cultivo de frijol Caupí, Var. comercial Caupicor 50, distancia entre

plantas (20, 30 y 40 cm), se obtuvo el área foliar entre 10978,40 y 7072,40 cm² con distanciamiento de 40 y 20 cm entre planta, y de 9023,8 y 8681,3 cm² en el distanciamiento entre surco de 60 y 80 cm, respectivamente (Cardona et al., 2021).

En dos localidades, La Bella y Dosquebradas en el departamento de Risaralda, Colombia, en variedades frijol Quimbaya, Línea 3 y Línea 7, con una fertilización de 100 kg/ha de fórmula (18:46:0) di fosfato de amonio, con densidad de siembra de 70 y 15 cm entre surco y planta, el mayor peso de cien semillas fue 62,60 g en Línea 7 y el menor en Quimbaya con 55,64 g en la localidad de Dosquebradas, sin embargo, en La Bella fue en Línea 3 con 61,45 g y menor en Línea 7 con 53,72 g (Sánchez, 2018).

En el municipio de Holguín, Cuba, en la Var. Velazco Largo, se evaluó el efecto de diferente dosis de aplicación del fertilizante Bayfolan (0,036% de boro) con dosis 0, 1, 1,5 y 2 L/ha, se registró con mayor grano por vaina con (5,23) con la dosis de 2 L/ha, superando estadísticamente al testigo (4,31) con dosis de 0 L/ha (Morales, 2017). Asimismo, en la variedad INIAP-463, en la provincia del Guayas, Ecuador, con la aplicación de dosis de fertilizante NPK+B+Zn (80:00:20+B+Zn), resultó con mayor rendimiento (2405 kg/ha) y 2208 kg/ha sin Zn (Ospina, 2017).

En respiración basal del suelo, siendo mayor con 76,2 mg C-CO₂/kg/d, bajo manejo orgánico en comparación del sistema de producción tradicional y convencional, con 55,1 y 51,2 mg C-CO₂/kg/d, respectivamente (Paolini, 2017). Asimismo, con producción de hortalizas monocultivo tomate y alternado de tomate, pimentón y cebolla se obtuvieron con mayor tasa de respiración basal del

suelo entre 81 y 87 $\mu\text{g C-CO}_2/\text{g/ día}$ para el sistema de monocultivo, y entre 31 y 34 $\mu\text{g C-CO}_2/\text{g/día}$ para el sistema alternado (Pastor et al., 2015).

En la localidad de San Pedro de Chonta, Huánuco, Perú, con 28 t/ha, estiércol de ovino fue de 2712,50 kg/ha y el control de 1777,78 kg/ha (Ferrer-Vilca & Valverde- Rodríguez, 2020). asimismo, el instituto de investigación frutícola olerícola de Cayhuayna, en la región Huánuco, en la Var. Canario 2000, con la aplicación de fitohormonas, de 30 mL/20 L de agua, los promedios de la floración fueron de 43,80 dds en tratamiento t5 (etapas de floración) y con el menor días en t3 (etapa de pre floración), 43,20 dds (Rumaldo, 2017).

En seis genotipos de frijol, Canario Línea4, Divex 8120, PF-210-113, PF-210-69, Centinela y una Var. comercial INIA 2000, en la estación experimental de Chinchá, Ica, Perú, días a la cosecha, fue en Línea 4 con 143 días y en INIA 2000 con 137,67 días y el menor valor fue en los genotipos PF-210-113 y PF-210-69 con 124,67 días respecto a los demás genotipos (Aybar & Luis, 2021), también, en cincuenta accesiones de frijol del germoplasma de INIA, en días a la madurez fisiológica se tiene que, en 5 accesiones estuvieron entre 80 a 88 días; 20 accesiones están de 89 a 97 días; 12 accesiones están de 98 a 106 días y 13 accesiones están de 107 a 112 días (Medina, 2022).

En la provincia de Cañete, Lima, Perú, en un suelo franco arenoso con aplicación de diferentes productos orgánicos con contenido de boro en mg/kg (68, 51, 33 y 34), en humus de lombriz, estiércol de vacuno, gallinaza y estiércol de cuy, respectivamente, en dos variedades de frijol comercial, Blanco Nema y Canario 2000 INIA, con densidad de siembra de 50000 plantas/ha, en ramas/planta fue mayor (4,70) en Blanco Nema con 3619 kg/ha de gallinaza y el

menor (3,60) fue en Canario 2000 INIA con 5359 kg/ha estiércol de vacuno (San Román, 2019).

La longitud de planta (cm) de frijol *P. vulgaris* L., en la Var. Canario fue de 41,66 con guano de isla 999 kg/ha, y 42,25 con 1608 kg/ha de estiércol de vacuno, y en la Var. Rectin con guano de isla fue 50,94 y estiércol de vacuno 37,58, respectivamente (Alcarraz & Alcarraz, 2019); también, en frijol Canario en diferentes tratamientos (micorrizas, *Rhizobium sp* y *Rhizobium irregulares*), la longitud de tallo fue de 25,60 cm similar a las plantas tratadas con micorrizas 22,2 cm y a su vez a las que tenían *Rhizobium irregulares*, con 19,50 cm y con micorrizas más *Rhizobium sp*. con menor longitud de tallo, 17,20 cm (Hidalgo & Ramos, 2019); asimismo, en Var. Cápsula con la aplicación de Agrostemin presentó el mayor desarrollo radicular con 38,60 cm, frente a Strong Power con 31,14 cm (Pasco, 2019).

En el cultivo frijol Loctao de la Var. Vista Florida con una fertilización foliar de ácido húmico 0, 1 y 2 L/200 L de agua, con una densidad de 31250 plantas/ha, en área foliar el mayor valor fue 30,05 dm² con dosis de 2 L y el menor fue 21,30 dm², con aplicación de 0 L (Gallo, 2018); Príncipe (2019), en el cultivo de frijol Caupí, con tres fertilizantes foliares, Frutyflor PK (85 ppm de boro), Omex 20:20:20 (12 ppm boro) y Fosfol, una dosis de 1 L/ha, con distanciamiento entre surco 0,60 m y planta 0,20 m, se encontró el mayor número de granos/vaina (13,98) con la aplicación de Frutyflor PK, superando a la aplicación de Fosfol con (13,83) y la aplicación de Omex 20-20-20, (13,67).

En frijol Canario 2000, CIFAC 90105 y Blanco Larán mejorada, con diferentes dosis de fertilizantes de NPK 30:80:60; 60:80:60 y 100:80:60 kg/ha con una densidad de 16666,66 plantas/ha, en longitud de planta, se determinó,

116,57 cm, en CIFAC 90105, con aplicación de 60 kg de N y con 55,43 cm en Canario 2000, con fertilización nitrogenada de 60 kg/ha (Yánac, 2018).

En frijol castilla en el distrito de Supe Puerto, Perú, con una fertilización de urea (40, 80, 120 y 160 N kg/ha), superfosfato triple (90 kg/ha) y sulfato de potasio (70 kg/ha), con distanciamiento entre surco (0,75 m) y planta (0,35 m), encontró mayor longitud de vaina 20,76 cm con dosis de 120 N kg/ha y el menor valor fue 20,15 cm con dosis 80 kg/ha de nitrógeno (Moreno, 2020).

En frijol Canario, bajo condiciones de Oxapampa, el promedio de rendimiento en grano, tiende a aumentar a mayores densidades de siembra, con una población de 142860 plantas/ha y con una dosis de aplicación de fertilizante (40: 40: 80) de NPK, se registró mayor rendimiento en grano (3756 kg/ha), en promedio fue de 2371 kg/ha (Gutiérrez, 1999); asimismo, en el cultivo de cuatro poblaciones de frijol, *P. vulgaris* L., tipo III, asociado con maíz, *Z. mays* L., el área foliar (dm²/planta) estuvo entre 70,37 en la población Barbacoa y 103,50 en Parrapós, sin diferencias significativas (Ballesteros & Martínez, 2015). Mientras que, en poblaciones de *P. vulgaris*, se encontró vainas llenas por planta, entre 67,22 en Tiapo tipo II y 61,20 en Lacramarca gris tipo III, y sin diferencias significativas en vainas vanas; los valores más altos en rendimiento fueron de las poblaciones de Parrapós (983,20 g 10/planta), Chao (801,10 g 10/planta) y Lacramarca gris (1258,40 g 10/planta) (Saavedra, 2015).

2.2. Bases teóricas - científicas

a. Requerimiento del cultivo

El frijol, tiene un rango de tolerancia a la temperatura, que cambia ligeramente entre una variedad y otra, lo ideal está entre los 15 y 27 °C, requiere un poco de frialdad para madurar, por debajo de los 15 °C es difícil

lograr plantas vigorosas, las vainas tienden a formar una especie de ganchos; mientras que, por encima de los 30 °C se puede dar un aborto excesivo de flores o aparecer deformaciones en las vainas; mientras que, la humedad relativa debe estar en un rango entre el 60 % y el 65%, un exceso favorece el desarrollo de enfermedades y dificultan la fecundación, por otro lado una sequía en floración, cuajado y desarrollo de vainas (Hernández, 2016).

El frijol por ser una planta anual herbácea que se desarrolla desde el trópico hasta la zona templada, tiene un rango amplio de adaptación a las temperaturas por encima de 20 °C, según los genotipos, Ejotero Straik, Palma y Zapata, obteniendo mayor longitud de vainas (Ayvar-Serna et al., 2020). Por otro lado, se reporta que, con una gran amplitud de temperatura promedio (19 a 32° C), se desarrolla bien las variedades Calima, San Juanito, Birroño y Cargabello; pero, las altas temperaturas afectan la fenología y el rendimiento (Gutiérrez, 2020).

La temperatura promedio para el cultivo de frijol Var. Amadeus-77, está en 24 ± 2 °C, valores extremos causan la falta de floración, caída intensa de botones florales, flores, vainas y esterilidad, que afectan el rendimiento (Mejía, 2016). También, se indica a una temperatura media anual de 16,3 °C, en las variedades Flor de Junio Dalia y Pinto Coloso, el desarrollo de las diferentes etapas (germinación, floración, desarrollo de vainas y maduración) es normal (Arellano-Arciniega et al., 2015); mientras que, en las variedades Bayomex, Canario Chiapas, Peruano16 y Peruano Mostaza, a una media anual de 19,6 °C, se obtuvo mayor materia seca de follaje por planta (Lépiz-Ildefonso et al., 2018).

El suelo

El frijol, requiere suelos con buen drenaje y contar con un resultado de análisis de fertilidad y establecer un programa de manejo (Maicelo, 2021); asimismo, suelos profundos y fértiles, de textura franco limosa, también tolera texturas franco arcillosas, se desarrolla bien en suelos con pH entre 5,5 y 6,5, de topografía ondulada y plana, con buen drenaje (Arias et al., 2007); en la Var. comercial Blanco Nema y Canario 2000 INIA, en suelo franco arenoso, con pH 5,5-6,5, tolera la conductividad eléctrica ligeramente salino de 2 a 4 dS/m, al igual que la materia orgánica baja (San Román, 2019). Asimismo, el frijol común se desarrolla muy bien, en suelos Nitisoles que se caracterizan por una alta actividad arcillosa y elevado contenido de materia orgánica, pH 5,2 (Zamukulu et al., 2023).

El cultivo de frijol, requiere un suelo con buena estructura y porosidad para una buena aireación, capacidad de retención de humedad, la temperatura adecuada, de textura franco arenoso con un pH 6,2 y materia orgánica de 3,8 (Campos & Nicola, 2022). En frijol Canario se encontró, mayor área foliar, en suelo franco, conductividad eléctrica muy ligeramente salina con valor de 0,54 dS/m, pH 8,1 (Ocaña, 2016); en suelos pobres y erosionados se requiere nitrógeno, fósforo y potasio; además, de aplicaciones foliares como calcio, magnesio, azufre y boro (Escoto, 2011).

En frijol castilla, la fertilización se da en dos etapas, en la siembra y 28 días después de la siembra, con una dosis en kg/ha (80:90:70 NPK) con fuentes de urea, superfosfato triple calcio y sulfato de potasio, para lograr mayor rendimiento (Moreno, 2020). En las variedades ICA Quimbaya, Línea 3 y Línea 7, la fertilización fue de 100 kg/ha NPK (18:46:0), aplicado al

fondo del surco a la siembra y una complementaria en el aporque de 100 kg/ha de NPKMg (15:4:23:4), donde el mayor peso de cien semillas fue 62,60 g (Sánchez, 2018), asimismo, en tres variedades de frijol INIAP 463, CAU-9 y INIA 431, con fertilización edáfica (kg/ha) de 120:20:0-NPK, se obtuvo mayor longitud de planta de 54,44 cm (Pincay, 2016).

El cultivo de frijol, absorbe nitrógeno fósforo, potasio y calcio cantidades altas y menor azufre y magnesio, el nitrógeno aplicado (kg/ha) en dos partes, 30 a la siembra y 30 al inicio de la floración, y el fósforo debe ser entre 60 a 70 kg/ha, para favorecer un buen desarrollo radicular (Tayupanda & Tumbaco, 2022); en las variedades biofortificado Bio102 y Cargamanto, con dosis (kg/ha) de 50:50:50 NPK produjo mayor número de semillas por vaina (Rosales, 2022).

En el cultivo de frijol Caupí, respondió mejor en el rendimiento, con la fertilización de NPK (60:40:100), kg/ha, la primera aplicación de 20-30 kg/ha de nitrógeno en la etapa de germinación, porque en este tiempo se inicia la formación de nódulos en las raíces para poder fijar el nitrógeno atmosférico en simbiosis con *Rhizobium*, la fertilización potásica es importante por regular la apertura y cierre de las estomas en el metabolismo de la planta, las cuales favorecen para obtener mayores rendimientos de grano; además, encontraron en los niveles de fertilización potásica, mayor longitud de vaina de 16,58 cm (Manrique & Gamarra, 2021). Esto implica que, el potasio es un micronutriente que requiere el frijol común.

b. Densidad de siembra

La distancia de siembra óptima para frijol es de 40 a 45 cm entre surcos, la población ideal del frijol es de 195000 plantas/ha y con el óptimo a cosecha

de 175500 plantas/ha, además, se debe tener en cuenta el porcentaje de germinación para usar la cantidad de semillas para cada siembra, posteriormente se debe manejar la mortalidad de plantas tomando en cuenta el daño causado por insectos y enfermedades, el cual es tolerable hasta un 10% (Lardizabal et al., 2013).

La distancia entre plantas es la estrategia más efectiva; depende de varios factores como fertilidad del suelo, humedad, las condiciones agroclimáticas, donde se estableció la distancia a la cual se debe sembrar con una densidad de población entre 40000 y 50000 plantas/ha (Calero et al., 2018). La densidad de siembra depende de las variedades de frijol y las condiciones agroclimáticas de la zona; el frijol SER-03 y SER-08 de crecimiento indeterminado tipo II, con una densidad poblacional (200000 plantas/ha) se obtuvo mayor rendimiento 2721,2 kg/ha, y con 72000 plantas/ha se tuvo 1138,2 kg/ha (Garcés & Vera, 2014).

La densidad de siembra, en frijol se determina la cantidad de plantas en un terreno donde depende de las características morfológicas y los factores ambientales, lo que hace que una buena distribución de plantas para su rendimiento óptimo, en el cultivo de frijol Caupí, Var. comercial Caupicor 50, con las densidades de 83333 y 41666 plantas/ha, con distanciamiento entre plantas de 0,20 y 0,40 cm, con mayor rendimiento fue de 2027,2 y el menor con 1515,6 kg/ha, respectivamente (Cardona et al., 2021).

c. Fertilización foliar

Las características principales que debe tener una fuente para el abonamiento foliar es que sea muy soluble en agua y que no cause efecto fitotóxico al follaje, las fuentes de fertilizantes foliares se pueden dividir en dos grandes

categorías: sales minerales inorgánicas, y quelatos naturales y sintéticos, que incluye complejos naturales orgánicos, estas fuentes se formulan en polvo o cristales finos de alta solubilidad en agua, y en presentaciones líquidas (Molina, 2002).

La fertilización foliar es una aplicación a través de pulverización de nutrientes a las hojas en las plantas y su rápida absorción de nutrientes, es necesario conocer la etapa de absorción de nutrientes para que la fertilización foliar sea efectiva; al respecto, en cultivo de frijol Castilla con fertilización foliar (fósforo) alcanzó mayores rendimientos (Cruz et al., 2019).

La aplicación de nutrimentos por vía foliar es una práctica de gran importancia en la agricultura, los nutrimentos aplicados, son absorbidos rápidamente y trasladados a otras partes de la planta; asimismo, en frijol, *P. vulgaris* L., en dos variedades Cargabello Rojo Moteado y Mantequilla crema mediana, la fertilización foliar con fosfito de potasio, se obtuvo mayor longitud de planta (Acencio, 2018). Los requerimientos de micronutrientes, aumentan los rendimientos y mejora la calidad de la producción, los principios fisiológicos del transporte de los nutrientes absorbidos por las hojas son similares a los que siguen por la absorción por las raíces, el movimiento de los nutrientes aplicados sobre las hojas no es el mismo en tiempo y forma que se realiza desde las raíces al resto de la planta, en relación al cultivo del frijol Loctao de la Var. Vista Florida con una fertilización foliar manifiesta mayor valor en área foliar (Gallo, 2018).

Los micronutrientes, aumenta el rendimiento y mejora la calidad de producción, los principios fisiológicos del transporte de los nutrientes absorbidos por las hojas, se determinó que en el cultivo de frijol Caupí, al

aplicar tres fertilizantes foliares, el rendimiento de granos por vaina fue mayor (Príncipe, 2019). Por tanto, la fertilización foliar es una estrategia importante para el manejo nutricional de los cultivos; en el cultivo de frijol Castilla en las etapas pre floración, floración y formación del fruto se aplicaron (Kaliumax 0.3% boro), obteniendo mayor longitud de vaina (Legua et al., 2019). Por otro lado, la nutrición en frijol común *P. vulgaris* L. Var. cápsula, se realizó según los resultados obtenidos del análisis del suelo, en primera aplicación NPK (40:100:100), a la siembra, de las fuentes, urea, superfosfato triple, y sulfato de potasio y NPK (40:00:00) en la segunda para un mejor desarrollo radicular (Pasco, 2019).

El boro

Hace casi cien años que, el boro se utiliza como micronutriente esencial, pero ahora no hace mucho que se estableció, que la función principal es la síntesis de la pared celular, mantenimiento de la estructura e integridad, depende de las especies de plantas y el suministro de este nutriente, se absorbe como ácido bórico (Brdar-Jokanović, 2020). Al respecto, Alarcón (2001), señala que, es esencial en el transporte y síntesis en la sacarosa, metabolismo de ácidos nucleicos, fotosíntesis y metabolismo proteico. Plaster (2000), menciona que, el boro es necesario para producir hormonas, es bastante inmóvil en las plantas, la deficiencia se extiende en las partes terminales.

López & López (1990), mencionan que, el boro es absorbido por las raíces de las plantas en forma no ionizada. Tisdale & Nelson (1977), también indican que, es absorbido por las hojas, se aplican en aerosoles biológicamente controlados, se añade en fertilizantes líquidos y residuos

orgánicos al suelo. Yamil et al. (1997), determinaron el aumento del área foliar en frijol *P. vulgaris* Var. Diacol Calima, se logró con fertilización al suelo, NPK+ Fe y borate 48 (14,8 % de boro) al igual NPK+ Fe + Mezcla de Boronatrocalcita con ácido bórico (16,35 % de boro), donde asumen el rol del boro, en el desarrollo de estructuras vegetativas y por ende del área foliar y establecieron que el ácido bórico favorece su absorción por su alta solubilidad en el suelo.

En la variedad biofortificado Bio102 y Cargamanto, *P. vulgaris* L., en tres niveles de fertilización con nanofertilizante (100, 125 y 50%) y semilla biofortificada, logró superar con 5,10 semillas/vaina, a diferencia del control con 5,0 semillas/vaina (Rosales, 2022); en el cultivo de frijol Var. ICTA Ligero con distanciamiento de 0,30 m entre plantas y 0,40 m entre surcos, y una fertilización foliar de NPK (11:8:6) más elementos menores calcio, boro y zinc (1,43 L/ha), con fertilización al voleo obtuvo, 4,68 vainas/planta, con fertilización manual (chuzo) fue 4,84 y con fertilización hidrosoluble con 4,01 vainas/planta (García, 2017)

En el cultivo de frijol Caraota *P. vulgaris* L., con aplicación de tres bioestimulantes organic mix (1% de boro), newfol plus (4% de boro) y biol enriquecido con microelementos, con mayor número de vaina/planta fue 40,10 y el menor número de vaina/planta fue 37,78 (Escobar, 2015). También, en la Var. INIAP- 463, con la aplicación de nitrógeno, oxido de potasio, boro y zinc, el mayor rendimiento fue 2405 kg/ha con la aplicación de 80+ 20 + B + ZN, seguidamente con fertilización de 80 + 20 + B, con un rendimiento de 2208 kg/ha y con la fertilización N, K₂O (80:80), fue 2139 kg/ha (Ospina, 2017).

El boro (B) es un micronutriente que en ocasiones limita el rendimiento del cultivo en la planta, una de las primeras respuestas de las plantas a la deficiencia de B es el acortamiento de la raíz, también restringe el crecimiento del tubo polínico, la razón por lo que la demanda de B es mayor durante la etapa reproductiva, también afecta la fertilización y la viabilidad del polen (García & González, 2015). Asimismo, el boro se ha relacionado con los principales procesos de la fisiología vegetal, división y crecimiento celular, germinación y regulación hormonal (Azcón & Talón, 2013).

El boro participa en el transporte de azúcares, que formaría un complejo con los mismos que facilita su movimiento dentro de la planta, también interviene en la degradación de la glucosa y en la síntesis de ácido ribonucleico (ARN) y de ácido giberélico, ya que estos ácidos presentan contenidos bajos en plantas deficientes en boro (Noriega, 2011). También, el boro debe considerarse un factor dinámico para las plantas, su disponibilidad está condicionada por variables de suelo, tales como humedad, pH, contenido de MO, textura, relación con otros nutrientes y por variables que dependen de las plantas, los rangos de concentración de suficiencia y toxicidad son muy estrechos, y variables entre especies (Quiroga & Bono, 2012).

El boro es absorbido como H_3BO_3 , es un elemento estructural de las paredes celulares se acumula en los puntos de crecimiento que estimula el crecimiento y la formación de frutos, asimismo, facilita el transporte de carbohidratos a través de las membranas de las células; el contenido de boro en las plantas está estrechamente relacionado con su carencia o toxicidad, se considera como adecuado un valor de boro que oscila entre 15 y 100 ppm, en

los casos que contiene menos de 15 ppm, la planta sufre carencias y si excede de 200 ppm cabe suponer que hay toxicidad de este (Salamerón & Garcia, 1994).

El boro en los suelos se presenta en cantidades extremadamente bajas entre 20 y 200 ppm (frecuentemente menos de 100 ppm), el material primario que lo contiene en mayor cantidad es la turmalina boro silicato, bastante insoluble y resistente a la meteorización, por tanto, es una forma de boro no disponible para la planta, en cambio, en sedimentos de origen marino (el agua de mar contiene unas 5 ppm de borato), el boro se encuentra en arcilla sustituyendo al silicio, también se encuentra en forma de sales (Tisdale & Nelson, 1975).

El boro disponible en el suelo corresponde al ácido bórico H_3BO_3 en la solución del suelo y aniones borato BO_3^{3-} , ambas formas pueden ser absorbidos por las raíces de las plantas y están en equilibrio con el boro no intercambiable adsorbido en la fase sólida (coloides como arcillas, materia orgánica, óxidos de hierro y aluminio) del suelo, en suelos de pH ácido estará más disponible, mientras que en suelos de pH alcalino está menos disponible para ser absorbido por las plantas (Vistoso & Martínez, 2020). Asimismo, la planta aprovecha boro en la forma del anión borato, la disponibilidad de boro, baja con un incremento de pH debido a su insolubilidad, pero también puede ser de baja disponibilidad en suelos ácidos y arcillosos, tiene disponibilidad máxima entre pH, 5 a 7; además, el boro disponible se asocia con la materia orgánica (McKean, 1993).

d. Respiración del suelo

La respiración es la producción de dióxido de carbono (CO_2) como resultado de la actividad biológica en el suelo, realizada por microorganismos, raíces vivas, y macroorganismos tales como lombrices, nemátodos o insectos, la actividad de los organismos en el suelo se considera un atributo positivo para la calidad del suelo; la respiración del suelo varía ampliamente, tanto espacial como estacionalmente y está fuertemente influenciado por las condiciones de humedad y temperatura, el suelo se afloja, lo que crea una mejor accesibilidad al oxígeno necesario para la respiración y la descomposición de la materia orgánica lo que resulta en la liberación de CO_2 (Luters & Salazar, 2000).

La respiración del suelo es una medida directa de la actividad metabólica de la población microbiana, se determina al capturar y cuantificar la cantidad de CO_2 que se libera al rehumedecer la muestra seca al aire bajo sombra, una mayor liberación de CO_2 es indicador de que existe una gran población microbiana, para aceptar y usar residuos orgánicos o enmiendas, con aumento en la temperatura por ende aumentar el crecimiento de las bacterias, un exceso de agua reduce la respiración aeróbica, altera el pH donde la mayoría de éstos crece en condiciones óptimas, entre 7 y 8 (Yáñez et al., 2017).

