



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

“Evaluación de la adaptación y rendimiento de 7 variedades mejoradas y 3 variedades nativas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L) en el valle de Yunguilla.”

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

AUTORES:

Jorge Andrés Torres León

C.I. 0105194914

atorres66kg@hotmail.com

Christian Daniel Aguirre Vélez

C.I.0104967138

daniel-bue@hotmail.com

DIRECTOR:

Ing. Agr. Andrés Eduardo Arciniegas Fárez, MSc.

C.I. 0104158613

CUENCA, ECUADOR

18/02/2020



RESUMEN

En esta investigación se evaluó la adaptación y rendimiento de 7 variedades mejoradas y 3 nativas de fréjol arbustivo en el valle de Yunguilla, provincia del Azuay, y se desarrolló una propuesta metodológica para la evaluación de la variable oxidación en vaina verde y grano tierno. El ensayo se estableció en bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones. Se realizaron análisis de varianza (ADEVA) con arreglos bifactoriales y trifactoriales. El análisis de datos durante la etapa de crecimiento (V0-R9) generó resultados que demuestran que INIAP Rocha presentó el mayor porcentaje de viabilidad. En emergencia, adaptación vegetativa y días a la floración, INIAP Blanco Fanesquero obtuvo registros más altos (96% de emergencia, excelente adaptación y con 35 días, fue el más precoz). La variedad INIAP Rocha presentó máximos registros en incidencia de bacteriosis común, la variedad Rayado tuvo una mayor altura de planta (117,1 cm). En la variable vainas/planta, INIAP Portilla registró 17 vainas; mientras que en granos/vaina, el 80% de las variedades presentaron 5 granos/vaina. INIAP Centenario presentó la mayor longitud de vaina (16 cm). La variedad INIAP Blanco Belén fue la más precoz con 74 días a la cosecha en verde. La adaptación reproductiva de INIAP Concepción y Mantequilla Guiador fue la mejor. El peso de 100 granos en verde de INIAP Blanco Fanesquero fue de 128.4 gramos. El mejor rendimiento en vaina verde fue de la variedad INIAP Portilla (15936,98 kg/ha). INIAP Blanco Fanesquero fue la variedad con más resistencia a la oxidación de vainas y granos tiernos (135,43 y 131,7 horas, respectivamente).

Palabras clave: Rendimiento. Adaptación. Variedades mejoradas. Variedades locales. Oxidación.



ABSTRACT

In this investigation, the adaptation and yield of 7 improved and 3 native varieties of bush beans in the Yunguilla Valley, province of Azuay, were evaluated and a methodological proposal for the evaluation of the variable oxidation in green pod and tender grain was formulated. The trial was completed in randomized complete blocks (DBCA) with three repetitions. Variance analysis (ADEVA) was performed with bifactorial and three-factorial arrangements. The data analysis during the growth stage (V0-R9) generated results that had to do with INIAP Rocha had the highest viability percentage. In emergency, vegetative adaptation and days to flowering, INIAP Blanco Fanesquero obtained higher records (96% emergency, excellent adaptation and with 35 days, was the earliest). The INIAP Rocha variety had maximum records in the incidence of common bacteriosis, the Rayado variety had a higher plant height (117.1 cm). In the pod / plant variable, INIAP Portilla registered 17 pods; while in grains / pod, 80% of the specific varieties 5 grains / pod. INIAP Centenario presented the largest length of sheath (16 cm). The INIAP Blanco Belén variety was the earliest with 74 days to harvest in green. The reproductive adaptation of INIAP Concepción and Butter Guide was the best. The weight of 100 grains in green of INIAP Blanco Fanesquero was 128.4 grams. The best yield in green pod was of the INIAP Portilla variety (15936.98 kg / ha). INIAP Blanco Fanesquero was the variety with the highest resistance to oxidation of pods and young grains (135.43 and 131.7 hours, respectively).

Keywords: Yield. Adaptation. Improved varieties. Local varieties. Oxidation.



Tabla de contenidos

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE ANEXOS	13
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA.....	15
AGRADECIMIENTOS	20
DEDICATORIA.....	21
1. INTRODUCCIÓN	21
2. OBJETIVOS	24
2.1 Objetivo General (OG)	24
2.2 Objetivos específicos (OE)	24
2.3 Pregunta de investigación	24
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	25
3.1 Antecedentes investigativos	25
3.2 Origen	26
3.3 Taxonomía	26
3.4 Etapas de desarrollo del fréjol	27
3.5 Rendimiento en la provincia del Azuay	28
3.6 Hábito de crecimiento	29
3.7 Variedades	31
3.8 Características morfológicas de las variedades evaluadas	32



3.9 Clasificación de las variedades de fréjol	33
3.9.1 Por la forma de consumo	33
3.9.2 Por la duración del período entre siembra y cosecha	33
3.9.3 Por su reacción a la duración del día	34
3.10 Oxidación.....	34
3.11 Plagas	35
3.11.1 Trozadores (<i>Agrotis sp.</i>)	35
3.11.2 Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>).....	35
3.11.3 Lorito verde (<i>Empoasca kraemerii</i>).....	36
3.11.4 Barrenador de la vaina (<i>Epinotia aporema</i>).....	37
3.12 Enfermedades	37
3.12.1 Roya (<i>Uromyces phaseoli</i>).....	37
3.12.2 Antracnosis (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>).....	38
3.12.3 Bacteriosis común (<i>Xantomonas campestris</i>pv. <i>Phaseoli</i>)	38
3.12.4 Virus del mosaico común del fréjol (VMCF)	39
4. MATERIALES Y MÉTODOS	40
4.1 Área de estudio	40
4.2 Mapa de la zona de estudio.....	40
4.3 Distribución de los tratamientos	41
4.4 Delineamiento experimental	42
4.5 Materiales	42
4.5.1 Físicos	42
4.5.2 Químicos	43



4.6 Labores pre culturales	44
4.6.1 Muestreo para análisis de suelo	44
4.6.2 Preparación del suelo	44
4.6.3 Trazado de la parcela	45
4.6.4 Fertilización	45
4.6.5 Desinfección de las semillas	45
4.7 Labores culturales	45
4.7.1 Siembra	45
4.7.2 Control de malezas	46
4.7.3 Controles fitosanitarios	46
4.7.4 Riego	47
4.7.5 Cosecha	47
4.8 Evaluación de la adaptabilidad y rendimiento	47
4.8.1 Porcentaje de viabilidad	48
4.8.2 Porcentaje de emergencia	48
4.8.3 Adaptación vegetativa (vigor)	48
4.8.4 Días a la floración	49
4.8.5 Incidencia a enfermedades	49
4.8.6 Altura de planta	50
4.8.7 Número de vainas por planta	50
4.8.8 Número de granos por vaina	50
4.8.9 Longitud de la vaina	50
4.8.10 Número de días a la cosecha en verde	50