La respiración basal es uno de los parámetros más antiguos para cuantificar la actividad microbiana, la tasa de descomposición de la materia orgánica y de la calidad del carbono en el suelo es afectada por las condiciones ambientales, la medición del CO_2 respirado refleja la dinámica de la biota del suelo y los procesos metabólicos edáficos, estos procesos varían dependiendo de factores biofísicos y del manejo del suelo (Chavarría, 2018).

La respiración basal del suelo se refiere al proceso de degradación de materia orgánica del suelo, por los organismos aeróbicos y anaeróbicos, donde el oxígeno O_2 sirve como aceptor final de electrones y población bacteriana libera CO_2 , la respiración basal sirve para la estimación como indicador de la calidad del suelo por lo cual los microorganismos del suelo facilitan la descomposición de los residuos orgánicos (Valdez-Nuñez et al., 2019).

La respiración edáfica se tiene un estimado de la productividad del sistema, por cuanto mide la mineralización de monóxido de carbono por vía de la respiración de las raíces, de los microorganismos y de la fauna del suelo, esta actividad biológica se encuentra muy relacionada con los aportes de materia orgánica y la presencia de oxígeno (Lozano, 2024).

La respiración basal del suelo, es un proceso biogeoquímico, implica la liberación de CO_2 al medio ambiente, así como la mineralización microbiana de la materia orgánica del suelo, es una medida sensible de la actividad microbiana del suelo y puede utilizarse para evaluar la calidad del suelo y la capacidad de producción de los cultivos; variables ambientales como la temperatura, las precipitaciones y el contenido de carbono orgánico del suelo influyen en la respiración basal del suelo lo que indica que contiene los nutrientes necesarios para mantener una comunidad microbiana (Verde, 2023). La respiración basal del suelo en estación seca, con cultivo de café Catuái, alcanzó 37,0 mg C- CO_2 / kg/d, comparado con 31,8 mg C- CO_2 kg/d con la variedad Caturra y en época de lluvia con mayor valor en Catuaí 25,4 y 18,8 mg C- CO_2 / kg/d en Caturra en 18,8 mg C- CO_2 kg/d (Pardo et al., 2019), donde se mencionaría que este componente está influenciado por el genotipo de los cultivares en interacción con los factores ambientales.

2.3. Definición de términos conceptuales

Unidad experimental

Es el objeto a la cual se aplica un solo tratamiento dentro de una repetición, puede ser parcela de terreno, animal, una hoja de vegetal, un árbol, una maceta, un lote de semilla (Ortega et al., 2021).

Variable independiente

También llamado tratamiento, son las causas que influye directamente sobre las características que se estudia y se le asigna diferentes valores conocidos como niveles de tratamiento que servirá de gran ayuda para el análisis del resultado (Arias-Gonzales, 2021).

Variable dependiente

Son las que se miden en cada repetición del experimento con el objetivo de ver si la variable independiente influye directamente sobre sus valores (Arias-Gonzales, 2021).

Problema de investigación

El problema es el punto de partida de la investigación, un problema de investigación es una pregunta o interrogante sobre algo que no se sabe o que se desconoce y cuya solución es la respuesta (Arias, 2012).

Diseño experimental

Conjuntos de reglas para asociar unidades experimentales con tratamientos, repeticiones, aleatorización y control, para cuantificar las causas y efectos dentro de un estudio experimental (Hernández, 2014).

Densidad de siembra

Se define como el número de plantas por unidad de área (Medina, 2015), plantas/ha o plantas/m².

Fenología del frijol

Comprende de manera general dos fases: vegetativa y reproductora, se han identificado etapas (0-9) de desarrollo (Henríquez et al., 1992).

Fertilización foliar

Es la aplicación de nutrimentos a través del tejido foliar, principalmente a través de las hojas, que son los órganos donde se concentra la mayor actividad fisiológica de la planta, la fertilización foliar constituye una alternativa eficaz para el suministro de micro nutrimentos es de gran importancia para asegurar altos rendimientos (Vinicio, 2002).

Boro como micronutriente

El boro juega un papel importante en la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico y cuajado del fruto (Fernández et al., 2015).

Rendimiento de grano

Es la cantidad de cultivo cosechado por área de tierra, y utilizado de modo general para hacer referencia a maíz, cereales, granos o legumbres, expresado en kg/ha o t/ha.

Precocidad

Se entiende como un proceso de reducir el ciclo fenológico del cultivo, tiempos más cortos, en relación a otros cultivares o variedades.

Frijol tipo II.

Hábito de crecimiento arbustivo indeterminado, con tallo y ramas erectos generalmente termina en guía corta (Henríquez et al., 1992).

Respiración basal

Es la actividad microbiológica del suelo, que se determina mediante una medida del desprendimiento de CO₂ por los microorganismos del suelo.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Las Características agronómicas, y rendimiento del cultivo de frijol Tiapo *P. vulgaris* L., son favorecidas por la mayor densidad de siembra y aplicación de niveles de boro, bajo las condiciones del distrito Oxapampa, Pasco.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- La precocidad del frijol Tiapo, *P. vulgaris* L., es favorecida por la mayor densidad y niveles de boro, distrito de Oxapampa.
- Las características agronómicas (longitud de tallo, biomasa fresca y seca de follaje, longitud de raíces y número de ramas) de frijol Tiapo, *P. vulgaris* L., son favorecidas por la mayor densidad y niveles de boro, distrito de Oxapampa.
- El área foliar e índice de área foliar de frijol Tiapo *P. vulgaris* L., son favorecidas por la mayor densidad y niveles de boro, distrito de Oxapampa.
- La respiración basal del suelo con frijol Tiapo *P. vulgaris* L., es favorecida por la mayor densidad y niveles de boro, distrito de Oxapampa.
- El rendimiento y sus componentes del frijol Tiapo *P. vulgaris* L., son favorecidos por la mayor densidad y niveles de boro, distrito de Oxapampa.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variables independientes

Densidad de siembra en frijol: **a1**: 40 x 80 cm con 31250 plantas/ha y **a2**: 60 x 80 cm con 21484 plantas/ha.

Niveles de boro (ácido bórico): **b1**: 00 g/ha; **b2**: 50 g/ha; **b3**: 100 g/ha.

2.5.2. Variable dependiente

a) Precocidad (dds)

a.1) Días a la floración

Días desde la siembra hasta que al menos el 50% de plantas presentaron flores abiertas, dentro de cada unidad experimental (Anexo 1).

a.2) Días a la madurez fisiológica

Días desde la siembra hasta que las vainas cambiaron del color, de verde a amarillo en un mínimo de 90 % de plantas de cada unidad experimental (Anexo 2).

a.3) Días a la cosecha

Días desde la siembra hasta que se presentó el 90% de vainas secas de todas las plantas de cada unidad experimental (Anexo 3).

b) Características agronómicas

b.1) Longitud de planta (cm)

Se consideró, la distancia entre el cuello de la planta al ápice del tallo principal más larga (Anexo 4).

b.2) Diámetro de tallo (mm)

El diámetro del entrenudo, antes de la ramificación del tallo.

b.3) Número de ramas por planta (N°/planta)

El número de ramas del tallo principal de cada planta (Anexo 5).

b.4) Biomasa fresca de follaje (g/planta)

El peso fresco total de follaje (tallo principal más ramas) (Anexo 6).

b.5) Biomasa seca de follaje (g/planta)

Muestreo de follaje (Anexo 7), para determinación de biomasa seca a 60 °C, en el horno (estufa H. W. Kessel), hasta tener un peso constante del follaje.

b.6) Longitud de raíces (cm)

Distancia entre el cuello de la planta hasta el punto más distal de la raíz principal (Anexo 8).

c) Variables fisiológicas

c.1) Área foliar (dm²)

Es la superficie foliar (Anexo 9a) que captura la energía lumínica en la fotosíntesis; es la suma de todas las superficies foliares de una planta (Unigarro et al., 2021), en función del total de folíolos, expresados en unidad de superficie de 50 cuadrados (Anexo 9b).

c.2) Índice de área foliar (IAF)

Es la expresión del área foliar por unidad de superficie del suelo ocupada por una planta (m²/m²), expresada con la siguiente fórmula:

$$\text{IAF} = \frac{(\text{área foliar} \times \text{densidad poblacional})}{(\text{área sembrada})}$$

d) Respiración basal del suelo (mg/kg/día)

Medida de la emisión de anhídrido carbónico en una incubación estática de una masa de tierra después de extraídas las raíces de una

planta y secados bajo techo, capturado con hidróxido de sodio normal, durante 10 días. Es una medida de la salud del suelo que da el nivel de actividad microbiana, contenido de MO y su mineralización. (Valdez-Prado et al., 2021) (Anexo 10).

e) Componentes del rendimiento

e.1) Vainas llenas/planta (N°/planta)

Las vainas con granos, producidas por una planta al momento de la cosecha, registradas en 10 plantas por cada unidad experimental (Anexo 11).

e.2) Vainas vanas/planta (N°/planta)

Las vainas vanas producidas por cada planta al momento de la cosecha, registradas en 10 plantas por cada unidad experimental (Anexo 12).

e.3) Longitud de vainas (cm)

La longitud promedio en cm de 10 vainas por planta, registradas en 10 plantas tomadas al azar de cada unidad experimental (Anexo 13).

e.4) Granos por vaina (N°/vaina)

Granos de 10 vainas por planta, registradas en 10 plantas por cada unidad experimental (Anexo 14).

e.5) Peso de 100 granos (g)

El peso de cien granos secados al sol (a la cosecha) de cada unidad experimental (Anexo 15).

f) Rendimiento en grano seco (kg/ha)

Peso total de los granos producidos por N° de plantas de los 4 surcos de cada unidad experimental, expresados en una ha (Anexo 16).

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

La operacionalización de variables consiste en un conjunto de técnicas y métodos que permiten medir la variable en una investigación.

Tabla 1 Operacionalización de variables e indicadores

Variab les	Indicadores	Definición	Unidad de medida	Escala de medida
Independientes				
	Densidad.	Número de plantas por hectárea de acuerdo a la distancia entre golpes 31250 (40cm) y 21484 (60 cm)	plantas/ha	Cuantitativa discreta
	Boro foliar.	Su función en el proceso de polinización, niveles de boro (ácido bórico), b1: 00 g/ha, b2: 50 g/ha y b3: 100 g/ha	g/ha	Cuantitativa continua
Dependientes				
Precocidad	Días a la floración.	Cuando más del 50% de plantas presentaron las primeras flores abiertas	dds	Cuantitativa ordinal discreta
	Días a la madurez.	Cuando el 90% de las vainas cambiaron del color verde a amarillo	dds	Cuantitativa ordinal discreta
	Días a la cosecha.	Cuando presentaron características de madurez a la cosecha, 90 % de vainas de una planta estén secas	dds	Cuantitativa ordinal discreta
Características agronómicas	Longitud de planta.	La distancia entre el cuello de la planta al ápice del tallo principal	cm	Cuantitativa continua
	Diámetro de tallo.	Registrado antes del primer nudo de bifurcación del tallo principal (desde la superficie del suelo)	mm	Cuantitativa continua
	Número de ramas por planta.	Es la cantidad de ramas que tiene cada planta	N°	Cuantitativa discreta
	Biomasa fresca.	La cantidad de masa de material vegetal	g	Cuantitativa continua
	Biomasa seca de follaje.	Secado de la muestra en estufa a 60°C hasta llegar un peso constante	g	Cuantitativa continua
	Longitud de raíz.	Desde el cuello de la planta hasta la parte terminal de la raíz más larga	cm	Cuantitativa continua

Variable fisiológica	Área foliar.	La medida de la superficie total de las hojas de una planta	dm ²	Cuantitativa continua
	Índice de área foliar.	El índice de área foliar para medir la cantidad de biomasa fotosintética.	m ² /m ²	Cuantitativa discreta
Respiración basal del suelo	Respiración basal del suelo.	Se refiere a la producción de dióxido de carbono, cuando los organismos del suelo respiran	mg/kg/día	Cuantitativa continua
Componentes del rendimiento	Número de vainas llenas.	Es la cantidad de legumbres o vainas del frijol	N°	Cuantitativa discreta
	Número de vainas vanas.	Es cuando no llegan a cuajarse los frutos o vainas vanas	N°	Cuantitativa discreta
	Longitud de vainas.	La distancia del tálamo hasta el ápice de la vaina	cm	Cuantitativa continua
	Número de granos por vaina.	Es el número de granos por cada tratamiento	N°	Cuantitativa discreta
	Peso de cien granos.	Es el registro en peso de cien granos por cada tratamiento	g	Cuantitativa continua
	Rendimiento de grano seco.	Registro de peso de los granos secos de cada Unidad experimental	kg	Cuantitativa continua

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Aplicada, confronta la teoría con la realidad (Hernández, 2014), permite dar una alternativa que beneficie al productor de frijol Tiapo.

3.2. Nivel de investigación

Experimental, debido a que se manipula las variables independientes para observar los efectos que se producen en las variables dependientes (Guffante et al., 2016).

3.3. Métodos de la investigación

Se utilizó el método científico, analítico, deductivo y la observación.

3.4. Diseño de la investigación

En la fase experimental para contrastar las hipótesis, se ha utilizado el diseño de Bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial de 2 (densidad de siembra) x 3 (niveles de boro) (Castro et al., 2022), con tres repeticiones y con un total de seis tratamientos producto de las combinaciones

del factor A x B, **Tabla 2, Figura 1**. En consecuencia, las características del área experimental. **Tabla 3**, y el modelo aditivo lineal fue el siguiente:

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

Donde:

Y_{ijk}	=	Es la respuesta de variable medida.
μ	=	La media poblacional
α_i	=	Efecto del nivel de la densidad (a1, a2).
β_j	=	Efecto del nivel de boro (b1, b2 y b3).
$\alpha\beta$	=	Efecto de la interacción
δ_k	=	Efecto del bloque (1, 2 y 3).
ϵ_{ijk}	=	Error en la i-ésima unidad experimental.

Factor A: densidad de siembra (plantas/ha) en frijol: **a1:** (31250); **a2:** (21484)

Factor B: Niveles de boro (ácido bórico): **b1:** 00 g/ha; **b2:** 50 g/ha; **b3:** 100 g/ha.

Tabla 2 *Tratamientos, combinaciones, densidad de siembra y niveles de boro (ácido bórico)*

Tratamientos	Combinación	Densidad (plantas/ha)	Dosis (g/ha)
t1	a1b1	31250	00 (testigo)
t2	a1b2	31250	50
t3	a1b3	31250	100
t4	a2b1	21484	00 (testigo)
t5	a2b2	21484	50
t6	a2b3	21484	100

Figura 1 Croquis del área experimental, bloques y aleatorización de los tratamientos

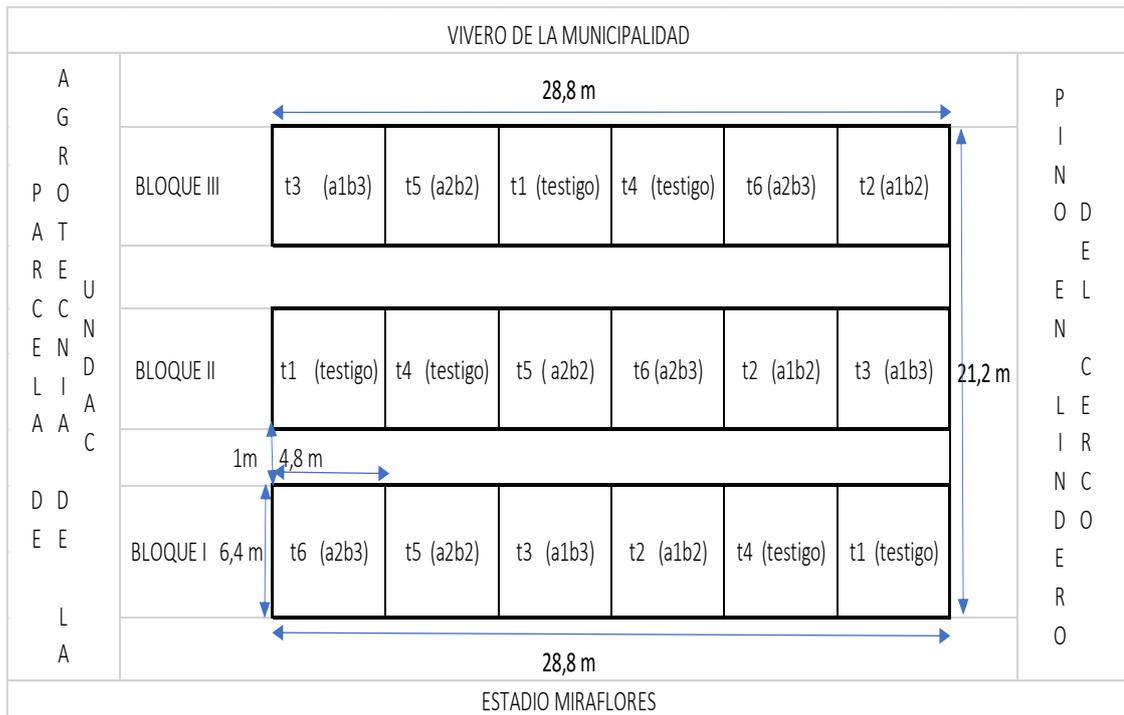


Tabla 3 Características de la unidad experimental

Característica	Cantidad	Unidad
Surcos/unidad experimental	6,00	Nº
Planta/surco (a1)	16,00	Nº
Planta/surco (a2)	11,00	Nº
Plantas/golpe	2,00	Nº
Distancia entre golpe en a1	0,40	m
Distancia entre golpe en a2	0,60	m
Distancia entre surco	0,80	m
Longitud de surco	6,40	m
Área total/unidad experimental	30,72	m ²

3.5. Población y muestra

Población

Conformada por plantas de frijol Tiapo, *P. vulgaris* L., en dos densidades de siembra y tres niveles de boro (ácido bórico) en fertilización foliar, cultivado bajo las condiciones de selva alta, Oxapampa.

Muestra

La muestra estuvo conformada por plantas, dentro de la unidad experimental, de acuerdo a la metodología utilizada para cada variable (precocidad, características agronómicas, rendimiento y componentes de rendimiento), las que se describen en toma de datos de las variables en el ítem 3.6.1

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Ubicación

El trabajo se desarrolló en el campo experimental Miraflores III, latitud $10^{\circ}35'21,90''$ Sur y longitud $75^{\circ}23'11,90''$ Oeste, Oxapampa, **Figura 2**, el terreno estuvo cubierto de malezas, con predominio de “amoroso” *Desmodium* sp. y “tumba chola” *Cynodon pletostachyus* K. Schum, **Figura 3**, la limpieza se realizó mediante macheteo manual, **Figura 4**; roturado y surcado con tractor.

Figura 2 Ubicación del área experimental, Miraflores III



Figura 3 *Área experimental previo a labores de siembra*



Figura 4 *Limpieza manual del área experimental*



Muestreo de suelo

La muestra del suelo fue obtenida con una pala recta, previo a la limpieza del campo experimental, con la metodología en línea quebrada, que cubre toda la superficie y se evitó el efecto de borde, en un número de 15 sub muestras a profundidad de 20 cm, con una pala recta, se mezcló y se obtuvo aproximadamente un kg, en bolsa etiquetada fue enviada al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina para el análisis de caracterización, **Tabla 4**, con el objeto de establecer la fertilidad.

Instalación del experimento

Los bloques, se establecieron utilizando una cuerda de yute, estacas y marcados con cal, de acuerdo a las dimensiones establecidas previamente, **Figura 5**; los tratamientos fueron asignados en cada unidad experimental dentro de cada bloque, la siembra se realizó de forma manual en cada punto donde se colocó tres semillas a 5,00 cm de profundidad.

Tabla 4 Resultado del análisis de caracterización del suelo, donde se desarrolló el experimento

Características	Unidad de medida	Valores	Método	Interpretación
Arena	%	39	Hidrómetro	
Limo	%	40	Hidrómetro	
Arcilla	%	21	Hidrómetro	
Clase textural			Triangulo textural	Franco
pH		5,58	Potenciómetro de la suspensión de suelo	Moderadamente acido
			Lectura del extracto de saturación en la celda eléctrica	
C.E	dS/m	0,37	Gasó- Volumétrico utilizando un	No salino
			calcímetro	
CaCO ₃	%	0		Sin carbonatos
M.O	%	2,76	Walkey & Black	Medio
P	ppm	21,5	Olsen modificado	Alto
K	ppm	226	Acetato de amonio	Alto
CIC	meq/100g	13,28	Acetato de amonio	Bajo
Ca ⁺²	meq/100g	4,04	Fotometría y/o absorción atómica	Bajo
Mg ⁺²	meq/100g	1	Fotometría y/o absorción atómica	Medio
			Fotometría y/o absorción atómica	
K ⁺	meq/100g	0,72	Fotometría y/o absorción atómica	Alto
Na ⁺	meq/100g	0,58	Fotometría y/o absorción atómica	bajo
Al ⁺³ + H ⁺	meq/100g	0,05	Fotometría y/o absorción atómica	Muy bajo
			Extracción con agua, cuantificación	
B	ppm	0,42	curcumina	Bajo

Nota. Interpretación (Toledo, 2016).

Figura 5 *Marcado de los bloques*



Manejo del cultivo

Deshierbos

Después de la siembra, en el desarrollo fenológico del cultivo se realizaron tres deshierbos, a 22, 36 y 70 dds, **Figura 6**; asimismo, previa evaluación, se hicieron tres aplicaciones de insecticidas, a los 14, 37 y 53 (dds), para el control de comedores de hojas (*Diabrotica* sp.), y la aplicación de Benomil a razón de 10 g/mochila de 20 L, a los 22, 36 y 70 dds, contra hongos de raíz, de follaje (*Uromyces phaseoli*) y de fruto (*Colletotrichum lindemuthianum*), **Figura 7**.

Figura 6 *Primer deshierbo del cultivo frijol Tiapo*



Figura 7 *Aplicaciones de fungicidas*



Fertilización

La fertilización se realizó en base al resultado del análisis de suelo, en kg/ha de (00:50:60:12) N, P₂O₅, K₂O y MgO, las fuentes fueron superfosfato triple de calcio (46% P₂O₅), cloruro de potasio (60% K₂O), sulphomag (22% K₂O, 18% MgO y 22% S), disuelto en agua y aplicado al suelo en cada planta, 50% a los 50 dds y el resto a los 61 dds; además, a los 67 dds, se aplicó una fertilización foliar con una solución de urea al 1,4%, **Figura 8**, a una dosis de 9 kg/ha.

Aplicación de boro

Se aplicó ácido bórico, con una dosis de 0, 50 y 100 g B (ácido bórico)/ha, respectivamente; según como correspondió a cada unidad experimental, para esto se preparó en una solución con agua destilada y se aplicó vía foliar de forma manual con un atomizador a cada planta, **Figura 9**; la aplicación se realizó a los 45, 56 y 65 dds.

Figura 8 Preparación de solución de urea al 1.4 %



Figura 9 Aplicación de ácido bórico



3.6.1. Toma de datos de las variables

Los datos de las variables fueron tomadas a la floración y a la cosecha de acuerdo a la distribución de plantas en las unidades experimentales ([Anexo 17](#)).

a) Precocidad (dds)

a.1) Días a la floración

En cada unidad experimental, se determinó el número de días desde la siembra hasta que el 50% de plantas presentaron las primeras flores abiertas, las lecturas fueron realizadas cada 3 días, **Figura 10**.

a.2) Madurez fisiológica

En cada unidad experimental, se determinó el número de días desde la siembra hasta que el 90% de plantas presentaron vainas amarillas y en un 90% en cada planta, las lecturas fueron realizadas cada 3 días, **Figura 11**.

Figura 10 *Planta de frijol Tiapo en plena floración*



Figura 11 *Planta de frijol en madurez fisiológica*



a.3) Días a la Cosecha

Se determinó el número de días desde la siembra a la cosecha, cuando más del 90% de plantas presentaron vainas secas y en más de 90% en cada planta, **Figura 12**, en cada unidad experimental, las lecturas fueron realizadas cada 3 días.

Figura 12 *Planta de frijol a la cosecha*



b) Características agronómicas

Se muestreó en tres puntos (seis plantas) y codificadas, completas con follaje y raíz; además, el suelo de cada punto del quinto surco de cada unidad experimental conformada de seis surcos, a los 73 dds (a la floración), las

muestras fueron llevadas al laboratorio de suelos de la UNDAC, Oxapampa para la evaluación de las variables siguientes, excepto diámetro de tallo que fue evaluado a la cosecha (125 dds):

b.1) Longitud de planta (cm)

De cada unidad experimental, se midió con una cinta métrica la longitud desde el cuello de planta hasta el ápice del tallo principal. **Figura 13.**

b.2) Diámetro de tallo (mm)

El diámetro de tallo fue medido con un vernier, antes del primer nudo de bifurcación del tallo principal.

b.3) Número de ramas (N°/planta)

Se contabilizaron el número de ramas que se originaron del tallo principal, **Figura 14.**

Figura 13 *Medición de longitud de planta de frijol*



Figura 14 *Conteo de número de ramas/planta*



b.4) Biomasa fresca de follaje (g)

Se registró el peso fresco total de follaje (tallos más hojas), en una balanza de precisión OHAUS, se consideró los promedios de tres muestras, **Figura 15.**

b.5) Biomasa seca de follaje (g)

Luego de haber obtenido el peso de biomasa fresca de follaje, éste fue cortado en pequeños segmentos, **Figura 16**, de donde se obtuvo muestras en un sobre de papel para determinar materia seca mediante el método de la estufa, colocando las muestras a 55°C hasta obtener un peso constante.