4.8.11 Adaptación reproductiva (carga).....	50
4.8.12 Peso de cien granos en verde	51
4.8.13 Rendimiento de la parcela neta kg/ha en vaina verde	51
4.9 Oxidación del grano tierno y vaina verde	52
4.9.1 Oxidación grano tierno.....	53
4.9.2 Oxidación vaina verde.....	53
4.10 Análisis estadístico.....	53
4.10.1 Diseño experimental para evaluar rendimiento y adaptabilidad	53
4.10.2 Diseño experimental para evaluar la oxidación en granos tiernos	54
4.10.3 Diseño experimental para evaluar la oxidación en vainas verdes	56
5. RESULTADOS	57
5.1 Resultados del primer objetivo específico	57
5.1.1 Porcentaje de viabilidad.....	57
5.1.2 Porcentaje de emergencia	58
5.1.3 Adaptación vegetativa (vigor).....	59
5.1.4 Días a la floración	61
5.1.5 Incidencia a enfermedades	64
5.1.6 Altura de planta.....	66
5.1.7 Vaina por planta.....	68
5.1.8 Granos por vaina	70
5.1.9 Longitud de vaina	72
5.1.10 Número de días a la cosecha en verde	74
5.1.11 Adaptación reproductiva (carga).....	77



5.1.12	Peso de 100 granos en verde	79
5.1.13	Rendimiento de la parcela neta en kg/ha en vaina verde	82
5.2	Resultados del segundo objetivo específico	84
5.2.1	Oxidación de vaina verde.....	84
5.2.2	Grano tierno	87
5.3	Incidencia del clima en la oxidación del fréjol	95
5.3.1	Temperatura	95
5.3.2	Humedad relativa	96
5.3.3	Radiación (fotosintética activa).....	98
5.4	Propuesta metodológica para la evaluación de la variable “oxidación” de fréjol arbustivo.	100
6.	DISCUSIÓN	¡Error! Marcador no definido.
7.	CONCLUSIONES.....	110
8.	RECOMENDACIONES.....	112
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
10.	ANEXOS	117



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Etapas del desarrollo fenológico del fréjol	28
Tabla 2. Variedades liberadas por el INIAP con sus respectivas resistencias a enfermedades.	32
Tabla 3. Características morfológicas de las variedades del INIAP a evaluar	33
Tabla 4. Duración entre siembra y cosecha (días) de diferentes tipos de fréjol en diferentes ambientes.	34
Tabla 5. Delineamiento experimental.....	42
Tabla 6. Nombres comerciales e ingredientes activos usados en controles fitosanitarios.	47
Tabla 7. Escala del CIAT para la evaluación de bacteriosis común	49
Tabla 8. Escala de la evaluación de carga.	51
Tabla 9. Escala para evaluar la oxidación de granos y vainas.	52
Tabla 10. Esquema de análisis de varianza	54
Tabla 11. Distribución de tratamientos utilizados en grano tierno.....	55
Tabla 12. Distribución de tratamientos a utilizar en vaina verde.....	56
Tabla 13. Análisis de la varianza para porcentaje de emergencia.....	58
Tabla 14. ADEVA porcentaje de emergencia.	58
Tabla 15. Calificación para la adaptación vegetativa según el sistema estándar para la evaluación de germoplasma (CIAT 1987).	60
Tabla 16. Análisis de la varianza para días a la floración.	62
Tabla 17. ADEVA para el número de días a la floración.....	62



Tabla 18. LSD Fisher ($\alpha = 0,05$) con medias ajustadas y desviación estándar para la variable número de días a la floración.....	63
Tabla 19. Calificación de la Bacteriosis común.....	65
Tabla 20. Comparación de modelos basados en los valores de AIC y logLik.....	66
Tabla 21. Prueba de LSD Fisher ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y desviación estándar para la variable altura de planta.	67
Tabla 22. Comparación de modelos basados en los valores de AIC y logLik.....	68
Tabla 23. Prueba de LSD Fisher ($\alpha = 0,05$) para medias ajustadas y desviación estándar para la variable vaina por planta.	69
Tabla 24. Comparación de modelos basados en los valores de AIC y logLik.....	70
Tabla 25. Prueba de LSD Fisher ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y desviación estándar para la variable granos por vainas.	71
Tabla 26. Comparación de modelos basados en los valores de AIC y logLik.....	72
Tabla 27. Prueba de LSD Fisher ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y desviación estándar para la variable longitud de vaina.....	73
Tabla 28. Análisis de la varianza para número de días a la cosecha en verde.	74
Tabla 29. ADEVA para número de días a la cosecha en verde.....	75
Tabla 30. LSD Fisher ($\alpha = 0,05$) con medias ajustadas y desviación estándar para la variable número de días a la cosecha en verde.....	75
Tabla 31. Valores a tomar en cuenta para evaluar la carga.	77
Tabla 32. Calificación para la adaptación reproductiva según el sistema estándar para la evaluación de germoplasma (CIAT 1987).	78
Tabla 33. Análisis de la varianza de la variable peso de 100 granos en verde.....	79



Tabla 34. ADEVA de la variable peso de 100 granos en verde.	80
Tabla 35. Prueba de LSD Fisher ($\alpha = 0,05$), con medias ajustadas y desviación estándar para la variable peso de 100 granos en verde.	81
Tabla 36. Análisis de la varianza para rendimiento en vaina verde.	82
Tabla 37. ADEVA de la variable rendimiento en vaina verde.	83
Tabla 38. Prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y desviación estándar para el rendimiento en vaina verde.	83
Tabla 39. Análisis de varianza para oxidación de vaina verde.	85
Tabla 40. ADEVA oxidación vaina verde.	85
Tabla 41. Prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$), para la variable oxidación de vaina.	86
Tabla 42. Comparación de modelos basados en los valores de AIC, y loglik.....	87
Tabla 43. Las pruebas de hipótesis secuenciales.	88
Tabla 44. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y error estándar para la variable oxidación en grano tierno (variedades).....	89
Tabla 45. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y error estándar para la interacción entre recipientes.	91
Tabla 46. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y error estándar para la interacción: variedad - ambiente	92
Tabla 47. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y error estándar para la interacción tratamientos- recipiente.	94
Tabla 48. Escala para evaluar la oxidación de granos y vainas	101



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del lote de estudio en el cantón Santa Isabel.	40
Figura 2. Ubicación espacial de las parcelas experimentales en el lote de estudio.	41
Figura 3. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable viabilidad de la semilla expresada en porcentajes.	57
Figura 4. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable emergencia expresada en porcentajes.	59
Figura 5. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable adaptación vegetativa expresada en valores de la escala del CIAT.	61
Figura 6. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable días a la floración.	64
Figura 7. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable incidencia de enfermedades	66
Figura 8. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable altura de planta.	68
Figura 9. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable vaina por planta.	70
Figura 10. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable número de granos por vaina.	72
Figura 11. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable número de longitud de vainas.	74
Figura 12. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable días a la cosecha en verde.	77



Figura 13. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable adaptación reproductiva expresada en valores de la escala del CIAT.....	79
Figura 14. Representación gráfica de las medias de los tratamientos de la variable Peso de 100 granos en verde.	82
Figura 15. Representación gráfica de las medias de los tratamientos de la variable rendimiento en vaina verde.....	84
Figura 16. Representación gráfica de las medias de los tratamientos de la variable oxidación de vainas verde.....	87
Figura 17. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la oxidación del grano en relación a la diferencia entre tratamientos.....	90
Figura 18. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la oxidación del grano en relación a los recipientes utilizados.	91
Figura 19. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la oxidación de grano tierno en relación a la interacción: tratamiento - ambiente.....	93
Figura 20. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la Interacción entre tratamientos - recipiente en la oxidación de grano tierno.	95
Figura 21. Tendencia de los sensores luz y sombra para temperatura.	96
Figura 22. Correlación de los sensores luz y sombra para temperatura.	96
Figura 23. Tendencia de los sensores luz y sombra para HR.....	97
Figura 24. Correlación de los sensores luz y sombra para HR.	97
Figura 25. Tendencia de los sensores luz y sombra para radiación.....	98
Figura 26. Correlación de los sensores sombra y luz para radiación.	99



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo	117
Anexo 2. Determinación de porcentaje de viabilidad (TZ).....	118
Anexo 3. Determinación de porcentaje de emergencia.....	118
Anexo 4. Cercado del terreno.....	118
Anexo 5. Delimitación del terreno para la siembra.	118
Anexo 6. Siembra de las diferentes variedades de fréjol.....	118
Anexo 7. Parcela experimental.....	118
Anexo 8. Bloques experimentales (I, II, III).....	119
Anexo 9. Riego por surcos.	119
Anexo 10. INIAP 414 Yunguilla.	119
Anexo 11. INIAP 422 Blanco Belén.....	119
Anexo 12. INIAP 424 Concepción.....	119
Anexo 13. INIAP 425 Blanco Fanesquero.....	119
Anexo 14. INIAP 430 Portilla.	120
Anexo 15. INIAP 480 Rocha.....	120
Anexo 16. INIAP 484 Centenario.	120
Anexo 17. Rayado.....	120
Anexo 18. Mantequilla guiador.	120
Anexo 19. Centro negro.	120
Anexo 20. Incidencia de plagas y enfermedades.	121
Anexo 21. Aplicación de insecticidas.....	121
Anexo 22. Determinación de la altura de la planta.	121



Anexo 23. Cosecha.	121
Anexo 24. Vainas por planta.	121
Anexo 25. Granos por vaina.....	121
Anexo 26. Longitud de la vaina.	122
Anexo 27. Peso de cien semillas.....	122
Anexo 28. Tratamientos para medir la oxidación en funda plástica y bandeja.	122
Anexo 29. Tratamientos expuestos a la luz y a la sombra.	122
Anexo 30. Oxidación del grano.	122
Anexo 31. Oxidación de la vaina.	122
Anexo 32. Sensor a la sombra.	123
Anexo 33. Sensor a la luz.....	123
Anexo 34. Datos históricos de temperaturas y precipitación para el ciclo de cultivo..	123



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

DDS: Días después de la siembra

V0: Germinación

V1: Emergencia

V2: Hojas primarias

V3: Primera hoja trifoliada

V4: Tercera hoja trifoliada

R5: Prefloración

R6: Floración

R7: Formación de vainas

R8: Llenado de vainas

R9: Madurez fisiológica

DBCA: Diseño de bloques completos al azar

REML: Estimador de máxima verosimilitud restringida.

TZ: Tetrazolio

QQ: Quintales

MED: Medias

DE: Desviación estándar



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Jorge Andrés Torres León, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la adaptación y rendimiento de 7 variedades mejoradas y 3 variedades nativas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L) en el valle de Yunguilla." de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 18 de febrero del 2020

Jorge Andrés Torres León

C.I: 0105194914



Cláusula de derechos de autor

Jorge Andrés Torres León, autor del trabajo de titulación "Evaluación de la adaptación y rendimiento de 7 variedades mejoradas y 3 variedades nativas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L) en el valle de Yunguilla." certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 18 de febrero del 2020

Jorge Andrés Torres León

C.I: 0105194914



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Christian Daniel Aguirre Vélez, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la adaptación y rendimiento de 7 variedades mejoradas y 3 variedades nativas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L) en el valle de Yunguilla." de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 18 de febrero del 2020

Christian Daniel Aguirre Vélez
C.I: 0104967138



Cláusula de derechos de autor

Christian Daniel Aguirre Vélez, autor del trabajo de titulación "Evaluación de la adaptación y rendimiento de 7 variedades mejoradas y 3 variedades nativas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L) en el valle de Yunguilla." certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 18 de febrero del 2020

Christian Daniel Aguirre Vélez
C.I: 0104967138



AGRADECIMIENTOS

A Dios por formar parte de nuestras vidas, por brindarnos la sabiduría y fortaleza necesaria para vencer todos los obstáculos presentados en nuestras vidas diarias, y de esta manera alcanzar las metas planteadas.

Infinitas gracias a nuestros padres, que nos han apoyado en las decisiones que hemos tomado en nuestras vidas con amor, cariño y comprensión.

Agradecemos a nuestros directores de tesis Ing. Luis Minchala e Ing. Andres Arciniegas, por los conocimientos brindados, orientación, apoyo oportuno y la confianza entregada como docentes y amigos durante todo el desarrollo de esta investigación.

Finalmente mencionar a nuestra querida Facultad de Ciencias Agropecuarias, por hacer realidad nuestros sueños y metas en tan prestigiosa Universidad, como es la Universidad de Cuenca.

Jorge Torres, Daniel Aguirre



DEDICATORIA

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

A mis padres Jorge y Eulalia quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades.

A mi hermano Joao por su afecto y apoyo incondicional, al igual a mis tíos Homer y Ruth y mis primos Xavier y Paul porque durante todo este proceso, estuvieron conmigo en todo momento gracias.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Jorge

A mis padres Marco y Elizabeth, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio. Les agradezco no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por los grandes momentos de felicidad y de diversas emociones que siempre me causan.

A mis hermanos, Adrián y Raúl que siempre me apoyaron de una forma incondicional, gracias por ser mi ejemplo de lucha y dedicación. Gracias a toda mi familia por haber contribuido de una forma u otra a la consecución de este logro.

Daniel



1. INTRODUCCIÓN

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una fuente rica en proteínas e hidratos de carbono, abundante en vitaminas del complejo B como: riboflavina, niacina, ácido fólico y tiamina. Proporciona también hierro, fósforo, potasio, cobre, zinc, magnesio y calcio y tiene un alto contenido de fibra (Basantes, 2015). Por estas características es la fabácea de consumo humano más importante; ocupando el octavo lugar entre las leguminosas más sembradas en el mundo (Orbe, 2011).

Es una especie utilizada como alimento básico de aproximadamente 300 millones de personas en el mundo, de las cuales la mayoría habitan países en desarrollo, ya que es un cultivo que tiene alta importancia económica y genera recursos a gran cantidad de agricultores (Torres et al., 2013). Cada año en el planeta se cosechan cerca de 29.5 millones de hectáreas con una producción de 23.1 millones de toneladas. A nivel mundial, el consumo per cápita se ubica en un promedio de 2.5 kilogramos al año (Magaña, Gaucín, & Flores, 2015).

Según INEC (2017) la superficie total sembrada en Ecuador de fréjol tierno es de 18.613 ha de las cuales se cosechan un total de 17.484 ha con una producción de 20.400Tm. La disminución en la producción de fréjol tierno, a nivel nacional obedeció principalmente a plagas y enfermedades con 80%, inundaciones o exceso de agua con 7%, sequia o heladas con 6%, semillas con 5% y prácticas inadecuadas con el 2%.

Al establecer el análisis particular de la investigación, según Carranco (2010) las variedades de fréjol “pinto” presentan oscurecimiento rápido del grano; denominado “oxidación”, lo que provoca que el grano tenga un aspecto “envejecido”, aún poco tiempo después de la cosecha. Esta depreciable particularidad del grano provoca la disminución



de hasta en un 50% del mismo y pérdidas económicas para productores y comercializadores.