Figura 15 *Peso fresco de follaje*



Figura 16 *Follaje cortado para muestreo*



b.6) Longitud de raíces (cm)

Con una cinta métrica graduada en (mm) con la raíz extendida, sobre una mesa, se midió la distancia entre el cuello de la planta a la zona terminal de la raíz principal, **Figura 17**.

Figura 17 *Medición de la longitud de raíz*



c) Variables fisiológicas

c.1) Área foliar (dm²)

Se extrajeron todos los folíolos de las plantas muestreadas, **Figura 18**, luego se registró su peso fresco total, seguido se registró el peso de 50 cuadrados cada uno de 2,00 cm por lado, igual a 2,00 dm², **Figura 19**, esta superficie se interpoló al peso fresco total de folíolos en cada sub muestra, la que fue igual al área foliar (AF), finalmente para el cálculo de área foliar por unidad experimental se consideró el promedio.

c.2) Índice área foliar (m²/m²)

El índice de **área** foliar, se obtuvo con una ecuación de (área foliar x densidad poblacional/área sembrada) expresados por m².

Figura 18 Foliolos extraídos de las muestras de cada unidad experimental



Figura 19 Obtención de 50 cuadrados (2 x 2 cm)



d) Respiración basal del suelo (mgCO₂/kgs/día)

d.1) Determinación de la respiración basal

Se empleó el método de fumigación e incubación estática. En cada sub muestra obtenida a la floración (73 dds), la tierra extraída junto con las raíces de las plantas fue separada en bandejas, secadas al aire bajo techo y guardadas por seis meses en condiciones ambientales de laboratorio a 20 a 21°C. Seguido fueron tamizadas a 4 mm de abertura de malla, de éstas, se pesó 40 g de tierra en la balanza de precisión ADAM Nimbus (1600 g con 0,01g de legibilidad), y colocadas en frascos de 500 mL de boca ancha con tapa rosca y llevado a capacidad de campo con agua destilada, se utilizó una espátula para uniformizar la humedad, **Figura 20**, para la captura de CO₂ desprendido por la respiración basal se colocó al interior un vaso de plástico con 10 mL de NaOH 0,5 N, **Figura 21**, seguido se procedió al cierre hermético, con cinta maskingtape, y fueron ubicados en oscuridad durante 12 días, después fueron extraídos los vasos plástico que contenían el NaOH residual y transferidos a matraces Erlenmeyer de 200 mL, luego se adicionó 10 mL de BaCl₂ (cloruro de

bario) 0,5 N + 3 gotas de fenolftaleína al 1% y fue titulado con HCl (ácido clorhídrico) 0,2 N, estándar, **Figura 22**, y se determinó los miliequivalentes de NaOH residual y por diferencia con un blanco (frasco sin muestra de suelo) fue determinado el CO₂ respirado en cada muestra y se expresó en mgCO₂/kgs/día.

Figura 20 *Homogeneizado de 40 g de tierra*



Figura 21 *Frascos en incubación para respiración basal*

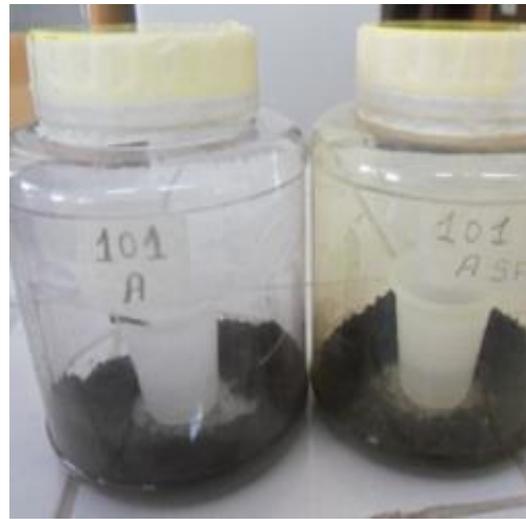


Figura 22 *Titulación del hidróxido residual*



e) Componentes del rendimiento

La demarcación de cada unidad experimental se hizo previo a la cosecha, **Figura 23**, cuando las vainas presentaron características de madurez de cosecha (95% de vainas secas), se procedió al muestreo de 10 plantas de los dos surcos centrales (Anexo 17), **Figura 24**, luego fueron llevadas al laboratorio de suelos de la UNDAC, Oxapampa, para el secado hasta alcanzar un 15 % de humedad.

e.1) Vainas llenas por planta (N°/planta)

Se contó el número total de vainas llenas, producidas por cada planta.

Figura 25.

e.2) Número de vainas vanas (N°/planta)

Se contó el número total de vainas vanas por planta, **Figura 26.**

Figura 23 Demarcación de las unidades experimentales a la cosecha



Figura 24 Muestreo de 10 plantas por unidad experimental



Figura 25 *Vainas llenas por planta de frijol*



Figura 26 *Vainas vanas por planta de frijol*



e.3) Longitud de vaina (cm)

En 10 vainas de diez plantas de cada unidad experimental, con una cinta graduada en mm, sobre una mesa, se determinó la longitud de vainas, (**Figura 27**), se consideró desde la base (parte final del pedúnculo), hasta el extremo final de la vaina.

e.4) Número de granos por vaina

Se contaron los granos/vaina de 10 vainas de 10 plantas, de cada unidad experimental, se consideró el promedio **Figura 28**.

Figura 27 *Longitud de vaina de frijol*



Figura 28 *Número de granos por vaina de frijol*



e.5) Peso de 100 granos (g)

Se determinó el peso de 100 granos secos, muestreados de 10 plantas de cada unidad experimental, se utilizó una balanza de precisión OHAUS, se consideró los promedios, **Figura 29**.

f) Rendimiento de grano seco (kg/ha)

Para determinar el rendimiento, en el campo se procedió a cosechar el total de vainas de las plantas de los cuatro surcos de cada unidad experimental, **Figura 30**; considerados para esta variable, las semillas se secaron en el laboratorio hasta 15% de humedad; seguidamente se procedió y a extraer las vainas y fueron pesadas en una balanza de precisión OHAUS, y fue llevado a kg/ha.

Figura 29 *Conteo de 100 granos de frijol*



Figura 30 *Vainas totales de cuatro surcos de una unidad experimental*



3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos de las variables evaluadas, fueron registradas y transferidas a la hoja de cálculo Excel y procesados con el programa Minitab Statistical Software, V18.

3.8. Tratamiento estadístico

La estadística descriptiva, primero se ha verificado la normalidad e igualdad de varianzas, seguido se realizó el análisis de varianza, ANOVA, para determinar la significancia entre los tratamientos y la prueba de comparación múltiple de Tukey $\alpha = 0,05$, para establecer la superioridad de tratamientos.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Los datos obtenidos y las mediciones son los que se obtuvieron en el campo y laboratorio, siguiendo las orientaciones del asesor y los procedimientos establecidos durante el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

La investigación se desarrolló en campo Miraflores III de la UNDAC, Oxapampa, **Figura 31**; Región Pasco, Provincia y distrito Oxapampa. Con altitud 10°35'21,90" Sur y longitud 75°23'11,90" Oeste. La preparación de terreno se realizó con tractor agrícola, después de 20 días se realizó con la instalación, que se inició con el marcado de los bloques, **Figura 32**; se realizó deshierbo en forma oportuna, **Figura 33**; a los 45 dds se aplicó vía foliar el boro (ácido bórico), **Figura 34**, control de plagas y enfermedades, **Figura 35**; luego, se realizó el muestreo a los 73 dds, **Figura 36**, las muestras debidamente codificadas fueron llevadas al laboratorio de suelos de la UNDAC, para evaluaciones de características agronómicas (Biomasa fresca), **Figura 37**, y fisiológicas, **Figura 38**; asimismo, las muestras fueron secadas bajo sombra y guardadas por el tiempo de seis meses hasta la determinación, de la respiración basal del suelo, **Figura 39**; en la cosecha se determinó componentes del rendimiento, **Figuras 40, 41 y 42**.

Figura 42

Campo experimental Miraflores III



Figura 42

Marcado del área experimental



Figura 42

Deshierbo de cada unidad experimental



Figura 42

Muestreo de plantas a los 73 dds



Figura 42

Aplicación de insecticida



Figura 42

Aplicación foliar de boro



Figura 42

Biomasa fresca



Figura 42

Área foliar



Figura 42

Respiración basal de suelo



Figura 42

Peso de cien semillas



Figura 421

Número de vainas por planta



Figura 42

Evaluación a la cosecha



4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Los resultados de la influencia de dos densidades de siembra y tres niveles de boro, en la precocidad, características agronómicas, variables fisiológicas, respiración basal del suelo y componentes de rendimiento de frijol Tiapo *P. vulgaris*. L., se describen a continuación:

a. Precocidad (dds)

a.1) Días a la Floración

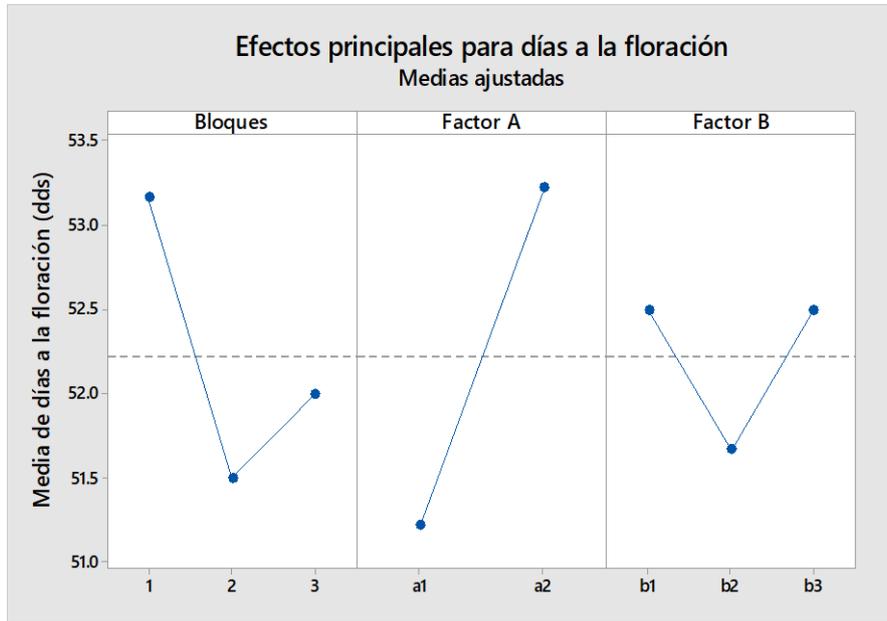
El análisis de varianza (ANOVA) para días a la floración, **Tabla 5**, ha determinado que, no fue significativo para bloques, tratamientos, factor A y B y la interacción; mientras que, la tendencia a menor densidad es más tardío y en los niveles de boro, favoreció en cierta manera la precocidad a la dosis de 50 g B (ácido bórico)/ha, **Figura 43**.

Tabla 5 ANOVA para días a la floración (dds), frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	2	8,778	4,389	0,70 ns	0,5190
Tratamientos	5	23,778	4,756	0,76 ns	0,5980
Factor A	1	18,000	18,000	2,88 ns	0,1210
Factor B	2	2,778	1,389	0,22 ns	0,8050
A x B	2	3,000	1,500	0,24 ns	0,7910
Error	10	10	62,556	6,256	
Total	17	17	95,111		
Media	S	CV			
52,22	2,36	4,53			

Nota. GL: grados de libertad; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 43 Tendencia de los factores A y B a días a la floración (dds) de frijol Tiapo



Con la prueba múltiple de Tukey, $\alpha=0,05$, **Tabla 6**, las dos densidades como los tres niveles de boro fueron iguales estadísticamente, en los tratamientos, **Tabla 7**, todos fueron iguales, donde el rango fue de 54,00 dds (t6) a 50,67 (t2) dds.

Tabla 6 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios, a la floración de frijol, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	Floración (dds)	Agrupación	Factor B	Floración (dds)	Agrupación
a1	51,22	a	b1	52,50	a
a2	53,22	a	b2	51,66	a
			b3	52,50	a

Tabla 7 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, de floración de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha ácido bórico	Combinación	Floración (dds)	Agrupación
t1	31250 x 00	a1 b1	52,00	a
t2	31250 x 50	a1 b2	50,67	a
t3	31250 x 100	a1 b3	51,00	a
t4	21484 x 00	a2 b1	53,00	a
t5	21484 x 50	a2 b2	52,67	a
t6	21484 x 100	a2 b3	54,00	a

a.2) Días a la madurez fisiológica

El ANOVA, para días a madurez fisiológica, **Tabla 8**, ha determinado que no fue significativo para bloques, tratamientos, factor B y la interacción; pero si para el factor A; mientras que, la tendencia a mayor densidad es más tardío; y en los niveles de boro, favoreció la precocidad a la dosis de 50 y 100 g B (ácido bórico)/ha respecto al testigo, **Figura 44**; con la prueba múltiple de Tukey, $\alpha=0,05$, **Tabla 9**, determinó que la densidad mayor fue más tardío frente a la menor densidad y en el factor B, los niveles de boro, no hubo diferencias significativas; en los tratamientos, **Tabla 10**, se encontró que, no existe diferencias significativas, a pesar que, t1 fue más tardío en días a la madurez fisiológica con respecto al t5, con 103,67 y 99,33 dds, respectivamente.

Tabla 8 ANOVA para días a madurez fisiológica (dds), de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	2	1,778	0,8889	0,37 ns	0,7017
Tratamiento	5	36,944	73,889	3,05 ns	0,0628
Factor A	1	20,056	200,556	8,28 *	0,0164
Factor B	2	4,778	23,889	0,99 ns	0,4065
A x B	2	12,111	60,556	2,50 ns	0,1317
Error	10	24,222	24,222		
Total	17	62,944			
Media	S	CV			
100,94	1,92	1,91			

Nota. GL: grados de libertad *: diferencias significativas; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 44

Tendencia de los factores A y B a días a la madurez fisiológica (dds) de frijol Tiapo

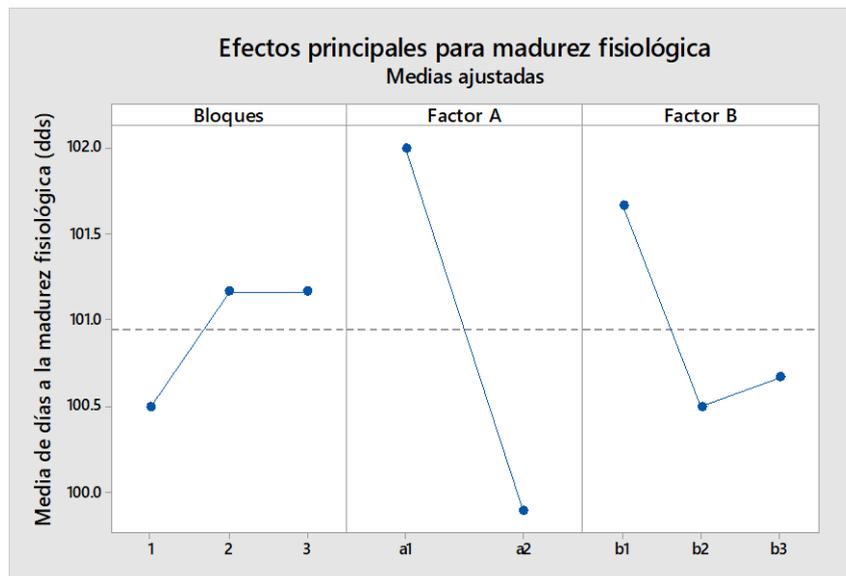


Tabla 9 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios para madurez fisiológica, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	Madurez		Factor B	Madurez	
	fisiológica (dds)	Agrupación		fisiológica (dds)	Agrupación
a1	102,00	a	b1	101,67	a
a2	99,89	b	b2	100,50	a
			b3	100,67	a

Nota. Las medias con letras distintas en las columnas son significativamente diferentes.

Tabla 10

Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para días a la madurez fisiológica de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha	Combinación	Madurez	Agrupación
	ácido bórico		fisiológica (dds)	
t1	31250 x 00	a1 b1	103,67	a
t2	31250 x 50	a1 b2	101,67	a
t3	31250 x 100	a1 b3	100,67	a
t4	21484 x 00	a2 b1	99,67	a
t5	21484 x 50	a2 b2	99,33	a
t6	21484 x 100	a2 b3	100,67	a

a.3) Días a la cosecha

El ANOVA, para días a la cosecha, **Tabla 11**, ha determinado que no hubo significancia para bloques, tratamientos, factor A y B y la interacción; mientras que la tendencia, la mayor densidad fue más precoz y en los niveles de boro, la dosis de 100 g B (ácido bórico)/ha retardó la cosecha frente a 50 g B (ácido bórico)/ha y el testigo como más precoces, **Figura 45**.

Tabla 11

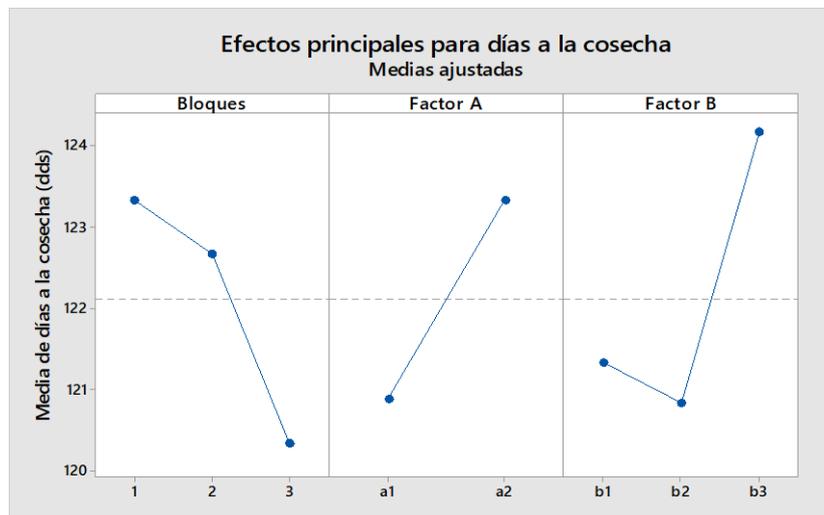
ANOVA para días a la cosecha (dds), de frijol Tiapo, en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	2	29,78	14,890	0,33 ns	0,7240
Tratamiento	5	75,78	15,160	0,34 ns	0,8775
Factor A	1	26,89	26,889	0,60 ns	0,4556
Factor B	2	38,78	19,389	0,43 ns	0,6592
A x B	2	10,11	5,056	0,11 ns	0,8940
Error	10	446,22	44,620		
Total	17	551,78			
Media	S	CV			
122,1	5,70	4,67			

Nota. GL: grados de libertad; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 45

Tendencia de los factores A y B para días a la cosecha (dds) de frijol Tiapo



Con la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla 12**, se encontró que en dos densidades y en tres niveles de boro fueron iguales estadísticamente, **Tabla 13**, muestra que no existe en los tratamientos diferencias significativas; sin embargo, t6 fue el de mayor días con

respecto al t2 con menos días, el rango estuvo entre 126,33 a 119,67 dds, respectivamente.

Tabla 12 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios, días a la cosecha, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	Cosecha (dds)	Agrupación	Factor B	Cosecha (dds)	Agrupación
a1	120,89	a	b1	121,33	a
a2	123,33	a	b2	120,83	a
			b3	124,17	a

Tabla 13 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, de días a la cosecha de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha ácido bórico	Combinación	Cosecha (dds)	Agrupación
t1	31250 x 00	a1 b1	121,00	a
t2	31250 x 50	a1 b2	119,67	a
t3	31250 x 100	a1 b3	122,00	a
t4	21484 x 00	a2 b1	121,67	a
t5	21484 x 50	a2 b2	122,00	a
t6	21484 x 100	a2 b3	126,33	a

b. Características agronómicas

b.1) Longitud de planta (cm)

El ANOVA, para longitud de la planta, **Tabla 14**, ha determinado que no hubo significancia para los tratamientos, factor A, factor B y la interacción, pero si para bloques; mientras que, la tendencia, las dos densidades y los niveles de boro no han mostrado mayor variación, **Figura 46**; asimismo, con la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla 15**, determinó diferencias no significativas para ambos factores; en los

tratamientos, **Tabla 16**, determinó que los tratamientos fueron estadísticamente iguales, estuvo entre los valores 103,88 cm (t4) y 83,25 cm (t5).

Tabla 14 ANOVA para longitud de planta (cm) de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	2	2539,30	1269,7	4,29 *	0,0451
Tratamientos	5	752,90	150,6	0,51 ns	0,7637
Factor A	1	2,28	2,28	0,01 ns	0,9317
Factor B	2	150,82	75,41	0,25 ns	0,7798
A x B	2	599,82	299,91	1,01 ns	0,3972
Error	10	2957,30	295,7		
Total	17	6249,60			
Media	S	CV			
92,03	19,17	20,83			

Nota. GL: grados de libertad *: diferencias significativas; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 46 Tendencia de los factores A y B de longitud de planta (cm) de frijol Tiapo

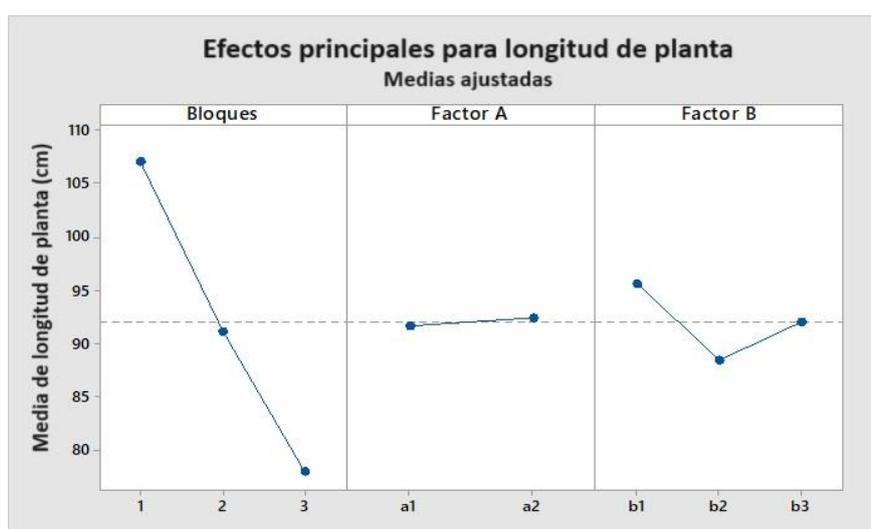


Tabla 15 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de longitud de planta, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	Longitud planta (cm)	Agrupación	Factor B	Longitud planta (cm)	Agrupación
a1	91,68	a	b1	95,58	a
a2	92,39	a	b2	88,49	a
			b3	92,04	a

Tabla 16 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para longitud de planta, tratamiento, de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha ácido bórico	Combinación	Longitud planta (cm)	Agrupación
t1	31250 x 00	a1 b1	87,27	a
t2	31250 x 50	a1 b2	93,72	a
t3	31250 x 100	a1 b3	94,04	a
t4	21484 x 00	a2 b1	103,88	a
t5	21484 x 50	a2 b2	83,25	a
t6	21484 x 100	a2 b3	90,04	a

b.2) Diámetro de tallo (mm)

El ANOVA para el diámetro de tallo, **Tabla 17**, ha determinado no significancia para bloques, factor B y la interacción, pero sí en tratamientos y factor A; mientras que, la tendencia, la menor densidad fue mayor y en los tres niveles de boro sus valores variaron de forma notoria, el de 50 g B (ácido bórico)/ha tuvo menor diámetro de tallo respecto a los dos niveles, **Figura 47**; con la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla 18**, determinó que la menor densidad de siembra tuvo mayor diámetro de tallo y en los niveles de boro no hubo diferencias

significativas; en los tratamientos, **Tabla 19**, muestra que, t6, fue superior respecto a los demás, con 9,09 mm y el menor con 6,84 mm en t2.

Tabla 17 ANOVA para diámetro de tallo (mm) de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	2	1,159	0,580	2,73 ns	0,1133
Tratamiento	5	10,649	2,130	10,03 **	0,0012
Factor A	1	7,494	7,494	35,28 **	0,0001
Factor B	2	1,711	0,856	4,03 ns	0,0521
A x B	2	1,443	0,722	3,40 ns	0,0748
Error	10	2,124	0,212		
Total	17	13,932			
Media	S	CV			
7,792	0,905	11,66			

Nota. GL: grados de libertad **: diferencias altamente significativas; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 47 Tendencia de los factores A y B en el diámetro de tallo (mm) de frijol Tiapo

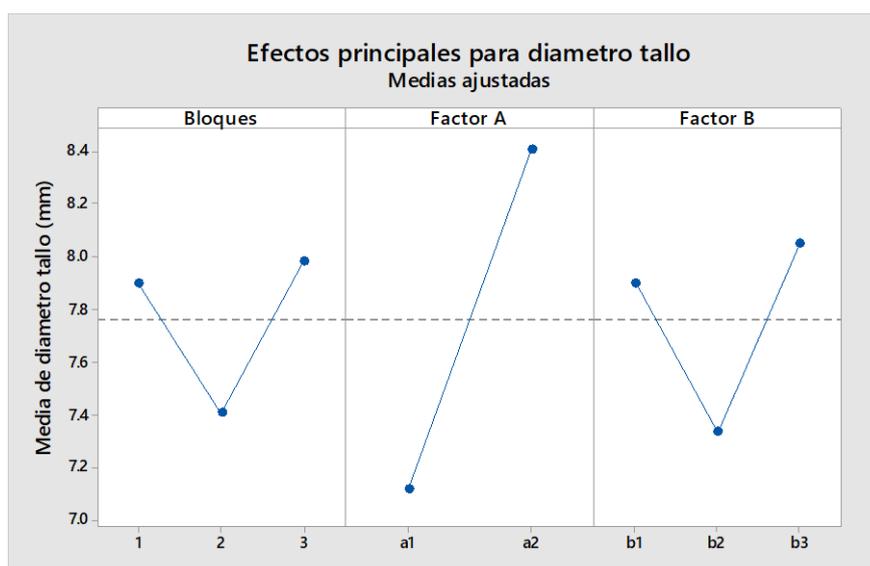


Tabla 18 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de diámetro de tallo de frijol Tiapo, factor A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	Diámetro tallo (mm)	Agrupación	Factor B	Diámetro tallo (mm)	Agrupación
a1	7,12	b	b1	7,90	a
a2	8,41	a	b2	7,34	a
			b3	8,05	a

Nota. Las medias con letras distintas en las columnas son significativamente diferentes.

Tabla 19 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para diámetro de tallo, tratamiento, de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha ácido bórico	Combinación	Diámetro de tallo (mm)	Agrupación	
t1	31250 x 00	a1 b1	7,50	b	c
t2	31250 x 50	a1 b2	6,84		c
t3	31250 x 100	a1 b3	7,01	b	c
t4	21484 x 00	a2 b1	8,30	a	b
t5	21484 x 50	a2 b2	7,83	a	b c
t6	21484 x 100	a2 b3	9,09	a	

Nota. Las medias con letras distintas en las columnas son significativamente diferentes.

b.3) Número de ramas (N°/planta)

El ANOVA para número de ramas, **Tabla 20**, ha determinado que no existe significancia para tratamientos, factor A, factor B y la interacción, pero si para bloques. La tendencia tanto la densidad de siembra, como los niveles de boro no mostró una variación significativa, **Figura 48**; de igual manera, la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla 21**,

determinó que las dos densidades y los tres niveles de boro fueron iguales estadísticamente; en los tratamientos, **Tabla 22**, indica que todos fueron iguales, donde t4 tuvo el mayor valor con 10,08 y el menor t1 con 8,96 ramas por planta, respectivamente.

Tabla 20 ANOVA, el número de ramas/planta de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	2	14,879	7,4393	7,88 **	0,0088
Tratamientos	5	2,841	0,5683	0,60 ns	0,7005
Factor A	1	0,1681	0,1681	0,18 ns	0,6820
Factor B	2	0,2321	0,1161	0,12 ns	0,8857
A x B	2	2,4412	1,2206	1,29 ns	0,3167
Error	10	9,4423	0,9442		
Total	17	27,1622			
Media	S	CV			
9,328	1,298	13,91			

Nota. GL: grados de libertad; **: diferencias altamente significativas; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 48 Tendencia de los factores A y B de número de ramas/planta de frijol Tiapo

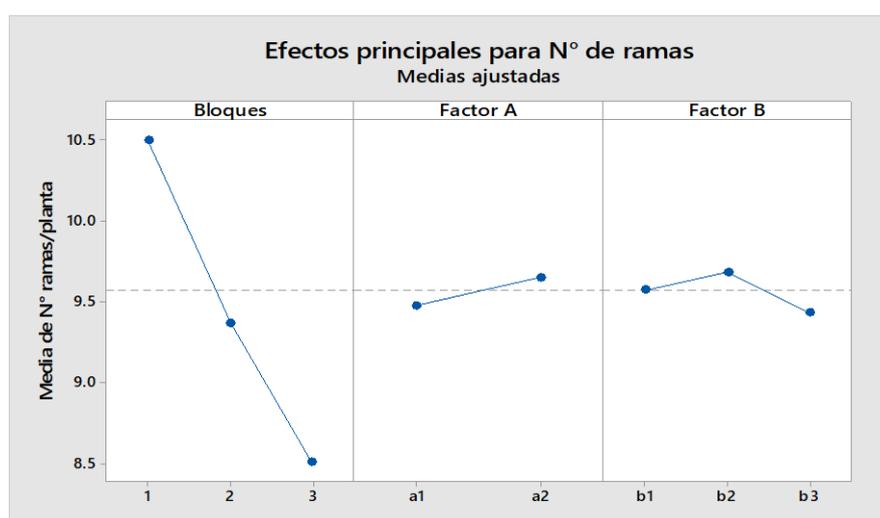


Tabla 21 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de número de ramas/plantas, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	N° ramas/planta	Agrupación	Factor B	N° ramas/planta	Agrupación
a1	9,48	a	b1	9,57	a
a2	9,65	a	b2	9,68	a
			b3	9,43	a

Tabla 22 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para número de ramas/planta, tratamiento, de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha ácido bórico	Combinación	N° ramas/planta	Agrupación
t1	31250 x 00	a1 b1	8,96	a
t2	31250 x 50	a1 b2	9,81	a
t3	31250 x 100	a1 b3	9,60	a
t4	21484 x 00	a2 b1	10,08	a
t5	21484 x 50	a2 b2	9,55	a
t6	21484 x 100	a2 b3	9,26	a

b.4) Biomasa fresca de follaje (g)

El ANOVA para biomasa fresca de follaje, **Tabla 23**, ha determinado que no hubo significancia para tratamientos, factor A, factor B y la interacción, pero sí para bloques; en cuanto a la tendencia, la densidad menor, tuvo mayor biomasa fresca y en los niveles de boro, favoreció en cierta manera en contenido de biomasa fresca, **Figura 49**; pero, la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla 24**, indica que fueron iguales estadísticamente, tanto las dos densidades y los niveles de boro; en los tratamientos, **Tabla 25**, todos fueron iguales, con mayor valor en t6 902,50 g/planta y menor en t1 con 728,87 g/planta.

Tabla 23 ANOVA para biomasa fresca de follaje (g) de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	2	152296	76148	4,15 *	0,0490
Tratamientos	5	58709	11742	0,64 ns	0,6750
Factor A	1	29097	29097	1,59 ns	0,2360
Factor B	2	22964	11482	0,63 ns	0,5540
A x B	2	6649	3324	0,18 ns	0,8370
Error	10	183427	18343		
Total	17	394433			
Media	S	CV			
800,00	152,30	19,04			

Nota. GL: grados de libertad *: diferencias significativas; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 49 Tendencia de los factores A y B de biomasa fresca (g/planta) de frijol Tiapo

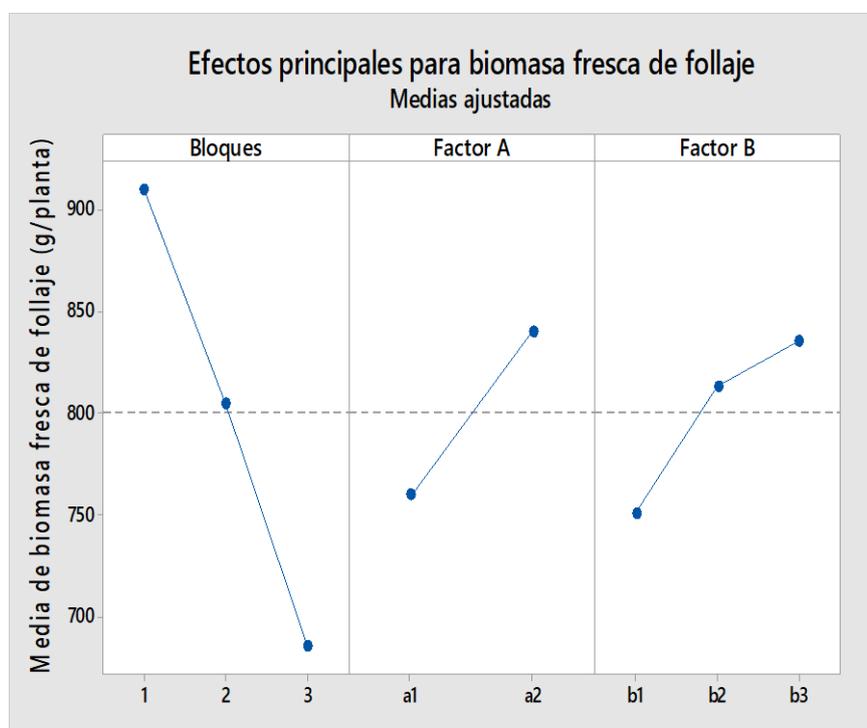


Tabla 24 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios para biomasa fresca de follaje factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	Biomasa		Factor B	Biomasa	
	fresca (g/planta)	Agrupación		fresca (g/planta)	Agrupación
a1	759,78	a	b1	751,17	a
a2	840,19	a	b2	813,15	a
			b3	835,63	a

Tabla 25 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para biomasa fresca de follaje, tratamiento, de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha ácido bórico	Combinación	Biomasa fresca (g/planta)	Agrupación
t1	31250 x 00	a1 b1	728,87	a
t2	31250 x 50	a1 b2	781,70	a
t3	31250 x 100	a1 b3	768,77	a
t4	21484 x 00	a2 b1	773,47	a
t5	21484 x 50	a2 b2	844,60	a
t6	21484 x 100	a2 b3	902,50	a

b.5) Biomasa seca de follaje (g)

El ANOVA para biomasa seca de follaje, **Tabla 26**, ha determinado que no hubo significancia en tratamientos, factor A, factor B y la interacción; pero sí en bloques; mientras que, la tendencia, menor densidad tuvo mayor biomasa seca y en los niveles de boro, las dosis de 50 y 100 g B (ácido bórico)/ha, favoreció ligeramente a la biomasa seca, **Figura 50**; pero, con la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla 27**, las dos densidades y los tres niveles de boro fueron iguales. Asimismo; en los

tratamientos, **Tabla 28**, todos fueron iguales estadísticamente, entre los valores de 157,79 g/planta (t6) y 117,11 g/planta (t1).

Tabla 26 ANOVA para biomasa seca (g/planta) de follaje del frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Sec.	MC sec.	Valor F	Valor p
Bloques	2	16,3836	8,1918	7,12 *	0,0120
Tratamiento	5	5,738	1,148	1,00 ns	0,4660
Factor A	1	1,5251	1,5251	1,33 ns	0,2760
Factor B	2	3,9976	1,9988	1,74 ns	0,2250
A x B	2	0,2157	0,1078	0,09 ns	0,9110
Error	10	11,5073	1,1507		
Total	17	33,6293			
Media	S	CV			
136,54	32,44	23,76			

Nota. GL: grados de libertad * diferencias significativas; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 50 Tendencia de los factores A y B de biomasa seca (g/planta) de follaje de frijol Tiapo

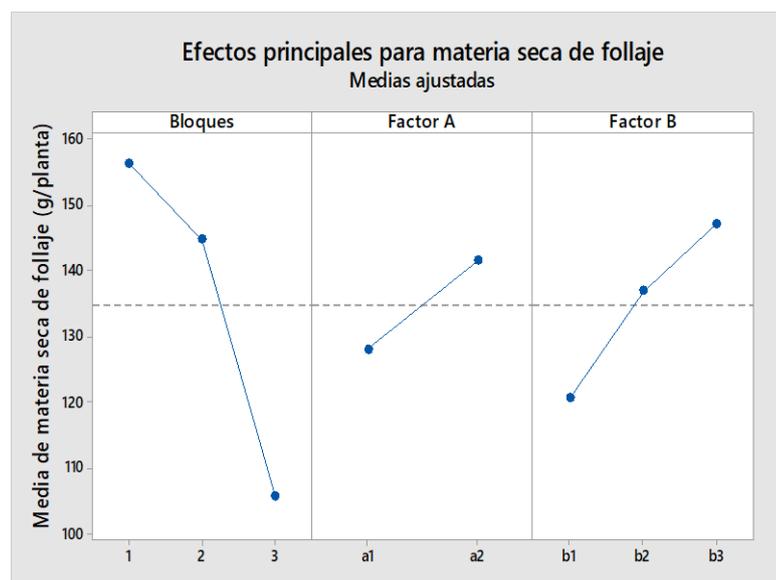


Tabla 27 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de biomasa seca de follaje, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	Biomasa seca (g/planta)	Agrupación	Factor B	Biomasa seca (g/planta)	Agrupación
a1	128,00	a	b1	120,71	a
a2	141,51	a	b2	136,85	a
			b3	147,13	a

Tabla 28 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para biomasa seca de follaje, tratamiento, de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha ácido bórico	Combinación	Biomasa seca (g/planta)	Agrupación
t1	31250 x 00	a1 b1	117,11	a
t2	31250 x 50	a1 b2	130,45	a
t3	31250 x 100	a1 b3	136,84	a
t4	21484 x 00	a2 b1	124,35	a
t5	21484 x 50	a2 b2	143,41	a
t6	21484 x 100	a2 b3	157,79	a

b.6) Longitud de raíces (cm)

El ANOVA para longitud de raíz, **Tabla 29**, determinó que no hubo significancias para bloques, tratamientos, factor A, factor B y la interacción; por otro lado, la tendencia, la mayor densidad mostró una mayor longitud y en los niveles de boro, favoreció la dosis de 50 g B (ácido bórico)/ha, **Figura 51**; mientras que, la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla 30**, las dos densidades y los tres niveles de boro fueron iguales; en los tratamientos, **Tabla 31**, mostró que todos fueron iguales, con mayor valor t3 con 38,74 cm y menor t6 con 35,46 cm.

Tabla 29 ANOVA para longitud de raíz (cm), de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	2	24,06	12,030	1,07 ns	0,3810
Tratamiento	5	26,75	5,351	0,47 ns	0,7880
Factor A	1	3,472	3,472	0,31 ns	0,5910
Factor B	2	10,254	5,127	0,45 ns	0,6470
A x B	2	13,029	6,514	0,58 ns	0,5790
Error	10	112,86	11,286		
Total	17	163,68			
Media	S	CV			
37,31	3,103	8,32			

Nota. GL: grados de libertad; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 51 Tendencia de los factores A y B en longitud de raíz de frijol Tiapo

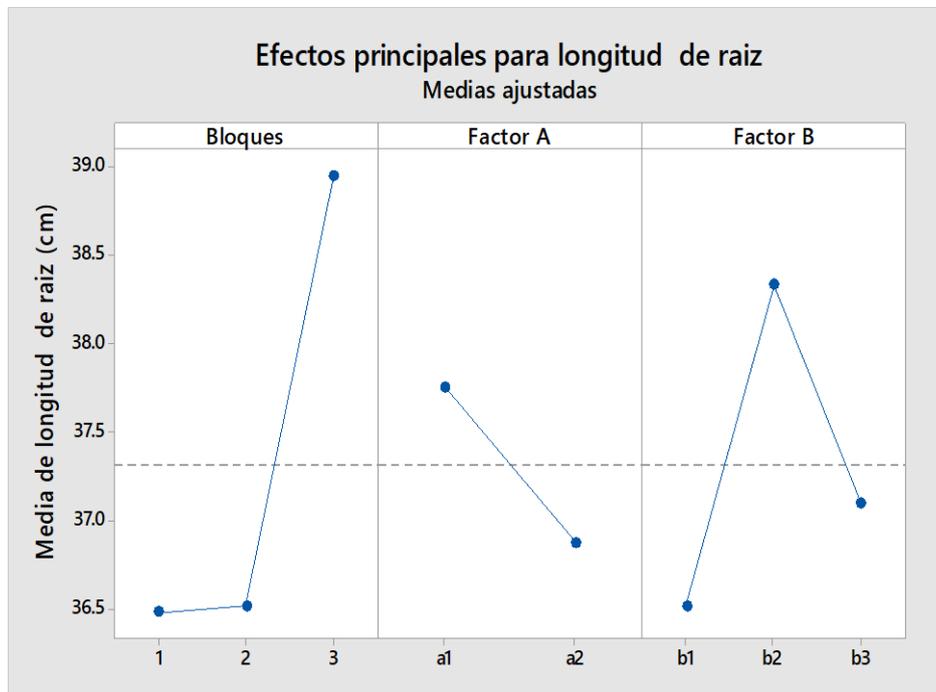


Tabla 30 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de longitud de raíz, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	Longitud de raíz (cm)	Agrupación	Factor B	Longitud de raíz (cm)	Agrupación
a1	37,75	a	b1	36,52	a
a2	36,88	a	b2	38,33	a
			b3	37,10	a

Tabla 31 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para longitud de raíz, tratamiento, de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha ácido bórico	Combinación	Longitud de raíz (cm)	Agrupación
t1	31250 x 00	a1 b1	36,44	a
t2	31250 x 50	a1 b2	38,09	a
t3	31250 x100	a1 b3	38,74	a
t4	21484 x 00	a2 b1	36,60	a
t5	21484 x 50	a2b2	38,57	a
t6	21484 x 100	a2 b3	35,46	a

c. Variables fisiológicas

c.1) Área foliar (dm²)

El ANOVA para área foliar de frijol Tiapo, **Tabla 32**, ha determinado que, no hubo significancia para tratamientos, factor A y la interacción, pero si para bloques y para factor B; mientras que, la tendencia, en las dos densidades no han variado y en los niveles de boro favoreció al área foliar, el nivel de 100 g/ha de ácido bórico, **Figura 52**; con la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla 33**, las dos densidades fueron estadísticamente iguales y en niveles de boro, la dosis de 100 g/ha de

ácido bórico, fue superior e igual al testigo; en los tratamientos, **Tabla 34**, Determinó que todos fueron iguales, donde el rango estuvo entre 132,24 dm² (t6) y con 101,66 dm² (t5).

Tabla 32 ANOVA para área foliar del frijol Tiapo (dm²) en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Sec.	MC sec.	Valor F	Valor p
Bloques	1	979,30	979,25	10,94 *	0,0210
Tratamiento	5	1483,70	296,73	3,31 ns	0,1070
Factor A	1	104,00	103,98	1,16 ns	0,3300
Factor B	2	1242,80	621,38	6,94 *	0,0360
A x B	2	136,90	68,45	0,76 ns	0,5130
Error	5	447,60	89,51		
Total	11	2910,50			
Media	S	CV			
110,2	16,27	14,75			

Nota. GL: grados de libertad; *: diferencias significativas; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 52 Tendencia de los factores A y B de área foliar (dm²) de frijol Tiapo

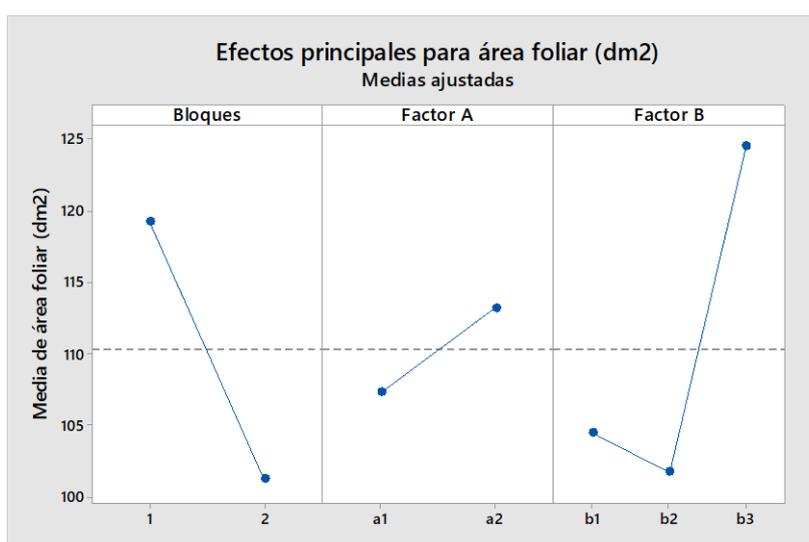


Tabla 33 Comparación múltiple de Tukey, alfa 0,05, promedios de área foliar, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	Área foliar (dm ² /planta)	Agrupación	Factor B	Área foliar (dm ² /planta)	Agrupación
a1	107,34	a	b1	104,49	a
a2	113,22	a	b2	101,76	b
			b3	124,59	a

Nota. Las medias con letras distintas en las columnas son significativamente diferentes.

Tabla 34 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para área foliar de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha ácido bórico	Combinación	Área foliar (dm ²)	Agrupación
t1	31250 x 00	a1 b1	103,21	a
t2	31250 x 50	a1 b2	101,86	a
t3	31250 x 100	a1 b3	116,93	a
t4	21484 x 00	a2 b1	105,77	a
t5	21484 x 50	a2 b2	101,66	a
t6	21484 x 100	a2 b3	132,24	a

c.2) Índice de área foliar (m²/m²)

El ANOVA para el índice de área foliar, **Tabla 35**, ha determinado que no hubo significancia para la interacción, en cambio, fue significativas en bloques y factor B y altamente significativas para tratamientos y factor A; mientras que, en la tendencia, la densidad mayor fue superior y en los niveles de boro, fue mayor la dosis de 100 g B (ácido bórico)/ha, **Figura 53**. Con la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla 36**, determinó que la densidad mayor fue superior y en los niveles de boro 100 g B (ácido bórico)/ha, superó al testigo y a 50 g B (ácido bórico)/ha, entre estas últimas sin diferencias significativas; en los tratamientos, **Tabla 37**, t3 fue superior e igual a t1 y t2, pero superior a t4, t5 y t6.

Tabla 35 ANOVA para índice de área foliar(m²/m²), de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Sec.	MC sec.	Valor F	Valor p
Bloques	1	0,510	0,5100	13,76 *	0,0139
Tratamiento	5	3,722	0,74448	20,08 **	0,0030
Factor A	1	2,973	2,97273	80,19 **	0,0003
Factor B	2	0,735	0,3674	9,910 *	0,0182
A x B	2	0,015	0,00743	0,200 ns	0,8247
Error	5	0,185	0,03707		
Total	11	4,418			
Media	S	CV			
28,57	0,634	22,18			

Nota. GL: grado de libertad **: diferencias altamente significativas; *: diferencias significativas ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 53 Tendencia de los factores A y B de área foliar(m²/m²) de frijol Tiapo

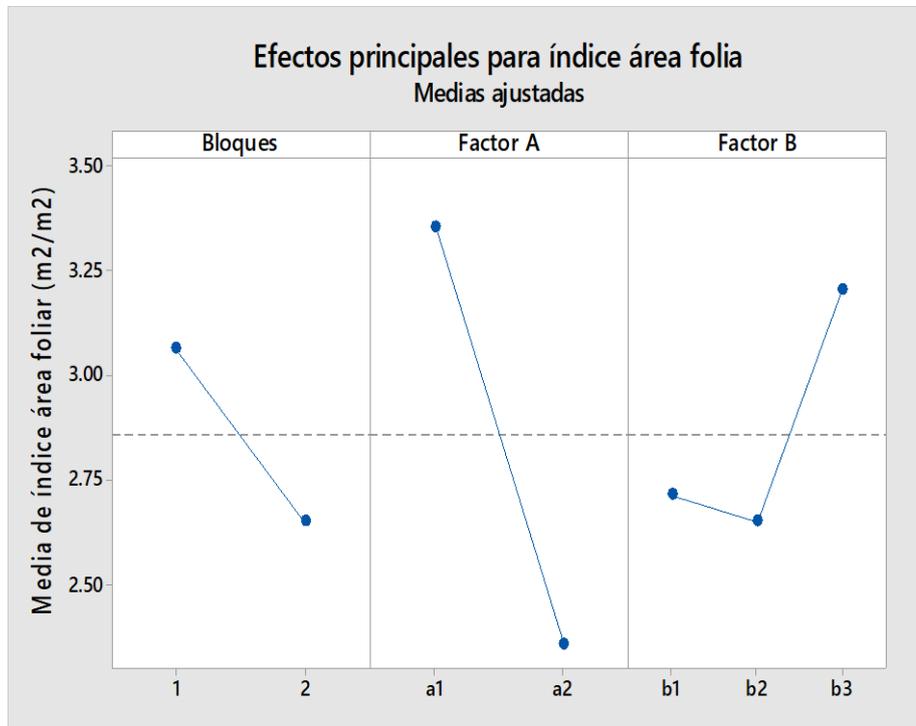


Tabla 36 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de índice de área foliar factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	Índice área foliar (m ² / m ²)	Agrupación	Factor B	Índice área foliar (m ² / m ²)	Agrupación
a1	3,35	a	b1	2,71	b
a2	2,36	b	b2	2,65	b
			b3	3,20	a

Nota. Las medias con letras distintas en las columnas son significativamente diferentes.