La degradación de color tiene una relación directa con la temperatura de almacenamiento, pues se mantiene óptima la calidad de los atributos cromáticos (López, Trujillo, & Penagos, 2010). De igual manera la calidad del grano de fréjol es determinada por la variedad, manejo agronómico, condiciones del cultivo y posteriormente, almacenamiento del grano (Muñoz, Rubio, Bernal, Garza, & Jacinto, 2009).

Para los productores de la zona Austral del Ecuador, la ausencia de tecnología actualizada es un factor negativo, ya que sólo se utilizan granos comunes, aumentando la aplicación de pesticidas y generando resistencia a patógenos (Matute, 2013). Es por ello que el uso de variedades mejoradas es de gran importancia debido a su potencial genético que le confiere mayor adaptación y potencial de rendimiento, así como mejor resistencia a enfermedades y factores abióticos (Rosas et al., 2003).

Mediante esta investigación es importante el estudio de la adaptabilidad y rendimiento del fréjol debido su baja productividad, al igual que el desarrollo de una metodología para la evaluación de la oxidación en esta especie, porque se realiza un manejo inadecuado en postcosecha, depreciando de esta manera su valor comercial y disminuyendo los ingresos económicos en los agricultores.



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General (OG)

- Evaluar la adaptación y el rendimiento de 7 variedades mejoradas y 3 variedades nativas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L) en el valle de Yunguilla.

2.2 Objetivos específicos (OE)

- Evaluar la adaptación y rendimiento de 7 variedades mejoradas y 3 variedades nativas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) en vaina verde en el valle de Yunguilla.
- Desarrollar una propuesta metodológica para la evaluación de la variable “oxidación” de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) inmediatamente a la cosecha en vaina verde y grano tierno, en el valle de Yunguilla.

2.3 Pregunta de investigación

¿Las variedades de fréjol mejoradas y nativas, presentan similar comportamiento en la adaptabilidad y rendimiento para la cosecha en vaina verde y grano tierno en el valle de Yunguilla?



3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Antecedentes investigativos

A nivel local, las investigaciones sobre variedades y cultivares de fréjol, han sido desarrolladas por varios investigadores relacionados con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, desde la década de 1960.

Se han estudiado numerosas variables relacionadas con procesos de adaptación y rendimiento de variedades nativas y mejoradas, que en la actualidad son usadas por agricultores a nivel nacional. Sin embargo, las investigaciones realizadas en los últimos 60 años, no centran sus objetivos en medir rendimientos en vaina verde, ni tampoco en definir estrategias para desarrollar metodologías para evaluar la variable “oxidación” en grano tierno.

A continuación, se analizan resultados y conclusiones de varios estudios desarrollados en Ecuador, en relación a las tres variables pre establecidas en los objetivos de esta investigación:

- Según Matute (2013), durante la etapa de crecimiento (V0-R9), en diferentes cultivares se evaluaron once variedades de fréjol liberadas por el INIAP frente a cuatro variedades “testigo”, que son usadas de forma común por agricultores. Los resultados obtenidos muestran que en general, las variedades del INIAP, son superiores en todas las variables evaluadas en relación a variedades locales que se cultivan en el Austro ecuatoriano.
- Ochoa (2013) obtuvo como resultado que los caracteres variables, reciben la influencia de las condiciones ambientales y podrán ser considerados como la resultante de la acción del medio ambiente sobre el genotipo.



- El estudio realizado por Higuita, Rincón, & Núñez (1998) determina que las variedades de mayores rendimientos presentaron un menor número de vainas por planta y mayor longitud de las mismas y a su vez, las de menor rendimiento tuvieron un mayor número de vainas y una menor longitud de vaina.
- El estudio realizado Peralta, Mazón, Minchala, & Guamán (2013) mencionan que la forma más común de comercialización del fréjol en la provincia de Loja es en grano tierno, por lo cual la oxidación es un factor muy importante a tomar en cuenta. La evaluación del tiempo de oxidación (número de horas desde el desgrane en tierno hasta que el 50% de los granos presentan oxidación) muestra que las variedades mejoradas INIAP Blanco Belén, INIAP Rocha, INIAP Canario del Austro e INIAP Canario del Chota superan a las otras variedades y al testigo local (Mantequilla guiador).

3.2 Origen

Las evidencias con fines arqueológico, molecular, bioquímico y morfológico-agronómico muestran que el fréjol posee su centro de origen en la región de Mesoamérica, específicamente en el occidente y sur de México (desde Jalisco hasta Oaxaca), y que existió dos centros de domesticación: uno primario (Mesoamérica) y otro secundario (Sur Andino) (Hernández, Hernández, Mayek, Vargas, & Muruaga, 2013).

3.3 Taxonomía

Según Valladares (2010), la clasificación taxonómica del fréjol se detalla de la siguiente manera: Clase: Magnoliopsida, Subclase: Rosidae, Orden: Fabales, Familia: Fabaceae, Género: Phaseolus, Especie; P. vulgaris.



3.4 Etapas de desarrollo del fréjol

En este sentido, se puede considerar que la sucesión de etapas en el ciclo biológico del fréjol, tiene alta variabilidad de acuerdo a la duración del desarrollo de la planta como resultado de las variaciones de los factores climáticos y caracteres genéticos de cada variedad.

Como parte de la investigación, de acuerdo con el sistema estándar de evaluación de germoplasma de fréjol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), con base en características morfológicas, se han definido y delimitado etapas de desarrollo de la planta, como se aprecia a continuación:



Tabla 1. Etapas del desarrollo fenológico del fréjol

Etapas	Descripción
V0	Germinación: Absorción de agua por la semilla; emergencia de la radícula y su transformación a raíz primaria.
V1	Emergencia: Los cotiledones aparecen a nivel del suelo y empiezan a separarse. El epicótilo comienza su desarrollo.
V2	Hojas primarias: unifoliadas Hojas primarias totalmente abiertas.
V3	Primera hoja trifoliada: Se abre la primera hoja trifoliada y aparece la segunda hoja trifoliada.
V4	Tercera hoja trifoliada: Se abre la tercera hoja trifoliada y las yemas de los nudos inferiores producen ramas.
R5	Prefloración: Aparece el primer botón floral o el primer racimo. Los botones florales de las variedades determinadas se forman en el último nudo del tallo o de la rama. En las variedades indeterminadas los racimos aparecen primero en los nudos más bajos.
R6	Floración: Se abre la primera flor.
R7	Formación de vainas: Aparece la primera vaina que mide más de 2.5 cm de longitud.
R8	Llenado de vainas: Comienza a llenarse la primera vaina (crecimiento de semilla). Al final de la etapa, las semillas pierden su color verde y comienzan a mostrar las características de la variedad.
R9	Madurez fisiológica: Las vainas pierden su pigmentación y comienzan a secarse. Las semillas desarrollan el color típico de la variedad.

Fuente:(CIAT, 1987).

Elaboración: Torres, 2019

3.5 Rendimiento en la provincia del Azuay

En la provincia del Azuay se siembran 114 ha de fréjol en grano seco, de las cuales se cosechan 113 ha con una producción de 45 Tm y de fréjol tierno se siembran 90 ha de las cuales se cosechan 84 ha con una producción de 120 Tm (INEC, 2017).



3.6 Hábito de crecimiento

Según el CIAT (1984), los caracteres morfológicos y agronómicos que permiten determinar el hábito de crecimiento del fréjol son los siguientes:

- Longitud de los entrenudos y en consecuencia, altura de la planta.
- Aptitud para trepar.
- Grado y tipo de ramificación. Es necesario incluir el concepto de guía definida como la parte del tallo o de las ramas que sobresale por encima del follaje del cultivo.
- Tipo de desarrollo de la parte terminal del tallo: determinado o indeterminado.
- Número de nudos.

En este sentido, el CIAT considera que los hábitos de crecimiento pueden ser agrupados en cuatro tipos principales:

Tipo I: hábito de crecimiento determinado arbustivo

Entre sus principales características se encuentran:

- El tallo y las ramas terminan en una inflorescencia desarrollada, cuando la inflorescencia está formada el crecimiento del tallo y de las ramas generalmente se detiene.
- El tallo es fuerte y tiene bajo número de nudos (de cinco a diez).
- La altura de la planta puede variar entre 30 y 50 cm; se pueden observar casos de plantas enanas con tamaños de entre 15 a 25 cm).
- La etapa de floración es corta y la madurez de todas las vainas ocurre casi al mismo tiempo.



- Los entrenudos son más largos, más numerosos y en algunos casos con aptitud trepadora.

Tipo II: hábito de crecimiento indeterminado arbustivo

Sus características principales son:

- Tallo erecto sin aptitud para trepar, aunque termina en una guía corta.
- Pocas ramas, pero con un número superior al Tipo I, y cortas con respecto al tallo.
- El número de nudos del tallo es superior al de las plantas del Tipo I, generalmente más de 12.
- Las ramas continúan creciendo durante la etapa de floración, aunque a un ritmo menor.

Tipo III: hábito de crecimiento indeterminado postrado

Se pueden diferenciar las siguientes características:

- Plantas postradas o semi postradas con ramificación bien desarrollada.
- La altura de las plantas es superior a la de las plantas de los tipos I y II (mayor a 80 cm).
- El número de nudos del tallo y de las ramas es superior al de los tipos I y II.
- El desarrollo del tallo y la ramificación originan variaciones en la arquitectura de la planta. Algunas plantas son postradas desde las primeras etapas de la fase vegetativa. Pueden presentar aptitud trepadora cuando cuentan con algún soporte (semitrepadoras).

Tipo IV: hábito de crecimiento indeterminado trepador



Se considera que las plantas de este tipo de hábito de crecimiento son las del típico hábito trepador. Este es el tipo de hábito de crecimiento que se encuentra generalmente en asociación maíz – fréjol.

- A partir de la primera hoja trifoliada, el tallo desarrolla su habilidad trepadora.
- Las ramas son muy poco desarrolladas a causa de su dominancia apical.
- El tallo, el cual puede tener de 20 a 30 nudos, puede alcanzar más de 2 m de altura.
- La etapa de floración es más larga que otros hábitos, y presentan, a un mismo tiempo, la etapa de floración, la formación de las vainas, el llenado de las vainas y la maduración.

3.7 Variedades

Las 7 variedades que se han utilizado en este estudio han sido liberadas por el INIAP desde el año 2003 hasta 2009. Cada uno de ellas, en diferentes escalas, presenta resistencia completa e intermedia a diferentes enfermedades.



Tabla 2. Variedades liberadas por el INIAP con sus respectivas resistencias a enfermedades.

Variedades	Roya	Antracnosis	Fusarium	Pudrición de la raíz	Mancha angular
INIAP 414					
Yunguilla	Intermedia	Completa			
INIAP 422					
Blanco Belén	Completa				
INIAP 424					
Concepción	Intermedia				
INIAP 425					
Blanco					
Fanesquero	Intermedia	Completa			
INIAP 430					
Portilla	Intermedia	Completa			
INIAP 480					
Rocha	Completa	Intermedia	Completa		
INIAP 484					
Centenario	Completa	Completa		Completa	Completa

Fuente: (Peralta, Murillo, Mazon, & Rodriguez, 2014)
Elaboración: Torres, 2019.

3.8 Características morfológicas de las variedades evaluadas

En el estudio se consideraron las características morfológicas de siete variedades mejoradas liberadas por el INIAP, de las cuales se tiene evidencia a través de información primaria y secundaria.

Para el caso de variedades locales, las características morfológicas se determinarán con la obtención de resultados tras la realización de la investigación.



Tabla 3. Características morfológicas de las variedades del INIAP a evaluar

Variedades	Hábito de crecimiento	Color del grano	Altura de planta (cm)	Días a la floración	Días a la cosecha en verde
INIAP 414 Yunguilla	Determinado, sin guía I	Rojo moteado	/	45	80
INIAP 422 Blanco Belén	Determinado, sin guía I	Blanco	46	43	79
INIAP 424 Concepción	Determinado, sin guía I	Morado moteado	47	40	72
INIAP 425 Blanco Fanesquero	Determinado, sin guía I	Blanco	49	40	77
INIAP 430 Portilla	Determinado, sin guía I	Rojo moteado	42	43	/
INIAP 480 Rocha	Determinado, sin guía I	Amarillo	32	46	/
INIAP 484 Centenario	Determinado, sin guía I	Rojo moteado/crema	45 a 50	42 a 45	75 a 95

Fuente: (Peralta et al., 2014)

Elaboración: Torres, 2019.

3.9 Clasificación de las variedades de fréjol

Según, Voysest, (1999) las variedades de fréjol se pueden clasificar en:

3.9.1 Por la forma de consumo

- Variedades para consumo como vainas verdes (habichuela o vainita).
- Variedades para consumo como grano tostado (poroto).
- Variedades para consumo como grano seco.
- Variedades para consumo como grano tierno o verde.

3.9.2 Por la duración del período entre siembra y cosecha

- Variedades precoces.
- Variedades tardías.



3.9.3 Por su reacción a la duración del día

El fréjol es una planta de día corto (alrededor de 12 horas de duración del día); sin embargo, hay variedades que se cultivan con éxito en regiones ubicadas en altas latitudes.

Tabla 4. Duración entre siembra y cosecha (días) de diferentes tipos de fréjol en diferentes ambientes.

Hábito de crecimiento	Período de crecimiento	Cálido (23-26°C)	Medio (17-20 °C)	Frío (13-15°C)
Arbustivo I	Precoz	75	75	120
Arbustivo	Tardío	90	100	150
Arbustivo II/ IIIa	Precoz	75	90	150
Arbustivo	Tardío	90	120	190
Voluble IIIb/IV	Precoz	75	120	190
Voluble	Tardío	120	150	270

Fuente: (Voysesst, 1999)

Elaboración: Torres, 2019

3.10 Oxidación

La calidad del grano de fréjol es determinada por el manejo agronómico, variedad, condiciones del cultivo y el almacenamiento del grano. Los cambios pos-cosecha observados más frecuentemente, son el oscurecimiento, también llamado “oxidación”, de los granos de testa clara, y el endurecimiento, que provoca el aumento de su tiempo de cocción. Tanto la oxidación como el endurecimiento, son ocasionados principalmente



por el tiempo prolongado de almacenamiento o por condiciones inadecuadas en el almacén (Blandón, 2010).