Tabla 37 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para índice de área foliar de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x	Combinación	Índice área foliar (m ² /m ²)	Agrupación	
	g/ha ácido bórico				
t1	31250 x 00	a1 b1	3,22	a	b
t2	31250 x 50	a1 b2	3,18	a	b
t3	31250 x 100	a1 b3	3,65	a	
t4	21484 x 00	a2 b1	2,20		c
t5	21484 x 50	a2 b2	2,12		c
t6	21484 x 100	a2 b3	2,76	b	c

Nota. Las medias con letras distintas en las columnas son significativamente diferentes.

d. Respiración basal del suelo (mgCO₂/kgs/día)

El ANOVA para respiración basal del suelo con frijol Tiapo, **Tabla 38**, ha determinado que no hubo significancia para bloques, tratamientos, factor A, factor B y la interacción; mientras que, la tendencia de densidad de siembra no hubo mayor variación y en los niveles de boro, 100 g B (ácido bórico)/ha, favoreció mayor respiración de basal del suelo, frente a 50 g B (ácido bórico)/ha, **Figura 54**; pero, la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla**

39, tanto las dos densidades y los tres niveles de boro fueron iguales estadísticamente; en los tratamientos, **Tabla 40**, determinó que todos fueron iguales, t6 con el mayor valor de 46,18 mg CO₂/kg/día y el menor t5 con 34,22 mg CO₂/kg/día.

Tabla 38 ANOVA, respiración basal del suelo (mg/kg/día) con cultivo de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Sec.	MC sec.	Valor F	Valor p
Bloques	2	153,13	76,56	0,76 ns	0,4924
Tratamientos	5	352,6	70,52	0,77 ns	0,5905
Factor A	1	13,78	13,78	0,14 ns	0,7180
Factor B	2	181,07	90,54	0,90 ns	0,4371
A x B	2	64,11	32,06	0,32 ns	0,7342
Error	10	1005,94	10,59		
Total	17	1418,03			
Media	S	CV			
41,8	9,13	21,85			

Nota. GL: grados de libertad; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 54 Tendencia de los factores A y B en la respiración basal del suelo (mg/kg/día) con frijol Tiapo

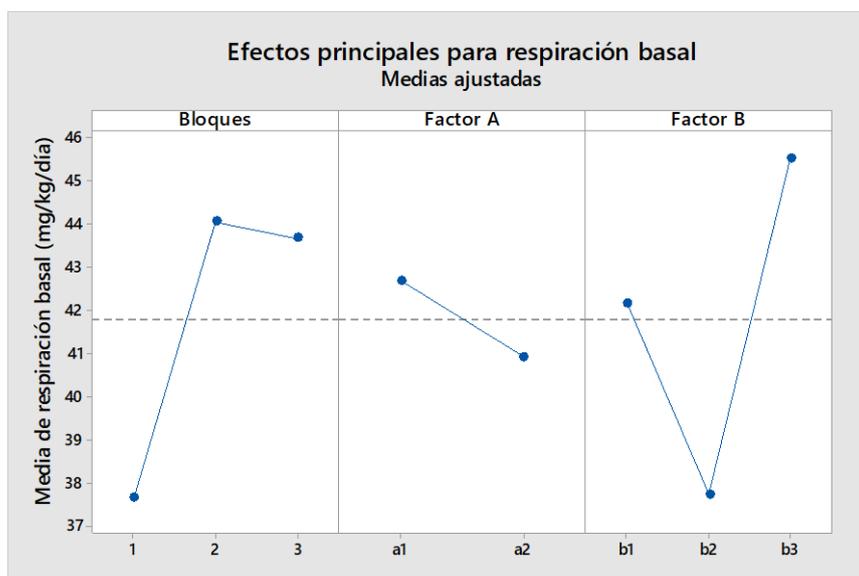


Tabla 39 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de respiración basal del suelo factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	Respiración		Factor B	Respiración	
	basal (mg/kgs/día)	Agrupación		basal (mg/kgs/día)	Agrupación
a1	42,68	a	b1	42,16	a
a2	40,93	a	b2	37,75	a
			b3	45,50	a

Tabla 40 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para la respiración basal del suelo, tratamientos, de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha ácido bórico	Combinación	Respiración basal (mg/kg/día)	Agrupación
t1	31250 x 00	a1 b1	41,93	a
t2	31250 x 50	a1 b2	41,28	a
t3	31250 x 100	a1 b3	44,82	a
t4	21484 x 00	a2 b1	42,38	a
t5	21484 x 50	a2 b2	34,22	a
t6	21484 x 100	a2 b3	46,18	a

e. Componentes de rendimiento

e.1) Número de vainas llenas (N°/planta)

El ANOVA para número de vainas llenas por planta, **Tabla 41**, ha determinado que no hubo significancia para tratamientos, factor B y la interacción, pero si fue significativa para bloques y altamente significativa para el factor A; mientras que la tendencia, la mayor densidad presentó menos vainas llenas y en los niveles de boro sin mayor variación, **Figura 55**; y, con la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla 42**, determinó que la mayor densidad tuvo menos vainas llenas/planta y sin variación en los niveles de boro; en los tratamientos, **Tabla 43**, todos fueron iguales y el rango estuvo entre 62,69 y 47,10 vainas/planta en t6 y t1, respectivamente.

Tabla 41 ANOVA, número de vainas llenas/planta de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	2	596,40	298,22	5,31 *	0,0270
Tratamiento	5	683,60	136,72	2,44 ns	0,1080
Factor A	1	624,58	624,58	11,13 **	0,0080
Factor B	2	23,48	11,74	0,21 ns	0,8150
A x B	2	35,54	17,77	0,32 ns	0,7360
Error	10	561,20	56,12		
Total	17	1841,20			
Media	S	CV			
54,20	10,41	19,20			

Nota. GL; grados de libertad **: diferencias altamente significativas; *: diferencias significativas; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 55 Tendencia de los factores A y B de número de vainas llenas/planta (N°/planta) de frijol Tiapo

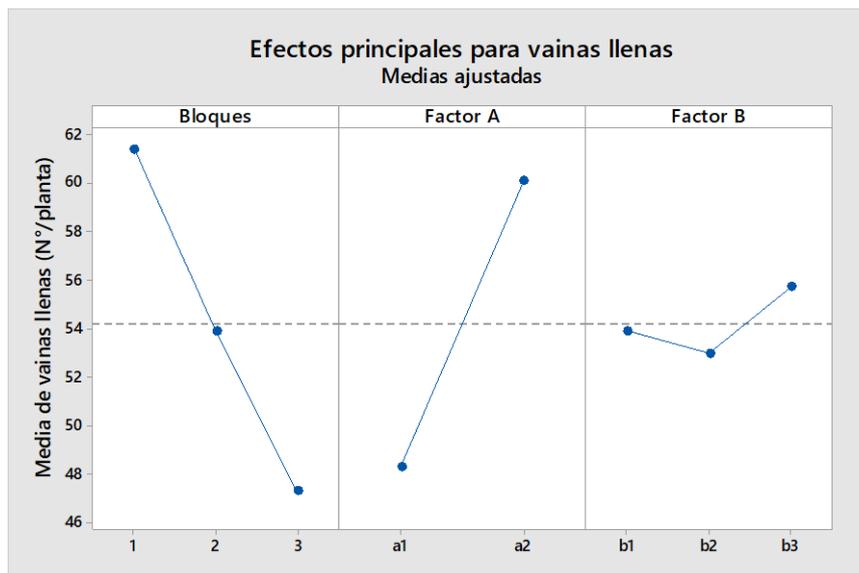


Tabla 42 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de vainas llenas, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	N° vainas llenas/planta	Agrupación	Factor B	N° vainas llenas/planta	Agrupación
a1	48,30	b	b1	53,90	a
a2	60,09	a	b2	52,97	a
			b3	55,72	a

Nota. Las medias con letras distintas en las columnas son significativamente diferentes

Tabla 43 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para vainas llenas, tratamientos, de frijol Tiapo dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha		Promedio	
	ácido bórico	Combinación	Vainas llenas (N°)	Agrupación
t1	31250 x 00	a1 b1	47,10	a
t2	31250 x 50	a1 b2	49,07	a
t3	31250 x 100	a1 b3	48,75	a
t4	21484 x 00	a2 b1	60,69	a
t5	21484 x 50	a2b2	56,88	a
t6	21484 x 100	a2 b3	62,69	a

e.2) Número de vainas vanas (N°/planta)

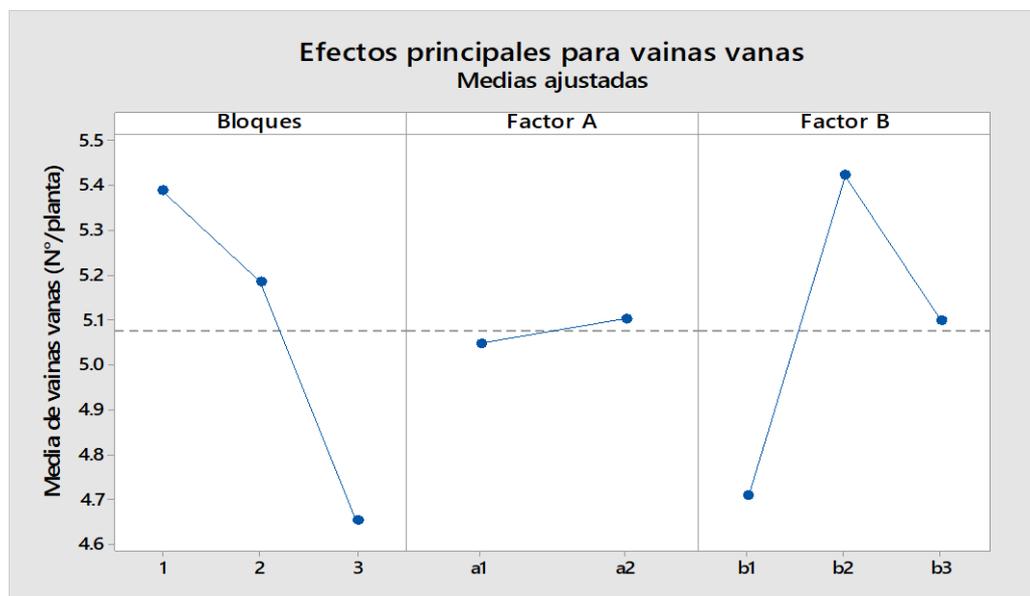
El ANOVA para número de vainas vanas, **Tabla 44**, ha determinado que no hubo significancia para bloques, tratamientos, factor A, factor B y la interacción; mientras que, la tendencia, no hubo diferencias en las dos densidades y en los niveles de boro, 50 g B (ácido bórico)/ha, tuvo mayor número de vainas vanas frente al testigo y al nivel de 100 g B (ácido bórico)/ha, **Figura 56**.

Tabla 44 ANOVA, para vainas vanas/planta de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	2	1,730	0,865	0,89 ns	0,4410
Tratamiento	5	4,625	0,925	0,95 ns	0,4890
Factor A	1	0,014	0,014	0,01 ns	0,9080
Factor B	2	1,535	0,767	0,79 ns	0,4800
A x B	2	3,077	1,538	1,58 ns	0,2530
Error	10	9,711	0,971		
Total	17	16,065			
Media	S	CV			
5,076	0,972	19,15			

Nota. GL: grados de libertad; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 56 Tendencia de los factores A y B de número de vainas vanas/planta (N°/planta) de frijol Tiapo



Con la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla 45**, determinó que las dos densidades y los niveles de boro fueron iguales estadísticamente en vainas vanas; en los tratamientos, **Tabla 46**, encontró que en vainas vanas todos fueron iguales, con valores de 5,60 (t3) a 4,20 (t1).

Tabla 45 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de vainas vanas, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	N° vainas vanas/planta	Agrupación	Factor B	N° vainas vanas/planta	Agrupación
a1	5,05	a	b1	4,71	a
a2	5,10	a	b2	5,42	a
			b3	5,10	a

Tabla 46 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para vainas vanas, tratamientos, de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha ácido bórico	Combinación	N° vanas/planta	Agrupación
t1	31250 x 00	a1 b1	4,20	a
t2	31250 x 50	a1 b2	5,34	a
t3	31250 x 100	a1 b3	5,60	a
t4	21484 x 00	a2 b1	5,22	a
t5	21484 x 50	a2b2	5,50	a
t6	21484 x 100	a2 b3	4,60	a

e.3) Longitud de vainas (cm)

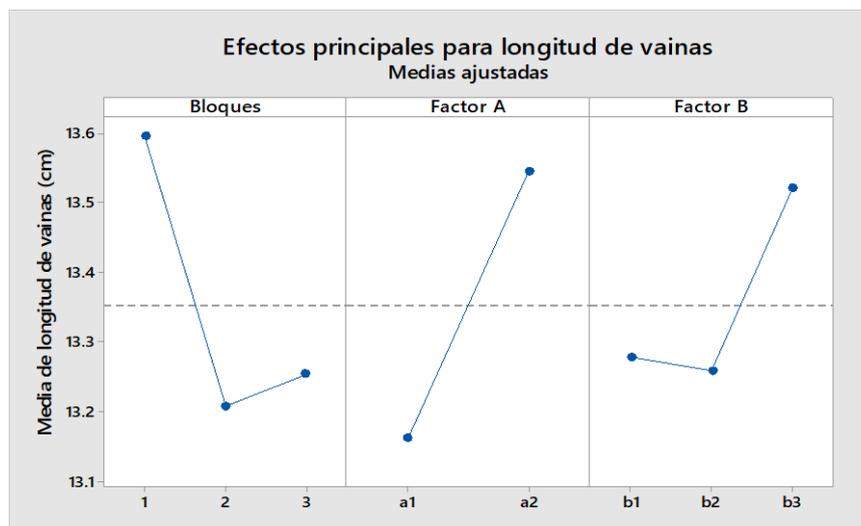
El ANOVA para longitud de vaina, **Tabla 47**, ha determinado que no hubo significancia en factor B y la interacción, significativa para bloques y tratamientos y altamente significativas para el factor A; en cuanto a la tendencia, la mayor densidad tuvo menor longitud de vainas, los niveles de boro, 100 g B (ácido bórico)/ha tuvieron mayor longitud, comparado al testigo y 50 g B (ácido bórico)/ha, **Figura 57**.

Tabla 47 ANOVA, longitud de vainas (cm) de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	2	0,5441	0,27204	6,45 *	0,0160
Tratamiento	5	1,0288	0,20575	4,88 *	0,0160
Factor A	1	0,6641	0,66413	15,75 **	0,0030
Factor B	2	0,2595	0,12975	3,08 ns	0,0910
A x B	2	0,1051	0,05256	1,25 ns	0,3280
Error	10	0,4215	0,04215		
Total	17	1,9944			
Media	S	CV			
13,35	0,343	2,56			

Nota. GL: grado de libertad **: diferencias altamente significativas; *. Diferencias significativas; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 57 Tendencia de los factores A y B de longitud de vaina (cm) de frijol Tiapo



Con la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla 48**, en la menor densidad, la longitud de vaina fue superior y en niveles de boro todos

fueron iguales estadísticamente; en los tratamientos, **Tabla 49**, encontró que, en la longitud de vaina, t6 con 13,81 cm, fue superior e igual t3, t4 y t5, con respecto a t1 y t2 con 13,18 y 13,06, respectivamente.

Tabla 48 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de longitud de vainas llenas, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	Longitud vaina(cm)	Agrupación	Factor B	Longitud vaina(cm)	Agrupación
a1	13,16	b	b1	13,28	a
a2	13,54	a	b2	13,26	a
			b3	13,52	a

Nota. Las medias con letras distintas en las columnas son significativamente diferentes

Tabla 49 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para longitud de vainas, tratamientos, de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha ácido bórico	Combinación	Longitudes vainas (cm)	Agrupación
t1	31250 x 00	a1 b1	13,18	b
t2	31250 x 50	a1 b2	13,06	b
t3	31250 x 100	a1 b3	13,24	a b
t4	21484 x 00	a2 b1	13,38	a b
t5	21484 x 50	a2b2	13,46	a b
t6	21484 x 100	a2 b3	13,81	a

Nota. Las medias con letras distintas en las columnas son significativamente diferentes

e.4) Número de granos por vaina

El ANOVA para número de granos, **Tabla 50**, determinó no significancia para bloques, tratamientos, factor A, factor B y la interacción; en cuanto a la tendencia, las densidades no han variado de manera notoria y en los niveles de boro, favoreció en la medida que se

incrementó la dosis, **Figura 58**; pero, con la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla 51**, tanto las dos densidades y los niveles de boro fueron iguales estadísticamente; en los tratamientos, **Tabla 52**, no hubo superioridad en ningún tratamiento, el rango estuvo entre 5,56 (t6) granos/vaina y (5,44) t1 granos/vaina.

Tabla 50 ANOVA, número de granos/vaina de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	2	0,01437	0,007183	0,26 ns	0,7760
Tratamiento	5	0,03159	0,006317	0,23 ns	0,9410
Factor A	1	0,000889	0,000889	0,03 ns	0,8610
Factor B	2	0,020672	0,010336	0,37 ns	0,6970
A x B	2	0,010026	0,005013	0,18 ns	0,8370
Error	10	0,27630	0,027630		
Total	17	0,32225			
Media	S	CV			
5,516	0,1377	2,50			

Nota. GL: grados de libertad; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 58 Tendencia de los factores A y B de número de granos/vaina de frijol Tiapo

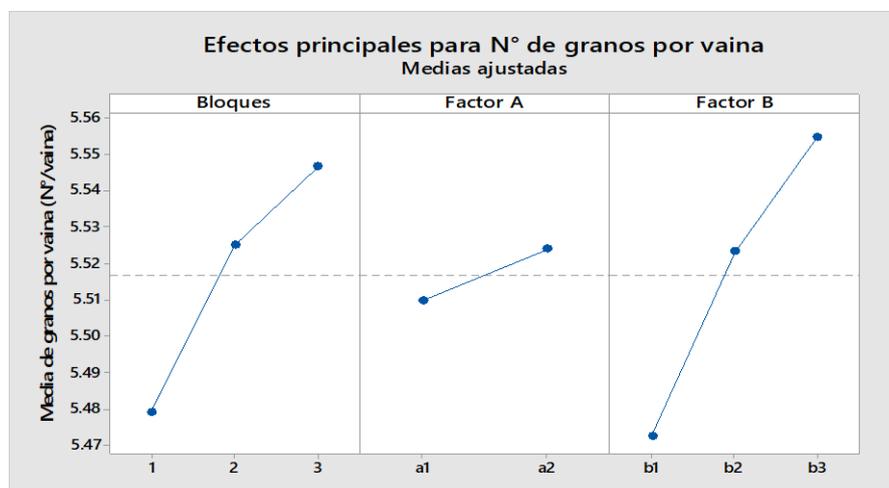


Tabla 51 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de granos/vaina, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	N° granos/vaina	Agrupación	Factor B	N° granos/vaina	Agrupación
a1	5,51	a	b1	5,47	a
a2	5,52	a	b2	5,52	a
			b3	5,55	a

Tabla 52 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para granos/vaina, tratamientos, de frijol Tiapo con densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha ácido bórico	Combinación	N° granos/vaina	Agrupación
t1	31 250 x 00	a1 b1	5,44	a
t2	31 250 x 50	a1 b2	5,54	a
t3	31 250 x 100	a1 b3	5,55	a
t4	21484 x 00	a2 b1	5,51	a
t5	21484 x 50	a2 b2	5,50	a
t6	21484 x 100	a2 b3	5,56	a

e.5) Peso de cien granos

El ANOVA para peso de cien granos, **Tabla 53**, ha determinado no significancia en bloques, factor B y la interacción, significativa en tratamientos y altamente significativa para el factor A; mientras que, en la tendencia, la densidad menor fue mayor y en los niveles de boro de 50 y 100 g B (ácido bórico)/ha, fueron mayores respecto al testigo, **Figura 59**; con la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla 54**, la densidad menor tuvo mayor peso de cien granos y los niveles de boro todos fueron

iguales estadísticamente; en los tratamientos, **Tabla 55**, t6 con 57,93 g fue superior a t1 con 51,68 g e igual a los demás tratamientos.

Tabla 53 ANOVA, peso de cien granos (g) de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	2	5,103	2,552	0,57 ns	0,5820
Tratamiento	5	85,672	17,134	3,84 *	0,0340
Factor A	1	69,227	69,227	15,50 **	0,0030
Factor B	2	15,211	7,605	1,70 ns	0,2310
A x B	2	1,234	0,617	0,14 ns	0,8730
Error	10	44,670	4,467		
Total	17	135,445			
Media	S	CV			
55,15	2,823	5,12			

Nota. GL: grados de libertad **: diferencias altamente significativas; *: diferencias significativas; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 59 Tendencia de los factores A y B de peso de cien granos (g) de frijol Tiapo

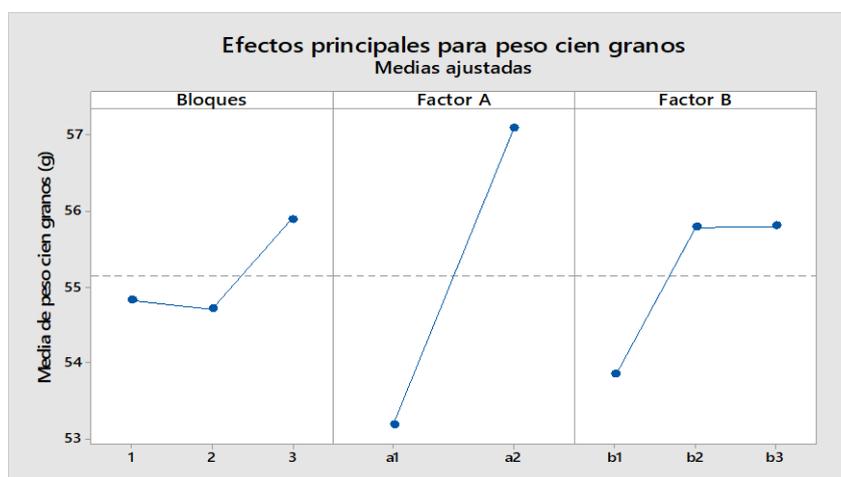


Tabla 54 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de peso de cien granos, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	Peso de cien granos (g)	Agrupación	Factor B	Peso de cien granos (g)	Agrupación
a1	53,19	b	b1	53,85	a
a2	57,11	a	b2	55,79	a
			b3	51,81	a

Nota. Las medias con letras distintas en las columnas son significativamente diferentes

Tabla 55 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, para peso de cien granos, tratamientos, de frijol Tiapo en dos densidades de siembra y niveles de boro

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha ácido bórico	Combinación	Peso de cien granos (g)	Agrupación
t1	31250 x 00	a1 b1	51,68	b
t2	31250 x 50	a1 b2	54,20	a b
t3	31250 x 100	a1 b3	53,68	a b
t4	21484 x 00	a2 b1	56,02	a b
t5	21484 x 50	a2 b2	57,38	a b
t6	21484 x 100	a2 b3	57,93	a

Nota. Las medias con letras distintas en las columnas son significativamente diferentes

f. Rendimiento en grano seco (kg/ha)

El ANOVA para rendimiento de grano de frijol Tiapo, **Tabla 56**, ha determinado que no hubo significancia para bloques, factor B y la interacción, y significativo para tratamientos y el factor A (densidad de siembra); mientras que, la tendencia, la densidad mayor fue superior y en los niveles de boro de 50 g/ha tuvo mayor rendimiento comparado al testigo y el nivel de 100 g B (ácido bórico)/ha, **Figura 60**; con la prueba múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, **Tabla 57**, encontró que la mayor densidad fue superior y en los tres niveles boro fueron iguales estadísticamente; en los tratamientos,

Tabla 58, t2 con 2541,75 kg/ha fue superior a t6 con 1723,35 kg/ha e igual al resto de tratamientos.

Tabla 56 ANOVA, rendimiento en grano de frijol Tiapo (kg/ha) en dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloques	2	525742	262871	4,00 ns	0,0530
Tratamientos	5	1229361	245872	3,74 *	0,0360
Factor A	1	626880	626880	9,55 *	0,0110
Factor B	2	363119	181560	2,76 ns	0,1110
A x B	2	239362	119681	1,82 ns	0,2110
Error	10	656684	65668		
Total	17	2411787			
Media	S	CV			
2142	376,7	17,58			

Nota. GL: grados de libertad *: diferencias significativas; ns: sin diferencias significativas; S: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Figura 60 Tendencia de los factores A y B de rendimiento de grano (kg/ha) de frijol Tiapo

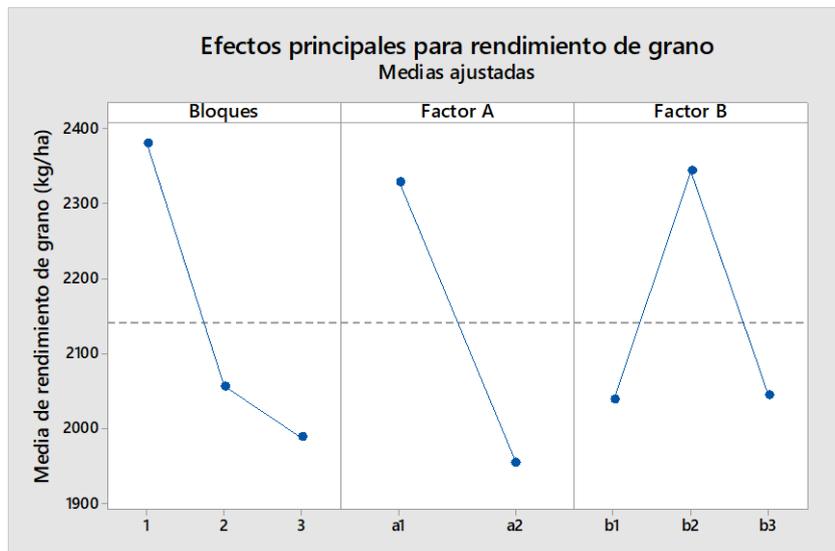


Tabla 57 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$, promedios de rendimiento en grano, factores A (densidad de siembra) y B (niveles de boro)

Factor A	Rendimiento (kg/ha)	Agrupación	Factor B	Rendimiento (kg/ha)	Agrupación
a1	2328,91	a	b1	2038,93	a
a2	1955,67	b	b2	2343,13	a
			b3	2044,82	a

Nota. Las medias con letras distintas en las columnas son significativamente diferentes

Tabla 58 Comparación múltiple de Tukey, $\alpha = 0,05$ para rendimiento de grano, tratamientos, de frijol Tiapo con dos densidades de siembra y niveles de boro (ácido bórico)

Tratamiento	Plantas/ha x g/ha ácido bórico	Combinación	Promedio rendimiento (kg/ha)	Agrupación
t1	31250 x 00	a1 b1	2078,69	a b
t2	31250 x 50	a1 b2	2541,75	a
t3	31250 x 100	a1 b3	2366,29	a b
t4	21484 x 00	a2 b1	1999,16	a b
t5	21484 x 50	a2 b2	2144,51	a b
t6	21484 x 100	a2 b3	1723,35	b

Nota. Las medias con letras distintas en las columnas son significativamente diferentes

4.3. Prueba de hipótesis

- En la precocidad, la madurez fisiológica, del frijol Tiapo, *P. vulgaris* L., fue favorecida por la mayor densidad de siembra y más no por los niveles de boro (ácido bórico); mientras que, días a la floración y a la cosecha no fueron

favorecidas, en el distrito de Oxapampa, con probabilidad de error (PE) del 5%.