3.11 Plagas

3.11.1 Trozadores (*Agrotis sp.*)

Es de color oscuro, pasa en el suelo, las larvas mastican el tallo y parten las plántulas, en ocasiones son devoradores del follaje, principalmente de las hojas bajas. Después de la siembra se presentan los perjuicios en las primeras semanas, la planta se marchita y muere repentinamente; se controla con una buena medida preventiva que es la preparación del suelo y la aplicación de riegos (Tamayo & Londoño, 2001).

3.11.2 Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

Es un insecto chupador de extensa distribución mundial, se considera la especie más dañina y difundida. Tiene la destreza de alcanzar resistencia a insecticidas utilizados para su control, principalmente los órgano-fosforados y los piretroides. Por su condición de ser muy polífaga, se hallan hospedando en numerosas malezas y plantas cultivadas. También se adapta a diversos ambientes climáticos desde el nivel del mar hasta altitudes de 1200 m s.n.m.

El mayor peligro de este insecto es la transmisión de ciertos virus del grupo geminivirus al cultivo de fréjol. En fréjol transmite el virus llamado “Mosaico Dorado” por los síntomas provocados en las hojas. La Mosca blanca permanece en el envés de la hoja durante todos sus estadios de desarrollo, protegiéndose de la luz solar y de otros factores adversos (Escoto, 2013).



3.11.3 Lorito verde (*Empoasca kraemeri*)

En América Latina es la principal plaga del fréjol, ya que se presenta prácticamente en todas las zonas productoras con clima cálido. Sus ataques se intensifican en las épocas secas.

Este insecto tiene una alta capacidad de reproducción y es de hábito migratorio, invade y coloniza velozmente los cultivos casi desde que inician la emergencia. En la etapa de plántula este ataque causa daños severos, que se traducen en una gran demora del crecimiento del cultivo; también durante la etapa de floración del cultivo es muy susceptible al ataque del insecto.

El daño es ocasionado tanto por las ninfas como por los adultos, parece ser de orden físico principalmente. La penetración del estilete en el tejido foliar causa la desorganización y granulación de los plastidios celulares y la obstrucción de los haces vasculares. Este daño causa síntomas semejantes, en algunos casos, a los ocasionados por la virosis, tales como la deformación del tejido foliar, pero se ha descartado que *Empoasca* sea transmisor de virus. Este insecto es una plaga endémica en las zonas productoras comprendidas entre temperaturas promedio de 22 a 32°C y a los 0 a 1500 m s.n.m. principalmente en zonas caracterizadas por un clima ardiente y seco (CIAT, 1989).

El umbral de acción, es decir, cuando el nivel de población justifique realizar un control, es por la presencia de uno o dos adultos por planta durante las primeras tres semanas del cultivo o la presencia de dos a tres ninfas por hoja trifoliada durante el crecimiento y desarrollo del cultivo (Peralta et al., 2013).



3.11.4 Barrenador de la vaina (*Epinotia aporema*)

Este insecto es conocido como perforador de la vaina y hace daño como larva. Afecta las yemas terminales e induce la emisión de nuevos brotes, puede causar de la misma manera daños y abortos en flores. deformando las yemas afectadas por el insecto y por la acción de organismos secundarios las vainas se pudren. El ataque de esta plaga se inicia en las etapas vegetativas del cultivo, y es más severa en etapas de prefloración y floración. Posteriormente las vainas recién formadas son atacadas actuando como perforador.

El umbral de acción es de 15-20% de brotes dañados o 10-15% de vainas perforadas. Si el daño es poco y está limitado a los brotes terminales, se puede realizar un control preventivo. Si se está en el umbral de acción, se debe recurrir al control químico (Arias, Rengifo, & Jaramillo, 2007).

3.12 Enfermedades

3.12.1 Roya (*Uromyces phaseoli*)

Las pérdidas están cerca del 25% en rendimiento. Se observan en las hojas puntos amarillentos, que después de cuatro días de su aparición, en el centro muestra un punto de color oscuro, al momento que éste abre libera un polvo rojizo o color ladrillo, parecido a herrumbre. Estos puntos se distribuyen y están presentes por toda la hoja en algunos casos presentan borde amarillo. Cuando la planta se aproxima a la madurez, los puntos rojizos se tornan negros. Ataques muy severos pueden producir amarillamiento y caída de hojas.

La roya es favorecida en ambientes con temperaturas entre (17 - 27°C), y con lluvias frecuentes, o noches frescas con períodos prolongados de rocío durante prefloración y



floración. Este hongo ataca desde la tercera semana después de la siembra hasta el llenado de vainas. (Ferrufino & Araya, 2008).

3.12.2 Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*)

En condiciones favorables puede ocasionar pérdidas totales. Se presentan síntomas en tallos, pecíolos, hojas, vainas y semillas. En plantas jóvenes, los tallos muestran manchas pequeñas (1 mm), alargadas, ligeramente hundidas, que crecen a lo largo y pueden quebrarlo. Debajo de las hojas, las principales venas se ven quemadas y presentan un color rojizo oscuro. El síntoma más claro es en las vainas, donde se observan manchas redondas, hundidas, con borde rojizo. En ataques tempranos la vaina se tuerce y no produce granos.

La condición adecuada para la enfermedad es en regiones, localizadas a más de 1000 m s.n.m. con temperaturas frescas (16-24°C) y con lluvias frecuentes. La planta es atacada desde germinación hasta llenado de vaina.

El uso de semilla certificada, producida en regiones secas o aisladas, es la práctica más importante, así como el tratamiento (Ferrufino & Araya, 2008).

3.12.3 Bacteriosis común (*Xantomonas campestris*pv. *Phaseoli*)

Es considerada una de las principales enfermedades del fréjol por su importancia económica. La enfermedad causa daños en zonas calientes (28°C) con alta humedad relativa. Los síntomas se presentan en las hojas, tallos, vainas y semillas. Inician con manchas húmedas o exudación en el envés de las hojas; luego las manchas crecen irregularmente de tamaño, uniéndose una con la otra. Las partes infestadas se observan flácidas, rodeadas de una zona estrecha de tejido amarillo limón, después se vuelven necróticas y de color marrón, llegando a cubrir unas áreas tan grandes para causar



defoliaciones. En las vainas las lesiones se muestran en forma de pequeñas manchas húmedas, que crecen progresivamente, de color oscuro o roja. Las semillas afectadas por la bacteria se pudren y se arrugan.

Es recomendable sembrar semillas libres del patógeno. Rotación de fréjol con cultivos que no sean hospederos de la bacteria como por ejemplo las gramíneas. Utilizar las variedades mejoradas, que tienen una reacción intermedia al ataque de la enfermedad. Las variedades criollas son susceptibles a la enfermedad (Escoto, 2013).

3.12.4 Virus del mosaico común del fréjol (VMCF)

Es el patógeno viral más importante de este cultivo, debido a que vía mecánica puede ser transmitido en un alto porcentaje, por la semilla y por varias especies de áfidos en el campo. Las condiciones ambientales favorables para la aparición del virus es de temperaturas medias entre 18 a 25°C y altas de 28°C. Los síntomas causados dependen de la variedad, de la cepa del virus y de las condiciones ambientales. En las variedades susceptibles, los síntomas se manifiestan con áreas verdes claras y oscuras delimitadas por la nervadura de las hojas las cuales se enrollan hacia el envés.

Las plantas afectadas por el virus de forma general no alcanzan su tamaño normal y el número de vainas por planta, bajando el rendimiento sustancialmente.

El método de control más recomendado es el genético, mediante la incorporación del gen dominante (I) en variedades de fréjol susceptibles al mosaico común (Escoto, 2013).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

El área de estudio se ubica en la región Sierra Sur, dentro de la zona de Planificación 6, en la comunidad Malapamba de la parroquia Abdón Calderón del Cantón Santa Isabel en la provincia del Azuay.

El lote de terreno donde se ubicaron las parcelas experimentales está a $3^{\circ}16'44.80''$ al sur y $79^{\circ}17'31.19''$ al oeste, a una altitud de 1.246 m s.n.m.

4.2 Mapa de la zona de estudio



Figura 1. Ubicación del lote de estudio en el cantón Santa Isabel.

Fuente: Torres, 2019



4.3 Distribución de los tratamientos

La distribución de los tratamientos en el campo se indica a continuación:

Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3	
N° Parcela	Tratamiento	N° Parcela	Tratamiento	N° Parcela	Tratamiento
101	Rayado	201	INIAP 480 Rocha	301	Centro Negro
102	INIAP 422 Blanco Belén	202	INIAP 424 Concepción	302	Rayado
103	INIAP 480 Rocha	203	INIAP 484 Centenario	303	INIAP 422 Blanco Belén
104	INIAP 430 Portilla	204	Centro Negro	304	INIAP 480 Rocha
105	INIAP 484 Centenario	205	Rayado	305	INIAP 425 Blanco Fanesquero
106	Centro Negro	206	INIAP 414 Yunguilla	306	INIAP 430 Portilla
107	INIAP 425 Blanco Fanesquero	207	Mantequilla guiador	307	INIAP 424 Concepción
108	Mantequilla guiador	208	INIAP 422 Blanco Belén	308	Mantequilla guiador
109	INIAP 414 Yunguilla	209	INIAP 430 Portilla	309	INIAP 414 Yunguilla
110	INIAP 424 Concepción	210	INIAP 425 BLANCO FANESQUERO	310	INIAP 484 CENTENARIO

Figura 2. Ubicación espacial de las parcelas experimentales en el lote de estudio.

Elaboración: Torres, 2019



4.4 Delineamiento experimental

En el desarrollo de la investigación se consideró los siguientes parámetros que definen el delineamiento experimental:

Tabla 5. Delineamiento experimental

Variables	Valores
Repeticiones	3
VARIABLES EN ESTUDIO	15
Número de unidades experimentales	30
Número de granos por golpe	3
Número de golpes por surco	17
Distancia entre plantas	0,30 m
Distancia entre surcos	0,60 m
Largo de surco	5,1 m
Distancia entre bloques	1 m -1 m
Área de parcela	2,40 m x 5,10 m= 12,24 m ²
Área de parcela neta	4,50 m x 1,20 m =8,1 m ²
Área de cada bloques	5,10 m x 24 m=178,5 ²
Área total del Proyecto	19,3 m x 35 m= 675,5 m ²

Elaborado: Torres, 2019

4.5 Materiales

4.5.1 Físicos

Herramientas y equipos

- Balanza
- Aspersor de mochila; manual.
- Baldes
- Cámara fotográfica
- Detector de Humedad marca moisture tester MT-16
- Sensor VP-4 Humidity/Temp/Barometer.
- Sensor QSO-S PAR Photon Flux



- Equipo de protección: Mascarilla, botas, guantes
- Estacas
- Cinta métrica
- Fundas de papel
- Fundas plásticas
- Herramientas de labranza
- Piola
- Saquillos
- Bandejas
- Computadora
- Calculadora
- Marcadores
- Lápiz
- Hojas de campo

4.5.2 Químicos

Pesticidas

- Chlorpyrifos + Cypermethrin
- Thiamethoxam + Lambda Cyalothrin
- Carbamatos
- Grow combi
- DAP (18-46-00)
- Polymhetylsiloxane – copolimero



4.5.3 Biológicos

Variedades

- INIAP 414 Yunguilla
- INIAP 422 Blanco Belén
- INIAP 424 Concepción
- INIAP 425 Blanco Fanesquero
- INIAP 430 Portilla
- INIAP 480 Rocha
- INIAP 484 Centenario
- Centro Negro
- Mantequilla guiador
- Rayado

4.6 Labores pre culturales

4.6.1 Muestreo para análisis de suelo

El muestreo se realizó con el método de zigzag, con el uso de una pala de desfonde y fundas plásticas. Se recolectaron 10 sub muestras en un área de 675,5 m². Las muestras se analizaron en los laboratorios de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario – AGROCALIDAD. El objetivo fue conocer el valor de los macro y micronutrientes presentes en el lote experimental.

4.6.2 Preparación del suelo

Con el uso de maquinaria agrícola (tractor) la labor correspondiente se realizó 12 días antes de la siembra. El suelo se preparó realizando un pase de arada de disco a 30 cm



de profundidad y surcado a una distancia de 60 cm entre surco, con el propósito de facilitar la circulación de agua, y el riego pre siembra.

4.6.3 Trazado de la parcela

Se realizó de acuerdo a las especificaciones del delineamiento experimental con el uso de flexómetro, estacas, piola y etiquetas. Se establecieron 30 unidades experimentales o parcelas.

4.6.4 Fertilización

Se realizó fertilización de fondo en base a los resultados del análisis del suelo (Anexo 1) y a los requerimientos del cultivo, se aplicó 50 g de superfosfato triple 0 - 46 - 0 por surco de 5,10 m.

Aplicación de abono foliar Growcombie antes de la floración a una dosis de 2,15 g por litro de agua.

4.6.5 Desinfección de las semillas

Para la desinfección se utilizó en el momento de la siembra Phytol 2,5 cm³ por litro de agua mas Perfekthion 1cm³ por litro de agua.

4.7 Labores culturales

4.7.1 Siembra

La siembra se realizó el sábado 25 de mayo de 2019.

Con la utilización de la herramienta denominada “tula”, las semillas se colocaron en doble hilera y se depositaron tres en cada orificio definido. Los orificios fueron de 5 cm aproximadamente y luego de la siembra se los tapó con baja cantidad de tierra superficial.



El distanciamiento entre surcos fue de 0,60 m y de 0,30 m entre plantas. Estas medidas definen 17 “golpes” por surco.

En total se utilizaron 204 semillas en cada parcela experimental y 6,120 semillas en el lote de estudio.

Alrededor del lote experimental, se sembraron bordes de protección con el uso de cuatro variedades: Blanco Imbabura, Copte Lojano, Negrura y Gema.

4.7.2 Control de malezas

El deshierbe fue de forma manual y se realizó una vez por semana durante todo el periodo del cultivo, siendo la primera a los 15 días después de la siembra (DDS). Así mismo se efectuó la limpieza total de caminos, como también de parcelas que presentaban reincidencia de malezas.

4.7.3 Controles fitosanitarios

Se realizó el control de *Empoasca kraemeri* y *Epinotia aporema* de acuerdo a los umbrales de acción determinados para cada especie (1 o 2 adultos / planta hasta los 18 – 20 días de edad y de 2 a 5 ninfas por hoja a partir de los 20 días en el primer caso y 15 - 20% de brotes dañados o 10 - 15% de vainas perforadas en el caso de la segunda especie)

Para *E. kraemeri* se aplicaron controles a los 25 días después de la siembra, debido a que aparecieron estados adultos y también ninfas. Para *E. aporema* se realizó el control a los 35 días luego de la siembra, cuando las plantas están en etapas V4 y R5.