- Las características agronómicas (longitud de planta, número de ramas, biomasa fresca y seca de follaje y longitud de raíces) de frijol Tiapo, *P. vulgaris* L., no fueron favorecidas por la densidad de siembra y niveles de boro; mientras que, en diámetro de tallo fue favorecida por la menor densidad de siembra, más no por los niveles de boro (ácido bórico); y la mejor combinación fue con la menor densidad y mayor nivel de boro, en el distrito de Oxapampa, con una PE del 5%.
- El área foliar de frijol Tiapo *P. vulgaris* L., no fue favorecida por la densidad de siembra y en los niveles de boro disminuyó con la aplicación 50 g B (ácido bórico)/ha; sin embargo, en el índice de área foliar fue favorecida con la mayor densidad, y con el mayor nivel de boro favoreció, y la mejor combinación fue con la mayor densidad y 100 g B (ácido bórico)/ha, en el distrito de Oxapampa, con una PE de 5%.
- La respiración basal del suelo con frijol Tiapo, *P. vulgaris* L., no fue favorecida por la mayor densidad y los niveles de boro, en el distrito de Oxapampa, PE del 5%.
- El rendimiento del frijol Tiapo *P. vulgaris* L., fue favorecido por la mayor densidad y más no por los niveles de boro y la mejor combinación fue la mayor densidad de siembra con 50 g de boro (ácido bórico)/ha; mientras que, en los componentes de rendimiento, la menor densidad favoreció el número de vainas/plantas, longitud de vainas y peso de cien granos; sin embargo, la mejor combinación fue la menor densidad de siembra con 100 g B (ácido

bórico)/ha solo para longitud de vaina y peso de cien granos, distrito de Oxapampa, con PE del 5%.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Precocidad

Los resultados de días a la floración de frijol Tiapo, en la que no hubo efecto significativo de las dos densidades de siembra 31250 plantas/ha y 21484 plantas/ha y de los niveles de boro 00, 50 y 100 g B (ácido bórico)/ha, esto no concuerda con aplicaciones de boro de 200, 300 y 400 mg/L a los 45 dds que disminuyó en 5 días en el periodo a la floración en *Cajanus cajan* (Kalyani et al., 1993); en el cultivar Radical arbustivo (*P. vulgaris* L.), 35214 plantas/ha (a 0,70 entre surco y 0,40 m entre plantas) la floración fue a los 35 dds, sin aplicación foliar (Criollo & López.,2015); en frijol Mantequilla (45,83 dds), Calima (55,33dds) y Canario la floración fue a los 84 dds; en Canario 2000, la floración fue a los 43,80 dds (Rumaldo, 2017); esto indica que los días a la floración depende del genotipo de frijol; además, del manejo en la que está de por medio la densidad de siembra y la fertilización; un incremento de 2 kg de boro sobre la dosis recomendada, acortó los días a la floración de 37,17 a 29,83 dds (Mohshina et al., 2021); pero, en Vicia faba Var. major L., una variación en el distanciamiento entre plantas (de 30 cm, 20 cm y 10 cm) produjo una disminución de precocidad a los 10 cm; mientras que, en niveles de boro como ácido bórico de 0, 2,5 y 5 mg/L, se redujo los días a la floración en un primer experimento, más no en un segundo (Abd-Elaziz et al., 2019), datos no concordantes con los obtenidos en esta investigación, y que podría deberse a las condiciones ambientales que repercute en la absorción de boro por la planta, por su inamovilidad de este micronutriente.

En la madurez fisiológica se encontró que la combinación de menor densidad y 50 g B (ácido bórico)/ha en 99,33 dds frente al testigo con la mayor densidad sin boro (103,67 dds), no concuerda con lo obtenido en frijol *P. vulgaris*, en la que se determinó que la aplicación de una mezcla de fertilizante mineral (19,7N - 37,4 P₂O₅ - 6,9S - 0,25B) de 150 kg/ha, fue de 79,5 dds frente al testigo 84 dds, con una densidad de 250000 plantas/ha, acertó los días por la mayor disponibilidad de boro en el suelo (Tadesse et al., 2022); esto explicaría en caso de una mayor densidad existe una competencia por el nutriente y en consecuencia se hace más tardío frente la menor densidad y la oferta de nutrientes es menor.

Los días a la cosecha, no hubo efecto significativo de las dos densidades de 31250 y 21484 plantas/ha (40 cm y 60 cm entre plantas), fue 120,89 y 123,33 dds; asimismo, en los niveles de boro 00, 50 y 100 g B (ácido bórico)/ha; por otro lado, Madera (2018) en frijol Var. Rojo del Valle, tipo II, con un distanciamiento de 0,5 m y 0,3 m entre surco y planta, respectivamente, sin aplicación de fertilizante fue inferior (111,2 dds) a los resultados obtenidos; sin embargo Aybar & Luis (2021), en genotipos de frijol Línea 4 fue de 143 dds resultó superior y 124,67 dds en Divex 8120 tipo II fue similar a los resultados obtenidos. Esto indicaría la pérdida de agua por las vainas dependería del genotipo y las condiciones del clima que se relaciona con la cantidad de etileno producido.

4.4.2. Características agronómicas

La longitud de planta que estuvo entre 103,88 cm (t4) sin boro y 83,25 cm (t5) con dosis de 50 g B ácido bórico/ha de y ambos con menor densidad, sin diferencias significativas, no concuerda con investigaciones realizadas en *P. vulgaris* L., donde han encontrado que una mayor densidad de plantas se traduce en una mayor longitud de planta de 77,83 cm, por la competencia de espacio,

radiación solar y además tiene que ver el genotipo (Ejigu & Tulu, 2021; Kouam & Tsague-Zanfack, 2020); esto se debería a que la densidad que se tuvo no fue suficiente para afectar este parámetro de la población de frijol Tiapo, por lo que implicaría incrementar la densidad hasta que sea posible a fin de obtener alto rendimiento; pero coincide con Uddin et al., (2020), en incremento de niveles de boro (00, 0,50, 1,0 1,5 kg/ha), aplicados al suelo no produjo efecto significativo en longitud de planta de frijol Francés; pero, Doddamani et al. (2020), encontraron a los 60 dds en la Var. HA-4, la longitud de planta fue de 52,8 cm con aplicación foliar de boro (0,2%) comparado al testigo (con la aplicación de NPK al suelo) de 40,91 cm y 37,40 cm en el control absoluto (sin aplicación de fertilizantes); esto no concuerda con esta investigación, y se debería que la longitud de planta a los 73 dds, no fue suficiente para expresar el efecto del boro en el genotipo estudiado.

La longitud de planta, sin diferencias en los dos factores (densidad y niveles de boro), en cambio en diámetro de tallo, fue mayor (8,41 mm) con menor densidad de siembra; asimismo, en los tratamientos, a la menor densidad se encontró valores entre 7,83 mm (t5) y 9,09 mm (t6), concuerda con los genotipos GLP 190S, NITU, ECAPAL M021 y NUA-99, en donde el diámetro tallo, estuvo entre 5,00 y 8,53, que fue afectado por la densidad de siembra, más no la longitud de planta (Kouam & Tsague-Zanfack, 2020); se debería a que una planta a mayor distancia, permite un mayor desarrollo de la planta y por ende una mayor absorción de nutrientes; además, de las múltiples funciones del boro, como el flujo de iones, entre ellos el Ca^{+2} , favorece en la formación y elongación de la pared celular, y básicamente en el traslado de metabolitos primarios para el metabolismo celular (Shireen et al., 2018). Que haría que se impregnen sustancias

que hacen aumentar el diámetro de tallo respecto al testigo absoluto; las paredes celulares de las células, se tornan más gruesas como respuesta al asperjado foliar de boro (Wang et al., 2024); y éste está involucrado en el aumento del número de células y la diferenciación de éstas (Vardhan et al., 2023).

Número de ramas/planta de frijol Tiapo, en la que no se diferencian las dos densidades (9,48 y 9,65 ramas/planta) y en los niveles de boro, al igual que en los tratamientos t4 (10,08) y t1 (8,96), no concuerda con *Vicia faba*, en donde el incremento del número de aspersiones de calcio-boro, como aplicación foliar de 3 g/L de agua, redujo el número de ramas/planta en 2,58 y 3,36, respecto al testigo con 3,09 y 4,06 en dos temporadas de evaluación, respectivamente (Gomaa et al., 2023). Esto no es comparable por tratarse de otra especie, considerando que la respuesta a un estímulo en las plantas obedece al medio y combinación génica específica para cada población, pero si concuerda con Hamouda et al. (2018), en *P. vulgaris* L., con aplicación de boro de 250 mg/L y 500 mg/L en prefloración, estuvieron entre 4,4 a 5,2 ramas/planta respectivamente, y de 4,8 a 5,8 ramas/planta previo y después de la floración todas ellas sin diferencias significativas; por otro lado, en frijol francés (*P. vulgaris* L.), con dosis de boro de 0, 0,5 y 1,5 kg/ha, en dos años consecutivos produjo 5,33, 5,54 y 8,88 ramas/planta en el primer año y en el segundo año fue 5,56, 5,77 y 6,10 ramas/planta, respectivamente (Yadav et al., 2023), el mayor número de ramas/planta encontradas, podría deberse a que el frijol Tiapo es una población adaptada a la zona de la selva alta y que esta variable obedezca al cultivar o el criterio considerado para definir ramas por planta.

La longitud de planta de frijol Tiapo, con dosis de 50 y 100 g B (ácido bórico)/ha fue 88,49 y 92,04 cm y con 9,68 y 9,43 ramas/planta, en donde no

hubo diferencias significativas; sin embargo, en frijol Mungo, con la aplicación de 100 mg/L de boro (ácido bórico, disuelto en agua destilada), cuando las plantas estuvieron de tres a cuatro hojas y a la floración, se encontró que la longitud de planta fue de 118,33 cm contra 110,33 cm en el testigo y de 11,27 ramas/planta frente a 9,47 en el testigo (Ayyed & Mahmood, 2023); esto demuestra que el efecto de los niveles de boro en el estadio evaluado no fue posible el efecto.

En las dos densidades de siembra del frijol Tiapo, la biomasa fresca fue 759,78 y 840,19 g/planta y biomasa seca 128 y 141,51 g/planta, respectivamente; asimismo, en los tres niveles de boro y en los tratamientos no hubo diferencias significativas, a pesar de una cierta tendencia al incremento; sin embargo, Hamouda et al., (2018), encontraron cierto incremento en función de los niveles de boro de 00, 250 y 500 mg/L aplicados a la floración, de 88,19 a 123, 62 g/planta en biomasa fresca, y de 22,44 a 31,46 g/planta en biomasa seca, sin diferencias estadísticas; por otro lado, en frijol francés, se ha determinado la mayor materia seca (29,31 g/planta) con la combinación de 45Zn – 0,5%B estadísticamente igual a 30Zn – 0,5%B con 29,06 g/planta, ambos a 15 dds (Reddy et al., 2023), igualmente, Pérez et al., (2013), en *P. vulgaris*, variedades frijol Bola roja comercial y Cargamanto rojo y una línea élite de Bola roja, encontraron en materia seca de follaje, un promedio de 21 g/planta; pero, en estas variables fue mucho mayor en frijol Tiapo, que podría deberse las condiciones del medio y la población.

La biomasa fresca y seca por planta en los niveles de boro, se encontró cierta tendencia de incremento sin diferencias significativas; al respecto, en frijol común bajo condiciones de invernadero, con 0,0, 5,0 y 10,0 mg B/kg de un fertilizante $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (20,8% B) en 15 cultivares de frijol, se encontró que

en el segundo nivel (5,0), fue mayor en la mayoría de cultivares, como en Arslam con 10,71, 14,22 y 11,64 g/planta, similar a Zirve con 12,06, 14,20 y 12,49 g/planta para los niveles mencionados, respectivamente (Gökmen et al., 2023); por lo expuesto, se tiene que considerar, que este micronutriente tiene un rango muy corto de suficiencia, pasa de inmediato de la deficiencia a la toxicidad, donde es altamente nocivo para el cultivo; el mayor peso fresco encontrado en este trabajo, se debería a que bajo condiciones de campo, la planta acumula mayor biomasa respecto al invernadero.

En frijol Var. HA-4, con la aplicación foliar de boro (0,2%) aplicados a los 45 dds se determinó que el peso fresco fue 58,08 g/planta y 15,68 g/planta en peso seco (Doddamani et al., 2020), no concordante con los resultados encontrados para la población de frijol Tiapo, biomasa fresca y seca con 835,63 g/planta y 147,13 g/planta, con aplicación de 100 g B (ácido bórico)/ha; por otro lado, en Zapopan, Jalisco, México, en la etapa de prefloración, las variedades de frijol Bayomex, Canario Chiapas, Peruano 16 y Peruano Mostaza, con hábito de crecimiento determinado, la materia seca estuvo entre 14,27 a 8,28 g/planta en Peruano Mostaza y Canario Chiapas, respectivamente (Lépiz-Ildefonso et al., 2018), valores no comparables con los resultados de esta investigación por tratarse de otros genotipos de frijoles.

En longitud de raíces, no hubo efectos significativos de las dos densidades de siembra, igual en los niveles de boro, donde la longitud estuvo entre 38,33 cm a 37,10 cm, en nivel 50 y 100 g B (ácido bórico)/ha, respectivamente; en frijol Var. Dicol Calima en un suelo con bajo contenido de boro (0,04 mg/kg), no se encontró diferencias significativas en la longitud de las raíces, entre el tratamiento absoluto, sin boro, y los que tuvieron boro como ácido bórico y borato, aplicados

al suelo (Yamil et al., 1997), esto concuerda con los de esta investigación, donde la densidad utilizada no fue suficiente para producir competencia entre los individuos de la unidad experimental y permitir un mayor desarrollo de raíces.

4.4.3. Variables fisiológicas

En el área foliar de frijol Tiapo, no hubo efecto de las densidades, mientras que en los niveles de boro fue mayor 124,59 dm²/planta en nivel de 100 g B (ácido bórico)/ha; pero, en los tratamientos fueron todos estadísticamente iguales; en frijol Caupí Caupicor 50, un incremento del distanciamiento entre plantas, de 20, 30 y 40 cm, produjo 70,72, 85,06 y 109,78 dm² con diferencias significativas entre ellas (Cardona-Ayala et al., 2021); sin embargo, en Puebla, México, en los cultivares de frijol, Strike (23,02 dm²) y en Saporo (25,85 dm²) sin diferencias y superiores a Valentino (9,38 dm²) (Bravo-Delgado et al., 2021), estos valores fueron inferiores a los encontrados en este trabajo, debido que la mayor área foliar se traduce por efecto de ambiente en los genotipo estudiados. Además, se debe tener en cuenta que el boro participa en la formación de la pared celular, que habría incrementado la biomasa de los foliolos.

Estos resultados de área foliar de frijol Tiapo, no concuerdan con en frijol común Var. SER-119, que se registró un área foliar de 27,51, 24,56 y 23,50 dm² a un espaciamento entre plantas de 15, 10 y 5 cm, respectivamente, con dosis de 150 kg NPK (28,5:57:10,5) y que un incremento de esta variable mejora la capacidad fotosintética (Ejigu & Tulu, 2021).

En las dos densidades (31250 y 21484 plantas/ha), el área foliar con 107,34 dm²/planta y 113,22 dm²/planta y 3,35 m²/m² superior a 2,36 m²/m² en índice de área foliar, y en los tratamientos la combinación (t3) con 3,65 m²/m², en índice de área foliar fue superior; estos resultados concuerdan, con las

densidades de 133333, 44444 y 66666 plantas/ha en frijol común, donde se encontró el índice de área foliar de 1,91, 2,28 y 2,71, respectivamente, con diferencias significativas entre las tres densidades (Mashiq et al., 2021); el índice de área foliar permite ver la eficiencia de la captura de la radiación solar durante la fotosíntesis junto con la disposición de las hojas, donde el boro juega un rol para la resistencia de la pared celular.

4.4.4. Respiración del suelo

La respiración del suelo en la que no hubo diferencias significativas para las dos densidades de siembra, con valores de 42,68 y 40,93 mg/kg/día; asimismo, en los tres niveles de boro (ácido bórico) que estuvieron entre 45,50 a 37,75 mg/kg/día, al igual que en los tratamientos fue de 46,18 (t6) y 34,22 (t5), estos resultados no concuerdan con Mátyás et al., (2020), donde determinaron la respiración de un suelo, medido mediante incubación estática en hidróxido de sodio, en suelo control a los diez días fue 143 mgCO₂/100g, no se encontró diferencias con el suelo tratado con biofertilizante a base de *Bacillus megaterium* + *Bacillus circulans* + *Pseudomonas putida*, que fue de 141,1 mgCO₂/100 g de suelo; de igual manera, en suelos erosionados y tratados con biosólidos (0, 25 y 40 t/ha), a los 30 días del tratamiento (ddt), han mostrado diferencias significativas entre los tratamientos, con 5562,2, 8830,3 y 11579,9 µg CO₂/g suelo, respectivamente (De la Portilla et al., 2021); esto explicaría por tratarse de un suelo diferente en la presente investigación además fue cultivo de frijol con aplicación foliar de boro como ácido bórico en un suelo de textura franco.

La respiración del suelo está en función del carbono lábil y nutrientes disponibles para los microbios, los resultados encontrados en la presente investigación, no concuerda con dos suelos cultivados con *P. vulgaris*, uno

marrón y otro rojo que fueron de 800 y 480 mgCO₂/kg de suelo, respectivamente; asimismo, está directamente afectada por el contenido de agua y los nutrientes disponibles para los microorganismos (Maričić et al., 2022); además, en esta investigación las muestras fueron analizadas a los seis meses, luego de ser guardadas en condiciones de laboratorio a 21 °C; esto explicaría la baja respiración del suelo debido a que los microorganismos habrían utilizado el carbono disponible.

4.4.5. Componentes del rendimiento

En frijol Tiapo, con la aplicación de 00, 50 y 100 g B (ácido bórico)/ha, con 53,90, 52,97 y 55,72 vainas llenas/planta, la longitud de vainas fue de 13,28, 13,26 y 13,52 cm y granos/vainas con 5,47, 5,52 y 5,55, respectivamente, sin diferencias estadísticas, no concuerdan con Singh & Umesha, (2023), en frijol Castilla a los 75 dds, tratado con 0,75, 1, y 1,25 kg/ha de boro + 30 mg/L de ácido giberélico cada uno, ha producido vainas llenas/planta de 15,45, 13,29 y 14,45; en longitud de vaina de 27,02, 24,65 y 26,06 cm, semillas por vaina fue de 13,57, 11,93 y 12,81, respectivamente, donde la menor dosis de boro fue superior; por otro lado, el boro es requerido en muy pequeñas cantidades, pero es crítico en la producción y crecimiento, por estar involucrado en división y diferenciación celular (Vardhan et al., 2023); asimismo, el bajo contenido de boro en las células, las semillas tienden a quedar vanas y desaparecer (Sathishkumar et al., 2020); la diferencia con los resultados con frijol Castilla se debería a que *P. vulgaris* L., es otra especie como también el ambiente y los niveles de ácido bórico utilizado.

La no diferencia en el número de vainas por planta, con la aplicación de 00, 50 y 100 g B (ácido bórico)/ha, con 53,90, 52,97 y 55,72, vainas llenas/planta, no fueron concordantes con frijol Mungo *Vigna unguiculata* L., con dosis 0, 0,5,

1,0, 2,0 y 2,50 kg boro (bórax)/ha al suelo, las vainas/planta estuvieron entre 10,10, 13,25, 16,10, 18,25 y 8,10, respectivamente (Pathak et al., 2020); sin embargo, en *P. vulgaris* L., con aplicación foliar de boro 10 de 0.5 L/ha, con 166666 plantas/ha, no fue significativo en vainas/planta (Oliveira et al., 2020), similar a los resultados del presente trabajo de investigación, por tratarse de la misma especie; en caso de este micronutriente en altas concentraciones sus aportes son negativos; sin embargo, la función de este micronutriente es la formación del tubo polínico para el desarrollo del fruto y la actividad de las auxinas y las citoquininas.

En peso de cien granos, donde fue mayor (57,11 g) con la menor densidad, y en los tratamientos, la combinación con mayor densidad y sin ácido bórico (t1) resultó de menor peso (51,68 g) frente a densidad menor con 100 g de B (ácido bórico)/ha (57,93 g); en *V. unguiculata* L., con la aplicación de boro 10 de 0,5 L/ha, (1,35 g ácido bórico/mL, a una dilución de 1,28 mL/4L de agua), fue superior al testigo sin boro (Oliveira et al., 2020), no coincide con los resultados obtenidos en esta investigación, porque son diferentes especies y diferentes niveles de boro, donde a menor densidad la planta tiene un mayor área de extracción de los nutrientes y su interacción con alta disponibilidad de boro vía foliar.

El rendimiento en grano encontrado con la aplicación de los niveles de boro 00, 50 y 100 g B (ácido bórico)/ha fue 2038,93, 2343,13 y 2044,82 kg/ha, respectivamente, valores que se encontraron dentro del rango del rendimiento de 33 genotipos de *P. vulgaris* L., se ha encontrado en el rango de 4462 kg/ha en SEC 20 a 1147 kg/ha en frijol Awash Melka, esta variación depende de los genotipos (Yohannes et al., 2020). Por otro lado, en *P. vulgaris* L., cultivar BRS

Estilo se encontró un incremento en el rendimiento en grano hasta 4444 kg/ha con 20:120: 60 kg/ha NPK + 1,35 kg de B (ácido bórico)/ha, en fertilización edáfica (Alves et al., 2018), asimismo, en un suelo Rhodic Hapludox, con 20:110:70 kg/ha de NPK+ Boro foliar, 4 kg de B (ácido bórico)/ha, se determinó como la mejor dosis, (3811 kg de grano/ha) (Alves et al., 2017); pero, con 300 kg/ha de NPK (4:18:08) +/- adición de boro, no encontraron diferencias en rendimiento, vainas/planta y granos por vaina (Alves et al., 2021); este último coincide con los resultados en el presente trabajo, a pesar que, este micronutriente tiene efectos significativos a muy pequeños cambios en la dosis de aplicación.

Los resultados de las dos densidades (31250 y 21484 plantas/ha) de frijol Tiapo, donde el rendimiento fue superior en la mayor densidad (2328,91 kg/ha), se enfatiza que a mayor densidad expresa mayor rendimiento; resultados que coinciden con *P. vulgaris* L., frijol arbustivo Percal, que en dos densidades de siembra (55555 y 20833 plantas/ha), en dos épocas obtuvieron un rendimiento en grano de 2540 y 1830 kg/ha en la primera y 2600 y 1180 Kg/ha en la segunda, respectivamente (Vásquez et al., 2024); se debe considerar que el ambiente es un factor fundamental en la expresión del genotipo.

En los tratamientos, donde la combinación (31250 plantas/ha x 50 g B (ácido bórico)/ha), t2, fue de mayor rendimiento (2541,75 kg/ha) en frijol Tiapo, en relación sobre fuentes de boro, en frijol común, se encontró que las dosis de 2,21 kg de ácido bórico/ha aplicado al suelo tienen efecto superior (2224 kg de grano/ha) a la aplicación de 4 kg de ácido bórico/ha (1984,49 kg de grano/ha), donde se redujo el rendimiento (Magalhães et al., 2021); también, en frijol Francés, *P. vulgaris* L., con una densidad de siembra 266666 plantas/ha y con aplicación de bórax al suelo de 0, 0,5, 1,0 y 1,5 kg/ha, resultó con mayor

rendimiento (1390 kg/ha) a la dosis de 1,5 kg/ha y el menor (1310 kg/ha) en el testigo sin bórax (Jamil, et al., 2020a); igualmente, en *P. vulgaris*, a 0,0 0,5, 1,0, 1,5 kg de bórax/ha, aplicados al suelo responden de diferente manera en las variedades BARI Jharseem 1, BARI Jharseem 2, BARI Jharseem 3, con 4610, 4660 y 4870 kg/ha, respectivamente, con diferencias significativas, con dosis 1,5 kg de bórax/ha (Jamil, et al., 2020b); el menor rendimiento obtenido en la presente investigación se podría explicar porque el frijol Tiapo es una población local no mejorada.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos del trabajo de investigación, Características agronómicas y rendimiento de frijol Tiapo *P. vulgaris* L. en dos densidades y aplicación de niveles de boro (ácido bórico), en distrito de Oxapampa, Pasco, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

La precocidad del frijol Tiapo, los días a la floración y días a la cosecha, no fueron influenciadas por las dos densidades de siembra y los tres niveles de boro (ácido bórico); pero, los días a la madurez fisiológica, 21484 plantas/ha fue superior respecto a 31250 plantas/ha, tampoco fue afectada por los tres niveles de boro (ácido bórico).

En las características agronómicas, longitud de planta, número de ramas/planta, biomasa fresca y seca por planta, longitud de raíces, no fueron afectadas por las densidades de siembra, 31250 y 21484 plantas/ha, y para los niveles de boro de 0, 50 y 100 g B (ácido bórico)/ha, excepto en diámetro de tallo a la cosecha, fue mayor para la menor densidad de siembra, más no para los niveles de boro; y, en la combinación (tratamiento) fue superior la menor densidad con el nivel de boro 100 g B (ácido bórico)/ha, a los demás tratamientos.

En las variables fisiológicas, el área foliar no fue afectada por las dos densidades de siembra de 3125 y 21484 plantas/ha y en el índice de área foliar fue superior la mayor densidad; mientras que, en los niveles de boro, 100 g B (ácido bórico)/ha, fue superior frente a 50 g B (ácido bórico)/ha e igual al testigo.

En la respiración basal del suelo a la floración en frijol Tiapo, tampoco fue afectada por las densidades de siembra de 3125 y 21484 plantas/ha, al igual que los niveles de boro, de 0, 50 y 100 g B (ácido bórico)/ha.

En los componentes del rendimiento: vainas llenas por planta, longitud de vaina y peso de cien granos de frijol Tiapo, fue superior en la densidad de siembra de 21484 plantas/ha; mientras que, los niveles de boro no afectaron estos componentes, en las combinaciones (tratamiento) fue superior 21484 plantas/ha con el nivel de 100 g B (ácido bórico)/ha, en longitud de vaina y peso de cien granos, frente a las demás combinaciones.

El rendimiento de grano de frijol Tiapo, la densidad de siembra de 31250 plantas/ha, fue superior comparado a 21484 plantas/ha, y en los niveles de boro no afectaron esta variable; mientras que, en las combinaciones (tratamiento) fue superior la mayor densidad de siembra con 50 g B (ácido bórico)/ha.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados de esta investigación, dos densidades de siembra y tres niveles de boro en frijol Tiapo, se llegó a las siguientes recomendaciones:

- La densidad de siembra para el cultivo de frijol Tiapo, debe ser de 31250/plantas/ha.
- Se debe aplicar boro para mayor rendimiento en grano a dosis de 50 g B (ácido bórico)/ha disuelto en agua destilada.
- Realizar investigación con mayores densidades de siembra para incrementar el rendimiento.
- Realizar investigación con niveles de boro alrededor de 50 g B (ácido bórico)/ha de ácido bórico, para aplicaciones foliares con la finalidad de incrementar el rendimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abd-Elaziz, A., Khalf-Allah, A., Feleafel, M. N., Suleiman, T., & Zahran, H. (2019). Effects of Spacing, Humic Acid and Boron on Growth, Seed Production and Quality of Broad Bean (*Vicia faba* var. major L). *Alex. J. Agric. Sci*, 64(3), 207–217. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.21608/alexja.2019.70134>
- Acencio, Á. (2018). *Evaluación de dos variedades de frejol (Phseolus vulgaris L.) a cuatro dosis de aplicación foliar complementarias con fosfitos potásico* [Tesis de pre grado, Universidad de Guayaquil]. Archivo digital. <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/156752cb-d6e7-4dbe-bce6-030a6789ca70/content>
- Aguilar-López, A., & Gonzáles-Andrade, S. (2024). Análisis de simetría en la transmisión de precios de mercado del frijol negro en México: casos Zacatecas y Ciudad de México. *Acta Universitaria*, 34(1), 1–15. <https://doi.org/10.15174/au.2024.4064>
- Alarcón, A. (2001). El boro como nutriente esencial. *Revista Tecnología de producción*, 1(1), 1-11. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Borocomonutrienteesencial.pdf>
- Alcarraz, M., & Alcarraz, N. (2019). *Rendimiento en dos variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con tres tipos de abonamiento de abono en la provincia de Andahuaylas - Apurímac* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Archivo digital. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4630>

- Alves, R., Alves, R., Pinheiro, P., Damin, V., Martins, E., De Oliveira, K., & Cardoso, M. (2018). Grain yield of *Phaseolus vulgaris* in a function of application of boron in soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 18(1), 144–156.
- Alves, R., Gomes, R., Pinheiro, P., Damin, V., de Oliveira, K., Martins, E., Alves, R., & Carvalho, D. (2017). Economic viability of *Phaseolus vulgaris* (BRS Estilo) production in irrigated system in a function of application of leaf- boron. *Soil and Plant Science*, 67(8), 697–704. <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1329454>
- Alves, W., Freitas, C., Loureiro, F., Batista, M., Furtado, N., & Da silva, W. (2021). Productividad do feijão-comun fertirrigado com zinco e boro em latossolo vermelho de cerrado. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 14(5), 4240–4247. <https://www.researchgate.net/publication/352020341>
- Amaya, A., & Gómez, V. (2010). Evaluación de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*), en zonas bajas en los departamentos de La Unión, San Miguel y Usulután. *Revista Univo*, 1(1), 20-24. file:///D:/TESIS%2008-12-%2023/tesis%20informe%2011,%2012,%2023/4%20bases%20teoricas/AMAY A2010.pdf
- Apáez, P., Escalante, J., Sosa, E., Rodríguez, M., & Apáez, M. (2014). Fenología, producción y calidad nutricional del grano de frijol chino en función de la biofertilización y fertilización foliar. *Revista Interciencia*, 39(12), 1–7. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33932786005.pdf>
- Apáez, P., Salvador, J., Sosa, E., Apáez, M., Rodríguez, M., & Raya, Y. (2016). Producción y calidad nutricional de vaina del frijol chino, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, en función de arreglo topológico y tipo de fertilización. *Rev. FCA Uncuyo*, 48(2), 31–42. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCFA/article/view/3156>

- Arellano-Arciniega, S., Osuna-Ceja, E., Martínez-Gamiño, M., & Reyes-Muro, L. (2015). Rendimiento de frijol fertilizado con estiércol bovino en condiciones de secano. *Rev. Fitotec. Mex*, 38(3), 313–318. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n3/v38n3a10.pdf>
- Argueta, M., Laínez, R., & Moreira, E. (2013). *Evaluación comparativa de diferentes marcas de fertilizante foliar (NR-frijol, bayfolan forte y metalosato multimineral) sobre el rendimiento productivo del frijol de ejote criollo cuarentano (Phaseolus vulgaris)*. [Tesis de pre grado. Universidad de el Salvador]. Archivo digital. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6567/1/50108018.pdf>
- Arias, F. (2012). *Introducción a la metodología científica: el proyecto de investigación* (6^{ta} ed.). Sello Editorial Rengifo. https://tauniversity.org/sites/default/files/libro_el_proyecto_de_investigacion_d_e_fidias_g_arias.pdf
- Arias, J., Rengifo, T., & Jaramillo, M. (2007). Buenas prácticas agrícolas (BPA): *en la producción de frijol voluble* (1^{ra}. ed.) Sello Editorial Corpoica. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12691/43121_50542.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arias-Gonzales, J. (2021). Diseño y metodología de la investigación. *ResearchGate*, 1(48), 1–125. <https://www.researchgate.net/publication/352157132>
- Aybar, L., & Luis, D. (2021). Evaluación agronómica de seis genotipos de frijol canario en condiciones del valle de Chincha, Ica, Perú. *Peruvian Agricultural Research*, 3(1), 18–22. <https://doi.org/10.51431/par.v3i1.661>
- Ayvar-Serna, S., Apaez, M., Díaz-Najera, J., & Mena, A. (2020). Rendimiento de frijol Ejotero con manejo químico, biológico y orgánico. *Revista Mexicana Ciencias*

Agriícolas, *I*(1), 200–208.

file:///C:/Users/HP/Downloads/Rendimientodefrijolejotero.pdf

Ayyed, N., & Mahmood, R. (2023). Effect of spraying boron and vitamin B6 nanominerals on mung bean growth (*Vigna radiate* L.). *Bionatura*, 8(2), 1–13.
<https://doi.org/10.21931/RB/CSS/2023.08.02.96>

Azcón, J., & Talón, M. (2013). *Fundamentos de la fisiología vegetal* (2.^a ed.). Sello Editorial McGraw-Hill -Interamericana de España, S. L. file:///D:/TESIS%2008-12-%2023/tesis%20informe%2011,%2012,%2023/4%20bases%20teoricas/Azcon%202013%20boro.pdf

Ballesteros, A., & Martínez, C. (2015). Comportamiento de cuatro poblaciones de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) asociado con *Zea mays* L. en el distrito de Oxapampa. [Tesis de pre grado. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional

Bravo-Delgado, H., Ortega Martínez, M., Loeza-Corte, J., & Díaz-López, E. (2021). Comportamiento ecofisiológico de tres cultivares de ejote *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) bajo un clima de transición templado a seco. *Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 24, 1-7.
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.331>

Brdar-Jokanović, M. (2020). Boron toxicity and deficiency in agricultural plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4), 1–20.
<https://doi.org/10.3390/ijms21041424>

Bustos, A. (2022). *Diagnóstico de la disponibilidad de zinc y boro para el cultivo de soja mediante el análisis de suelo y planta* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional

de Mar de Plata]. Archivo digital.

<https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/13154>

Cabrales, L. (2019). Contaminación de las aguas subterráneas por actividades agrícolas y su regulación en Colombia. *Revista Hechos y Opciones*, 2(1), 1–65.

https://www.freepik.com/free-vector/green-planet-with-green-background_44051290.htm

Cáceres, D., Gómez, R., Pereira, J., & Roa, M. (2020). Evaluación del desarrollo del cultivo de frijol radical (*Phaseolus Vulgaris*) a partir de la evaporación de diferentes láminas de agua en el municipio del Valle de San José. *Revista Matices Tecnológicos*, 12(1), 14–19.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8994089>

Calero, A., Castillo, Y., Quintero, E., & Pérez, Y. (2017). Utilización de diferentes bioproductos en la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Agrotecnia de Cuba*, 41(1), 88–100.

<https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.67773>

Calero, A., Castillo, Y., Quintero, E., Pérez, Y., & Olivera, D. (2018). Efecto de cuatro densidades de siembra en el rendimiento agrícola del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de La Facultad de Ciencias*, 7(1), 88–100.

<https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.67773>

Campos, L., & Nicola, M. (2022). *Efecto de tres fertilizantes orgánicos en el comportamiento agronómico del cultivo del fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en el recinto calope de garrido cantón Pangua provincia de Cotopaxi* [Tesis de pre grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Archivo digital.

<https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8967/1/UTC-PIM-000514.pdf>

- Cardona-Ayala, C., Pastrana-Atencia, F., Araméndiz-Tatis, H., Espitia-Camacho, M., & Cardona-Villadiego, C. (2021). Efectos de espaciamientos sobre el crecimiento y rendimiento de frijol caupí cultivar Caupicor 50. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(2), 1–8. <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n2.2021.2139>
- Castro, C., Indacochea, B., Alcivar, J., Vera, M., & Vera, R. (2022). *Diseños experimentales teoría y práctica para experimentos agropecuarios* (1^{er} ed.). Sello Editorial Mawil Publicaciones ingresos y Digitales. <https://mawil.us/wp-content/uploads/2022/09/disenos-experimentales-teoria-y-practicas-para-experimentos-agropecuarios.pdf>
- Celmeli, T., Sari, H., Canci, H., Sari, D., Adak, A., Eker, T., & Toker, C. (2018). The nutritional content of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Landraces in comparison to Modern Varieties. *Agronomía*, 8(166), 1–9. <https://doi.org/10.3390/agronomy8090166>
- Comex Perú [Comercio exterior del Perú]. (2023, 21 de Julio). Exportaciones de menestras crecieron un 5.5% entre enero y mayo de 2023. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportaciones-de-menestras-crecieron-un-55-entre-enero-y-mayo-de-2023>
- Chavarría, N. (2018). *Las comunidades microbianas del suelo ante la diversificación de un agroecosistema de la pampa húmeda* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional de Córdoba]. Archivo digital. [s://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/6320/Chavarría%20D.%20N.%20Las%20comunidades%20microbianas%20del%20suelo%20ante%20la%20diversificación...pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/6320/Chavarría%20D.%20N.%20Las%20comunidades%20microbianas%20del%20suelo%20ante%20la%20diversificación...pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Chicaiza, L. (2015). *Caracterización morfo – agronómica de 15 cultivares de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.) en la granja Laguacoto II Cantón Guaranda, provincia Bolívar* [Tesis de pre grado, Universidad Estatal de Bolívar]. Archivo digital. <https://www.semanticscholar.org/author/Luis-Klever/121640667>
- Criollo, R., & López, J. (2015). *Comportamiento de cuatro cultivares de frijol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.), en la granja la esperanza, municipio de Fusagasugá, provincia del Sumapaz* [Tesis de pre grado. Universidad de Cundinamarca]. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/1237>
- Cruz, D., Arias, L., Espinoza, F., Ramírez, J., Maguiña, J., & Espinoza, E. (2019). Fertilización Foliar de Fósforo con sus diferentes dosis; para el rendimiento del cultivo de frijol castilla (*Vigna unguiculata* L.) en la provincia de Barranca. *Aporte santiaguino*, 11(2), 335–346. <https://doi.org/10.32911/as.2018.v11.n2.586>
- Curay, J. (2019). *Evaluación agronómica de tres variedades de frejol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.) bajo las condiciones climáticas de la comunidad de Rumichaca del cantón Pelileo* [Tesis de pre grado, Universidad Técnica de Ambato]. Archivo digital. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30037/1/Tesis-237%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20640.pdf>
- De la Portilla, N., Vaca, R., Del Águila, P., Salinas, L., Yáñez, G., & Lugo, J. (2021). Carbono de la biomasa microbiana, respiración basal y cinética del carbono de dos suelos erosionados enmendados con biosólidos. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 37(1), 443–453. <https://doi.org/10.20937/RICA.53863>

- Doddamani, M., Tambat, B., Muniswamy, K., Chauthra, G., Channakeshava, S., Basavaraja, B., & Nanja, Y. (2020). Effect of foliar application of zinc and boron on vegetative growth, fruiting efficiency and yield in field bean. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5), 1547–1551.
<https://www.phytojournal.com/archives/2020/vol9issue5/PartV/9-5-231-240.pdf>
- Dos Santos, W., Peres, R., Souza, D., Souza, T., Barros da Silva, M., Vaz, A., Teixeira, I., & Gitari, H. (2022). Effects of Rhizobium inoculum compared with mineral nitrogen fertilizer on nodulation and seed yield of common bean. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(52), 1–19.
<https://doi.org/10.1007/s13593-022-00784-6/Published>
- Ejigu, G., & Tulu, S. (2021). Effect of NPS Fertilizer Rate and Intra Row Spacing on Growth and Yield of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at Metu, South western Ethiopia. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 10(2), 2319–1473.
- Escalante-Estrada, J., Rodríguez-González, M., & Escalante-Estrada, Y. (2021). Rendimiento de frijol y la aplicación de nitrógeno, *Revista de La Realidad Global*, 10(1), 106–112.
<https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/611c14e889f6807a0758ab76/1629230312715/M366EscalanteEstrada+--+EXPV10N12021+--105-112.pdf>
- Escobar, S. (2015). *Respuestas del cultivo de frijol caraota (Phaseolus vulgaris L.) a la aplicación foliar complementaria de tres bioestimulantes Tumbaco, Pichincha*. [Tesis pre grado. Universidad Central del Ecuador].
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4547>

- Escoto, N. (2011). *El cultivo del frijol*. (2^{da}. Ed.). Sello Editorial Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. <file:///D:/TESIS%2008-12-%2023/tesis%20informe%2011,%2012,%2023/4%20bases%20teoricas/Escoto%202011%20fertilizacion.pdf>
- Fernández, V., Sotiropoulos, T. & Brown, P., (2015). *Fertilización foliar principios científicos y práctica de campo*. (1^a ed.). International fertilizer industry asociación. https://www.guiaverde.com/files/company/03032016122136_libro_2015_foliar_fertilizers_spanish_def.pdf
- Ferrer –Vilca, T. H., & Valverde- Rodríguez, A. (2020). Rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Canario con tres fuentes de abonos orgánicos en el distrito de Choló, Huánuco-Perú. *Revista Investigación Agraria.*, 2(3), 33–44. <https://doi.org/10.47840/ReInA20217>
- Gallo, C. (2018). *Evaluación de la producción de granos en frijol Loctao (Vigna Radiata L.) bajo efecto de diferentes momentos de aplicación foliar y dosis de ácido húmico. valle del medio Piura. 2018*. [Tesis de pre grado, Universidad Nacional de Piura]. Archivo digital. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1286/AGR-GAL-RUI-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garcés-Fiallos, F. R., & Vera-Alcívar, M. (2014). Enfermedades y componentes de rendimiento en líneas de frejol bajo tres densidades de siembra. *Agronomía mesoamericana*, 25(1), 169–180. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v25n1/a17v25n1.pdf>
- García, F., & González, M. (2015). *Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro* (1^{era} ed.). Sello Editorial Acassuso. <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1220>

- García, R. (2017). *Evaluación de cuatro métodos d aplicación de fertilizantes en el cultivo de frijol Phaseolus vulgaris L., en los Municipios de san Juan Ermita e Iipala del Departamento de Chiquimula*. [Tesis de pre grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10404/1/19%20A%20TG-2964-2384-GarciaSosa.pdf>
- Gökmen, F., Korkmaz, A., & Gezgin, S. (2023). Evaluating of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars for Boron Efficient and Tolerant. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 9(1), 218–227. <https://doi.org/10.28979/jarnas.1180443>
- Gomaa, M., El-Sorady, G., Farag, A., El-Shabory, M., & Kandil, E. (2023). Biofortification of Productivity and Quality of Faba Bean Using Sowing Dates and Calcium Boron Foliar Application. *Journal of the Advances in Agricultural Researches*, 28(3), 672–682. <https://doi.org/10.21608/jalexu.2023.226524.1150>
- Góngora-Martínez, O., Rodríguez-Fernández, P., & Castillo-Ferrer, J. (2020). Comportamiento agronómico de variedades de frijol (*Phaseolus vulgares*, L.) en las condiciones edafoclimáticas del municipio Songo-La Maya, Santiago de Cuba, Cuba. *Ciencia en su PC*, 1(1), 31–45. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181363107003>
- Goyes, P. (2013). *Evaluación de la aclimatación de 10 cultivares de frejol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.), a campo abierto en Pisin, Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo* [Tesis de pre grado. Escuela Superior Politécnico de Chimborazo]. Archivo digital. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3301/1/13T0781%20.pdf>

- Guffante, T., Fernando, N., Naranjo, G., & Patricio Chávez, H. (2016). *Investigación Científica: El Proyecto de Investigación*. Sello Editorial ISBN. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24891w/Investigacion_cientifica_el%20proyecto_de_investigacion.pdf
- Gutiérrez, O., (1999). *Evaluación del efecto de la densidad y fertilización en el rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedad canario molinero en el distrito de Oxapampa*. [Tesis de pre grado. Universidad Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional
- Gutiérrez, E. (2020). El cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris*) como alternativa de producción para la comunidad en el municipio de San Pablo de Borbur, Boyacá. *Ciencia Unialle*. https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria_agronomica
- Hamouda, H., Amany, T., & El-Bassyouni. (2018). Growth and Yield of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as Affected by Zn and B Foliar Application. *Middle East Journal of Agriculture*, 7(2), 639–649. <https://www.curreweb.com/mejar/mejar/2018/639-649.pdf>
- Henríquez, G., Prophete, E., & Orellana, C. (1992). Manejo Agronómico del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Centro Internacional de Agricultura Tropical*, 1(1), 1–211. <file:///D:/TESIS%2008-12-%2023/tesis%20informe%2011,%2012,%2023/4%20bases%20teoricas/Fernandez%201992%20fenologia.pdf>
- Hernández, L. (2018). *Efecto del bioproducto CBQ-AgroG en indicadores de crecimiento y rendimiento agrícola del frijol común (Phaseolus vulgaris L.) cv. “Buenaventura”* [Tesis de pre grado, Universidad Central Martha Abreu de Las villas]. Archivo digital.

<https://dspace.uclv.edu.cu/server/api/core/bitstreams/5346f288-5bdc-4a7c-85f3-9e7ed1781e3d/content>

- Hernández, A. (2016). La cadena de valor de frijol común en Cuba. *Agro cadenas*, 1(1), 1-175.
- Hernández, R. (2014). Metodología de la investigación (6^{ta} ed.). Sello Editorial Mc Graw Hill Education. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Hidalgo, J. & Ramos, C. (2019). Coinoculación de *Rhizophagus irregulares* y *Rhizobium sp.* en *Phaseolus vulgaris* L. var. canario (fabaceae). *Arnaldoa*, 26(3), 9991–1006. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26309>
- Hosseini, S., & Amini, Z. (2019). Yield and yield components of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars affected by boric acid rates and methods of application. *Journal of Plant Nutrition*, 42(1), 1378–1385. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1609505>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2012, 1 de mayo). Perú: Consumo per cápita de los principales alimentos. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1028/Libro.pdf
- Izquierdo, M., Santana, Y., García, A., Carrodegua, S., Aguiar, I., Ruiz, M., Faure, B., & Monrabal, L. (2018). Respuesta agronómica de cinco cultivares de frijol común en un agroecosistema del municipio Consolación del Sur. *Centro Agrícola*, 45(3), 11–16. <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Jamil, F., Hadiuzzaman, M., Rashid, H., & Karim, S. (2020a). Effect of Phosphorus and Boron on the Growth and Yield of French Bean. *Asian Journal of Agricultural*

and Horticultural Research, 6(4), 18–25.

<https://doi.org/10.9734/ajahr/2020/v6i430079>

Jamil, F., Hena, H., Kumer, U., & Islam, R. (2020b). Effect of variety and boron fertilizer on the growth and yield performance of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 5(3), 241–246. <https://doi.org/10.26832/24566632.2020.050302>

Jamioy, D. (2018). Efecto de la aplicación de abonos verdes en el crecimiento y el rendimiento del *Phaseolus vulgaris*. *Agronomía Costarricense*, 42(2), 127–140. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v42n2/0377-9424-ac-42-02-127.pdf>

Kalyani, R., Devi, V. S., Satyanarayana, N. V., & Madhava, K. V. (1993). Effect of foliar application of boron on crop growth and yield of Pigeoepa (*Cajanus cajan* L.). Millspaugh. *Indian J. Plant Physiol*, 18(4), 223–226. <https://indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijpp&volume=36&issue=4&article=005&type=pdf>

Karavidas, I., Ntatsi, G., Vougeleka, V., Karkanis, A., Ntanasi, T., Saitanis, C., Agathokleous, E., Ropokis, A., Sabatino, L., Tran, F., Iannetta, P. P. M., & Savvas, D. (2022). Agronomic Practices to Increase the Yield and Quality of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A Systematic Review. *Agronomía*, 12(271), 1–39. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020271>

Kouam, E., & Tsague-Zanfack, A. (2020). Effect of plant density on growth and yield attributes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Notulae Scientiae Biologicae*, 12(2), 399–408. <https://doi.org/10.15835/nbs12210519>

Lardizabal, R., Arias, S., & Segura, R. (2013). Manual de producción de frijol. *USAID*, 1(1), 1–27. www.fintrac.com

- Legua, J., Palomares, J., Cruz, D., Espinoza, F., & Ramírez, J. D. C. (2019). Aplicación de diferentes dosis de fertilizante foliar Kaliumax en el cultivo de frijol castilla (*Vigna unguiculata* L.) para mejorar su rendimiento. *Aporte Santiaguino*, 12(2), 200–213. <https://doi.org/10.32911/as.2019.v12.n2.642>
- Lépiz, R., López, J., Sánchez, J., Santacruz-Ruvalcaba, F., Nuño, R. & Rodríguez, E. (2010). Característica morfológicos de formas cultivadas, silvestres e intermedias de frijol común de hábito trepador. *Rev. Fitotec. Mex*, 33(1), 21–28. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v33n1/v33n1a5.pdf>
- Lépiz-Ildfonso, R., Chavarrin-Espinoza, I., López-Alcocer, J., & Rodríguez-Guzmán, E. (2018). Acumulación de materia seca durante las etapas de desarrollo de variedades de frijol. *Rev. Fitotec. Mex.*, 41(3), 275–283. <https://doi.org/https://doi.org/10.35196/rfm.2018.3.275-283>
- López. R., & López., J. (1990). El diagnostico de suelo y plantas: método de campo y laboratorio (4ª ed.). Sello Editorial Mundi – Prensa.
- Lozano, Z. (2024). Manejo de suelos para una agricultura sostenible. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 1(1), 1–123. <http://www.saberucv.ve/gob>
- Luters, A., & Salazar, J. (2000). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. *USDA*, 1(1), 1–88. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Gu%C3%ADa%20para%20la%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20y%20Salud%20del%20Suelo.pdf>
- Madera, V. (2018). *Estudio de la aplicación de zinc en el desarrollo y producción de variedades mejoradas de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en la zona de La Portada, Provincia del Carchi* [Tesis de pre grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Archivo digital. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4370/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000084.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Magalhães, A., De Andrade, A., De Carvalho, A., Alves, R., De Oliveira, K., Guimarães, G., & Mesquita, M. (2021). Yield and physiological quality of common bean grains as a function of boron application in the soil. *Australian Journal of Crop Science*, 15(6), 909–917. <https://doi.org/10.21475/ajcs.21.15.06.p3136>
- Maicelo, J. (2021). *Instituto nacional de innovación agraria resolución Jefatural N° 0060-2021-INIA*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1901129/Resoluci%C3%B3n%20Jefatural%20N%C2%B0%200060-2021-INIA.pdf?v=1621458200>
- Malla, G. (2018). *Evaluación del rendimiento de frejol (Phaseolus vulgaris L.) INIAP 484 Centenario, en siembra directa bajo fertilización química, orgánica más Rhizobium sp.* [Tesis de pre grado, Universidad central del Ecuador]. Archivo digital. <file:///C:/Users/HP/Downloads/2017AgrotecniadeCuba.pdf>
- Manrique, B., & Gamarra, L. (2021). *Evaluación de tres niveles de fertilización potásica en el rendimiento del frijol caupí (Vigna unguiculata L. Walp.) en condiciones de costa central los anitos-Barranca* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional de Barranca]. Archivo digital.
<https://repositorio.unab.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/76c296a3-0713-4141-adcb-c382a2537c51/content>
- Maričić, B., Brkljača, M., Ban, D., Palčić, I., Franin, K., Marčelić, Š., & Goreta Ban, S. (2022). Non-Aerated Common Nettle (*Urtica dioica* L.) Extract Enhances Green Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Growth and Soil Enzyme Activity. *Life*, 12(12), 1-19. <https://doi.org/10.3390/life12122145>
- Mas, M. (2007). *Estudio exploratorio sobre densidades de siembra y el sitio de aplicación de diferentes niveles de nitrógeno y fósforo en el rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedad ICTA ligero en el parcelamiento Cuyuta*,

- Masagua, Escuintla* [Tesis de pre grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1812.pdf
- Mashiqa, P. K., Moatshe-Mashiqa, O. G., Nkomazana, C., Safi, K., & Molosiwa, O. (2021). Agro-physiological and yield attributes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes as affected by planting density in Botswana. *Journal of Agricultural and Crop Research*, 9(9), 230–235. https://doi.org/10.33495/jacr_v9i9.21.54
- Mátyás, B., Lowy, D., Singla, A., Melendez, J., & Sándor, Z. (2020). Comparison of effects exerted by bio-fertilizers, npk fertilizers, and cultivation methods on soil respiration in chernozem soil. *La Granja*, 32(2), 8–18. <https://doi.org/10.17163/lgr.n32.2020.01>
- Mckean, S. (1993). Manual de análisis de suelos y tejido vegetales. In *Manual de análisis de suelos y tejido vegetales*, 1(1), 1–97. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/S593.M2_Manual_de_an%C3%A1lisis_de_suelos_y_tejido_vegetal_Una_gu%C3%ADa_de_m%C3%A9todos_y_pr%C3%A1ctica_de_metodologia.pdf
- Medina, M. (2015). Densidades de siembra por 11 área de producción en café. *La Revista Del Caficultor*, 41(1), 1–24. <https://es.scribd.com/document/372469678/Revista-No-41-El-Cafetal-Ene-feb-mar-Abr-2015-Cambio>
- Medina, N. (2022). *Caracterización morfológica de 50 accesiones del germoplasma de frijol “Phaseolus vulgaris” en el valle de Chincha* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Archivo digital. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/6907>

- Mejía, K. (2016). La fertilización mineral, orgánica y biológica sobre la producción de frijol común en Santa Rosa de Copán. *Revista Ciencia Tecnología*, 1(19), 181–194. <https://camjol.info/index.php/RCT/article/view/4280/4020>
- Mendiola, D. & Arauz, E. (2019). *Respuestas de variedades criollas y mejorada de frijol (Phaseolus vulgaris) ante la aplicación de lombrihumus en la época de primera, en tres comunidades del municipio de Esquipulas, Matagalpa, año 2019* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua]. Archivo digital. <https://repositorio.unan.edu.ni/15975/1/15975.pdf>
- Mohshina, M. L., Barman, A., Shome, S., Rahman, E., & Polly. (2021). Influence of coupled application of potassium and boron on growth and yield of late sown mungbean. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 11(1), 256–264. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.11.1.0343>
- Molina, E. (2002). Fertilización foliar. *Centro de Investigación Agronómicas*, 1(1), 1–145. <file:///D:/TESIS%2008-12-%2023/tesis%20informe%2011,%2012,%2023/4%20bases%20teoricas/Molina%202002%20fertilizacion%20foliar.pdf>
- Morales, B. (2017). *Evaluación de diferentes dosis del fertilizante foliar Bayfolan Forte en el cultivo Phaseolus vulgaris (L), (frijol) en la granja hortícola brisas, municipio Holguín* [Tesis de pre grado, Universidad de Holguín]. Archivo digital. <https://repositorio.uho.edu.cu/xmlui/handle/uho/5778>
- Moreno, A. (2020). *efecto de diferentes dosis de nitrógeno en el rendimiento de frijol castilla (Vigna unguiculata L.), en el distrito de supe puerto, provincia de barranca lima Perú* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Archivo digital.

https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4754/T033_45876875_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Mutari, B., Sibiyá, J., Bogweh Nchanji, E., Simango, K., & Gasura, E. (2021). Farmers' perceptions of navy bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production constraints, preferred traits and farming systems and their implications on bean breeding: a case study from South East Lowveld region of Zimbabwe. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 17(13), 1–19. <https://doi.org/10.1186/s13002-021-00442-3>
- Noriega, V. (2011). Manejo y fertilidad de suelo. *Ministerio de Agricultura*, 1(1), 1–50. <file:///D:/TESIS%2008-12-%2023/tesis%20informe%2011,%2012,%2023/4%20bases%20teoricas/Noriega%20011%20boro.pdf>
- Ocaña, J. (2016). *Aplicación de molibdeno y cobalto en frijol (Phaseolus vulgaris L.) con dos sistemas de fertilización bajo labranza* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional Agraria]. Archivo digital. <Vhttps://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2218>
- Oliveira, Í., De Santana, S., Pereira, C., & Campos, N. (2020). Produção de feijão-de-corda sob diferentes doses de nitrogênio aliado à aplicação de boro. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 16(2), 75–80. <https://doi.org/10.30969/acsa.v16i2.1228>
- Ortega, J., Valverde, A., Blanca, L., Ganchozo, I., Castro, C., Máximo, P., Tumbaco, V., Cobeña, J., & Vera Velásquez, R. (2021). *diseño experimental Teoría y práctica para experimentos agropecuarios* (2^{da} ed.). Sello Editorial Grupo Compás. [file:///C:/Users/HP/Downloads/Dise%C3%B1os%20Experimentales%20-%20Enero%2026,%202021.%20SEGUNDA%20EDICION%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/Dise%C3%B1os%20Experimentales%20-%20Enero%2026,%202021.%20SEGUNDA%20EDICION%20(4).pdf)

- Ospina, M. (2017). *Respuesta de la variedad de fréjol INIAP-463 (Phaseolus vulgaris L.) a cinco dosis de nitrógeno y potasio con aplicaciones adicionales de boro y zinc*. [Tesis de pre grado, Universidad de Guayaquil]. Archivo digital. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17970>
- Osuna-Ceja, E., Reyes-Muro, L., Padilla-Ramírez, J., & Martínez-Gamiño, M. (2012). Rendimiento de frijol Pinto Saltillo en altas densidades de población bajo temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(7), 1389–1400. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n7/v3n7a8.pdf>
- Paolini, J. (2017). Actividad microbiológica y biomasa microbiana en suelos cafetaleros de los Andes venezolanos. *Revista Terra Latinoamericana*, 36(1), 13-22. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i1.257>
- Pardo, Y., Paolini, J., & Cantero, M. (2019). Biomasa microbiana y respiración basal del suelo bajo sistemas agroforestales con cultivo de café. *Revista Actualidades y Divulgación Científica*, 22(1), 1–8. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1144>
- Pasco, P. (2019). *Aplicación foliar de bioestimulantes en el cultivo de frijol común (Phaseolus vulgaris L. Var. capsula) y su efecto en el desarrollo vegetativo y reproductivo, en condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna, 2018* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional Hemilio Valdizán]. Archivo digital. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/4370>
- Pastor, J., Vera, M., & Martínez, A. (2015). Efecto de los plaguicidas sobre la calidad química y biológica del suelo en sistemas de producción de hortalizas del semiárido venezolano. *Revista Química Viva*, 1(1), 1–89. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86340672008>

- Pathak, S., Singh, R., Pandey, B., & Chandel, S. (2020). Effect of Different Basal Doses of Boron on Growth and Yield of Urdbean (*Vigna mungo* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(5), 3428–3432. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.905.407>
- Pérez, A, Martínez, E, Velez, L, Cotes, J. (2013). Acumulación y Distribución de Fitomasa en el Asocio de Maíz (*Zea mays* L.) y Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 66(1), 6865-6880. <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179928411004.pdf>
- Peña, K., Rodríguez, J., Olivera, D., León, N., & Lugones, Y. (2017). Efecto de un promotor del crecimiento en el comportamiento productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de investigación y difusión científico agropecuario*, 21(1), 35–45. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5350926>
- Pincay, V. (2016). *Estudio de fertilización edáfica y foliar en tres variedades de frejol caupí (Vigna unguiculata L.)* [Tesis de pre grado, Universidad de Guayaquil]. Archivo digital. <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c4188cb4-56ce-4d7f-bc13-f4bec4b3bbf7/content>
- Plaster, E. 2000. La ciencia del suelo y su manejo. Patricia Scott. España, ed. Sello Editorial Paraninfo.
- Príncipe, G. (2019). *Efecto de la aplicación de tres fertilizantes foliares en tres estados fenológicos en el rendimiento del frijol caupí (Vigna unguiculata L Walp) en Cieneguillo Centro- Sullana-2018* [Tesis de pre grado, Universidad San Pedro]. Archivo digital. http://repositorio.usanpedro.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/14202/Tesis_62069.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Quiroga, A., & Bono, A. (2012). *Manual de fertilidad y evaluación de suelos* (2^{da} ed.). Sello Editorial Inta.
https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/75200/mod_resource/content/0/Quiroga%20et%20al%202007.pdf
- Quishpe, G. (2010). *Determinación de la influencia de fertilización foliar como complemento a la fertilización edafología en la producción de frejol arbustivo INIAP-414 Yunguilla en el Cantón Paute* [Tesis de pre grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Archivo digital.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1085>
- Reddy, R. Y., Mehera, B., & Rani, M. N. (2023). Influence of Zinc and Boron Application on Growth and Yield of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(10), 859–864.
<https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i102727>
- Rivero-Herrada, M., Gutiérrez-Rivero, E., Granados-Rivas, Y., & Varas-Maenza, C. (2020). Influencia de diferentes sistemas agroecológicas en los indicadores químicos de un suelo cultivado de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Terra Latinoamericana*, 38(4), 735–743. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.558>
- Rodríguez, J., Gonzales, J., Romero, C., Ojeda, M., Enciso, M., Schlaefli, B., Osorio, V., Ballesteros, A., Salvatierra, E., Monago, M., Chura, J., & García, G. (2012). Comportamiento de seis poblaciones de frijol *Phaseolus vulgaris* L. en condiciones del distrito de Oxapampa. *Revista Praxis*, 8(3), 30–40.
<file:///d:/tesis%2008-12-%2023/tesis%20informe%2011,%2012,%2023/2%20determinacion%20problema%20y%20justificacion/rodriguez%202012%20%20%20frijol-oxapampa.pdf>

- Rodríguez-Fernández, P. & Sánchez-Mora, C. (2021). Producción ecológica de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en las condiciones edafoclimáticas del III frente. *Ciencia En Su PC*, 1(2), 60–70. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181369731005>
- Rosado, R. (2020). *Evaluación de la densidad poblacional con diferente dosis de fertilizantes en la producción de frejol (Phaseolus vulgaris L.)* [Tesis de pre grado, Universidad Agraria del Ecuador]. Archivo digital. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ROSADO%20ESPINOZA%20ROMMEL%20RICARDO.pdf>
- Rosales, H. (2022). *Evaluación agronómica de frijol biofortificado bio102 (Phaseolus vulgaris L.) con diferentes niveles de nanofertilizante en el valle de Sibundoy* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Archivo digital. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/48476>
- Rugama, J. (2020). *Evaluación de diferentes fertilizantes en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.), Variedad Rojo Extrema Sequía, Centro Experimental las Mercedes, 2020* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional Agraria]. Archivo digital. <https://repositorio.una.edu.ni/4420/1/tnf04r928g.pdf>
- Rumaldo, J. (2017). *Efecto de los momentos de aplicación del bioregulador de crecimiento stimulate, en el rendimiento del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) var. canario 2000, en el centro de investigación frutícola olerícola - Cayhuayna 2017.* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco]. Archivo digital. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/4384>
- Saavedra, K. (2015). *Caracterización biométrica y de rendimiento de seis poblaciones de (Phaseolus vulgares L.) en condiciones del distrito de Oxapampa.* [Tesis de

pre grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Pasco]. Repositorio Institucional

Salamerón, M., & Garcia, C. (1994). *fertilidad y fertilización de suelos* [Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/2804/1/nf04s171.pdf>

San Román, T. (2019). *Rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con cuatro fuentes de abono orgánico en el distrito nuevo imperial Cañete* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Archivo digital. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4023/san-roman-suarez-teodoro-ascension.pdf?sequence=1>

Sánchez, C. (2018). *Evaluación agronómica de línea avanzadas de frijol arbustivo con grano grande en condiciones de clima medio y frio moderado de Colombia* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Archivo digital. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/21422?locale-attribute=es>

Sangerman-Jarquín, D., Acosta-Gallegos, J., Shwenstesius, R., Damián, M., & Larqué, B. (2010). Consideraciones e importancia social en torno al cultivo del frijol en el centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3). <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v1n3/v1n3a7.pdf>

Sathishkumar, A., Sakthivel, N., Subramanian, E., & Rajesh, P. (2020). Productivity of Field Crops as Influenced by Foliar Spray of Nutrients: A Review. *Agricultural Reviews*, 41(2), 146–152. <https://doi.org/10.18805/ag.r-1991>

Shireen, F., Nawaz, M. A., Chen, C., Zhang, Q., Zheng, Z., Sohail, H., Sun, J., Cao, H., Huang, Y., & Bie, Z. (2018). Boron: Functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(7), 1–20. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijms19071856>

- Singh, S., & Umesha, C. (2023). Effect of Boron and Plant Growth Regulators on Growth and Yield of Zaid Cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(5), 185–191. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i51759>
- Tadesse, A., Shanka, D., & Laekemariam, F. (2022). Short-Term Integrated Application of Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, and Boron Fertilizer and the Farmyard Manure Effect on the Yield and Yield Components of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at Alle Special Woreda, Southern Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*, 2022(1), 1–12. <https://doi.org/10.1155/2022/2919409>
- Tayupanda, G., & Tumbaco, F. (2022). *Respuestas del cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) a la aplicación de bioestimulantes foliares y un activador fisiológico* [Tesis de pre grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Archivo digital. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8591/1/UTC-PIM-%20000465.pdf>
- Tisdale, S., & Nelson, W. (1975). *Química de suelos y los fertilizantes* (3^{era} ed.), departamento de biotecnología. https://oa.upm.es/54493/1/QUIMICA_3.pdf
- Tisdale, S; Nelson, W.1977. Fertilidad de los suelos y fertilizantes: (2^a ed.). Sello Editorial Barcelona, ES. TONSA-San Sebastián.
- Toledo, M. (2016). *Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras* (1^{era} ed.). Sello Editorial IICA. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/3108>
- Uddin, F., Mira, H., Sarker, U., & Akondo, Md. (2020). Effect of variety and boron fertilizer on the growth and yield performance of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 5(3), 241–246. <https://doi.org/10.26832/24566632.2020.050302>

- Unigarro, C., Rendón, J. & Acuña-Zornosa, J. (2021). Densidad de siembra y fotosíntesis, el motor de la productividad en nuestros cafetales. *Avances Técnicos Cenicafé*, 5(25), 1–8. <https://doi.org/10.38141/10779/0525>
- Valdez-Nuñez, R., Rojas-García, J., & Ríos-Ruiz, W. (2019). Microbiological indicators of tropical soils quality in ecosystems of the north-east area of Peru. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 217–227. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.07>
- Valdez-Prado, B., Prieto-Méndez, J., Marmolejo-Santillán, Y., & Prieto-García, F. (2021). Evolución de la respiración del suelo y su relación con aportes de hojarascas en un suelo boscoso de montaña. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 8(16), 82–88. <https://doi.org/10.29057/icbi.v8i16.5781>
- Valladolid, A. (2016). Leguminosas de grano (1.^{era} ed.). *Ministerio de Agricultura y Riego*. www.minagri.gob.pe
- Vardhan, H., Reguri, R., & Singh, A. (2023). Role of boron and zinc in growth & production of pulse crops. *The Pharma Innovation Journal*, 12(7), 3491-3495. www.thepharmajournal.com
- Vásquez, S., Villavicencio, E., Guamán, A., Molina-Müller, M., & Mestanza, C. (2024). Efecto la densidad de plantas sobre los componentes del rendimiento de fréjol cultivado en condiciones de campo en un valle interandino de Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida*, 39(1), 160–170. <https://doi.org/10.17163/lgr.n39.2024.10>
- Verde, C. (2023). *Inoculación de microorganismos benéficos asociados a leguminosas de cobertura en zonas degradadas por actividad agrícola en la sub-cuenca del Cumbaza en San Martín* [Tesis de pre grado. Universidad nacional agraria de la

selva].

https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2694/TS_CVG_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Vinicio, M. (2002). fertilización foliar principios y aplicaciones. *Asociación costarricense de la ciencia del suelo*, 1(1), 1–145.
http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Memoria_CursoFertilizacionFoliar.pdf
- Vistoso, E., & Martínez, J. (2020). Uso de boro en la fertilización de praderas y cultivo en la región de los Ríos. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4), 1-4.
<https://doi.org/10.3390/ijms21041424>
- Wang, J., Wei, J., Guo, D., Xinmin, L., Wang, B., Wang, Y., & Li, J. (2024). Boron homeostasis affects Longan yield: a study of NIP and BOR boron transporter of two cultivars. *BMC Plant Biology*, 24(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04689-8>
- Warnock, R., Valenzuela, J., Trujillo, A., Madriz, P. & Gutiérrez, M. (2006). área foliar, componentes del área foliar y rendimiento de seis genotipos de caraota. *Agronomía Trop.*, 56(1), 21–42. <https://ve.scielo.org/pdf/at/v56n1/art02.pdf>
- Yadav, L., Rajiv, Singh, R., Singh, B., Kumar, M., & Ravi, P. (2023). Effect of phosphorus, boron and their interaction on growth and yield parameters of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *The Pharma Innovation Journal*, 12(10), 288–291.
<https://www.thepharmajournal.com/archives/2023/vol12issue10/PartD/12-10-36-614.pdf>
- Yamil, L., Medina, G., Buitrago, L. & Salazar, F. (1997). Respuesta morfofisiológica del frijol (*Phaseolus vulgaris* Var. Diacol Calima) a la aplicación edáfica de varias

fuentes de boro. *Acta Agron*, 47(3), 26–32.

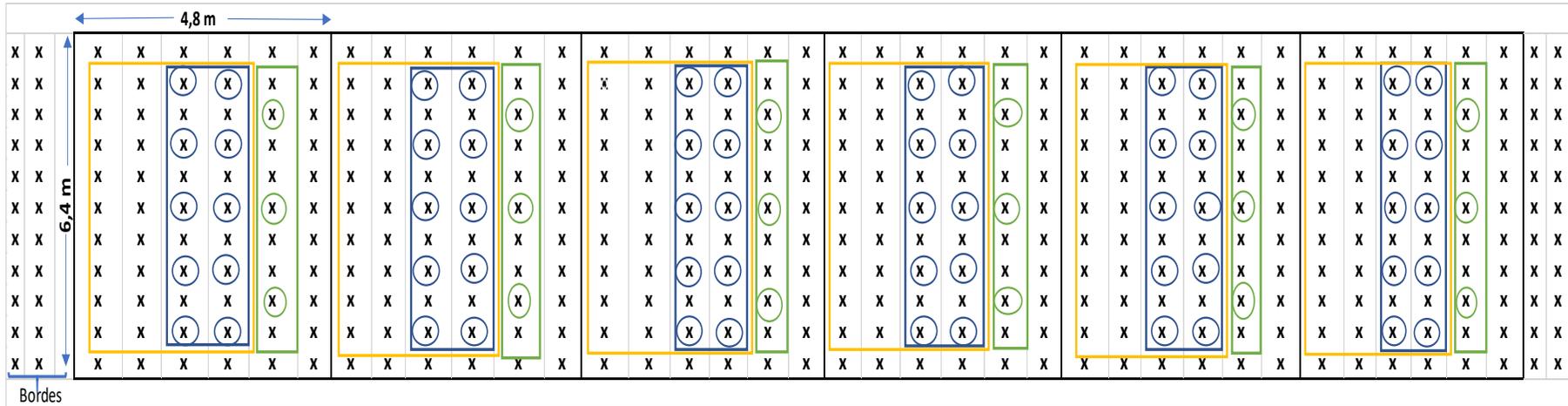
[file:///C:/Users/HP/Downloads/actaagronomica,+3%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/actaagronomica,+3%20(1).pdf)

- Yánac, L. (2018). *Análisis del crecimiento y rendimiento de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con diferentes dosis nitrogenadas, en la Molina* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Archivo digital. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3304/yanac-mendez-luis-andre.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Yáñez, M., Cantú, I., González, H., Marmolejo, J., Jurado, E. & Gómez, M. (2017). Respiración del suelo en cuatro sistemas de uso de la tierra. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(42), 123–149. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v8n42/2007-1132-remcf-8-42-00123.pdf>
- Yohannes, S., Loha, G., & Gessese, M. K. (2020). Performance Evaluation of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes for Yield and Related Traits at Areka, Southern Ethiopia. *Advances in Agriculture*, 2020(1), 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/1497530>
- Zamukulu, P., Bagula, E., Mondo, J., Chuma, G., Safina, F., Cishesa, T., Kavange, A., Masumbuko, D., Kazadi, J., Mushagalusa, G. & Lubobo, A. (2023). Optimization of plant density and fertilizer application to improve biofortified common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield on Nitisols of South-Kivu, Eastern D.R. Congo. *Heliyon*, 9(6), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17293>

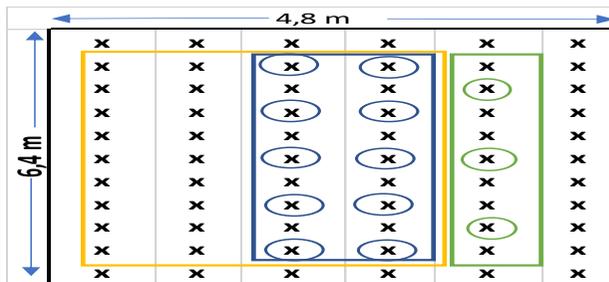
ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Distribución de las unidades experimentales y plantas consideradas para la toma de datos de las variables



Bordes



LEYENDA

	Plantas evaluadas a la floración
	Plantas evaluadas a la cosecha
	Plantas para evaluación de rendimiento en grano
	Plantas de frijol

Anexo 1

Días a la floración del cultivo de frijol



Anexo 2

Días a la madurez fisiológica



Anexo 3

Días a la cosecha



Anexo 4

Medición de longitud de planta



Anexo 5

Conteo de número de ramas/planta



Anexo 6

Biomasa fresca de follaje



Anexo 7

Muestreo de follaje para determinación de biomasa seca



Anexo 8

Medición de la longitud de raíz



Anexo 9a

Foliolos extraídos para la obtención del área foliar



Anexo 9b

Obtención de 50 cuadraditos de 2.00 cm de lado (2 dm²) para la biomasa



Anexo 10

Respiración basal del suelo



Anexo 11

Conteo de número total de vainas llenas por cada planta



Anexo 12

*Conteo de número total de vainas
vanas/planta*



Anexo 13

Medida de longitud de vainas/planta



Anexo 14

Número de grano/vaina



Anexo 15

*Conteo de 100 granos de frijol para el
peso*



Anexo 16

*Vainas totales de la unidad experimental
para determinar el rendimiento/parcela*