Se utilizó el mismo control químico para las 2 plagas debido a que se encontraban en condiciones óptimas como es el clima cálido y seco de la zona de estudio, llegando a ser plagas de gran importancia económica y que disminuyen el rendimiento. Para estas



plagas se aplicó 2 insecticidas con diferentes compuestos químicos con la finalidad de evitar la resistencia de las plagas como son Bala 55 + kuik + fijador Arpón (Polymhetylsiloxane – copolimero) y se aplicó otro insecticida llamado Percal + fijador Arpón (Polymhetylsiloxane – copolimero)

Tabla 6. Nombres comerciales e ingredientes activos usados en controles fitosanitarios.

Nombres comerciales	Ingredientes activos	Dosis	Frecuencia de aplicación
BALA 55	Chlorpyrifos + Cypermethrin	1cm ³ /l	Cada 6 días
KIUK 90	Carbamatos	0,5gr/l	Cada 6 días
PERCAL	Thiamethoxam + Lambda Cyalothrin	0,4cm ³ /l	Cada 6 días

Elaboración: Torres, 2019

4.7.4 Riego

El riego se realizó por gravedad a través de surcos.

En el transcurso del experimento, incluyendo el período de pre-siembra y debido a que el cultivo se realizó en verano con la influencia de altas temperaturas y vientos moderados, se aplicaron 18 dosis de agua de riego. La frecuencia establecida fue cada cinco días, con un tiempo de duración de 2 ½ horas cada una.

4.7.5 Cosecha

Se efectuó en grano tierno cuando las vainas presentaban el máximo llenado de grano.

4.8 Evaluación de la adaptabilidad y rendimiento

Las variables se analizaron según el sistema estándar para la evaluación de germoplasma de fréjol, propuesto por el Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT (1987).



Para evaluar la adaptabilidad y el rendimiento, en total se analizaron 13 variables.

4.8.1 Porcentaje de viabilidad

Se realizó a nivel de laboratorio la prueba de la viabilidad de las semillas con sales de tetrazolio (TZ), mediante la metodología de Ruiz (2009), para ello se utilizó 50 semillas por variedad, previamente las semillas fueron hidratadas toda la noche (12 horas) para promover la actividad de las enzimas deshidrogenasas, ablandar los tejidos y para hacer más fácil los cortes, después se realizó la división de los cotiledones que permite el contacto del TZ con los tejidos del embrión, se sumergió las semillas en solución de TZ al 1 % en un período de tiempo de 2 horas a 30°C. Finalmente, durante este tiempo, los tejidos vivos se tiñeron, presentando coloración rojiza, mientras que los muertos no presentaron ninguna coloración. (Anexo 2)

4.8.2 Porcentaje de emergencia

Se tomó los datos a los 15 días después de la siembra de cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones estos resultados se expresaron en porcentajes.

4.8.3 Adaptación vegetativa (vigor)

La evaluación se realizó de forma visual cuando la planta alcanzó su máximo desarrollo; es decir, en la etapa R5, teniendo en cuenta el efecto que ejerce el hábito de crecimiento en el vigor de la planta.

Escala:

1. Excelente
3. Buena
5. Intermedia
7. Pobre



9. Muy pobre

4.8.4 Días a la floración

Es el número de días desde la siembra hasta el inicio de la etapa de desarrollo R6; es decir, el inicio de la floración. Se registraron datos cuando el 50% de las plantas presentó una o más flores.

4.8.5 Incidencia a enfermedades

Se evaluó únicamente Bacteriosis común (*Xanthomonas campestris pv.phaseoli*) en las etapas (R6 y R8). Los datos se contrastan según la escala del CIAT, de acuerdo a lo establecido en la siguiente tabla.

Tabla 7. Escala del CIAT para la evaluación de bacteriosis común

Escala	Descripción
1	Sin síntomas visibles de la enfermedad.
3	Aproximadamente 2% del área foliar está cubierta por unas pocas lesiones pequeñas. Generalmente las vainas están libres de lesiones.
5	Aproximadamente 5% del área foliar está cubierta por lesiones pequeñas que comienzan a juntarse, estas se hallan rodeadas a veces por halos amarillos que resultan en síntomas leves. Las lesiones en las vainas son generalmente pequeñas y no se juntan.
7	Aproximadamente 10% del área foliar está cubierta por lesiones medianas y grandes, generalmente acompañadas por halos amarillos y por necrosis. Las lesiones en las vainas son grandes, se juntan, y se presentan con frecuencia exudados bacterianos.
9	Aproximadamente 25% del área foliar está cubierta por lesiones medianas y grandes, generalmente necróticas, que se juntan unas con otras, lo que ocasiona la defoliación de la planta. Las lesiones en las vainas se juntan para cubrir áreas extensas y exhiben abundante exudación bacteriana, lo que en ocasiones causa vainas deformes y vacías.

Fuente: (CIAT, 1987).

Elaboración: Torres, 2019.



4.8.6 Altura de planta

En cada tratamiento con sus respectivas repeticiones se seleccionaron 10 plantas al azar, para ello, con la ayuda de una regla se midió desde la base del tallo hasta el último brote floral, la medición se realizó cuando la planta se encontró en estado de madurez fisiológica por lo general en la etapa R9.

4.8.7 Número de vainas por planta

De cada tratamiento con sus respectivas repeticiones se seleccionaron 10 plantas al azar y se procedió a contar el número de vainas que tienen dichas plantas.

4.8.8 Número de granos por vaina

Se seleccionaron 10 plantas al azar, de las cuales se escogieron el mismo número de vainas y se procedió a contar el número de granos por cada vaina. El procedimiento se realizó para cada tratamiento y repetición.

4.8.9 Longitud de la vaina

De cada repetición con sus respectivos tratamientos se eligieron al azar 10 vainas y se procedió a medir con una regla desde el ápice hasta el principio del pedúnculo.

4.8.10 Número de días a la cosecha en verde

Se registraron datos específicos como la fecha desde la siembra hasta la etapa R8 cuando el 50% de las vainas en la planta presentan vainas bien estructuradas, completamente llenas.

4.8.11 Adaptación reproductiva (carga)

Esta variable fue evaluada cuando la planta alcanza la etapa R9. De acuerdo con Matute (2013), el análisis considera el número de vainas por planta y una escala numérica de cinco rangos.

**Tabla 8.** Escala de la evaluación de carga.

Numero de vainas	Escala
1 – 5	9. Muy pobre
6 – 10	7. Pobre
11 – 15	5. Intermedio
16 – 20	3. Bueno
21– 25	1. Muy bueno

Fuente: (Matute, 2013).
Elaboración: Torres, 2019.

Escala del CIAT

1. Excelente
3. Buena
5. Intermedia
7. Pobre
9. Muy pobre

4.8.12 Peso de cien granos en verde

Después de la cosecha de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones se procedió a pesar 100 granos verdes con la ayuda de una balanza.

4.8.13 Rendimiento de la parcela neta kg/ha en vaina verde

Se registró el número de plantas de la parcela neta, se multiplicó por el número de vainas por planta, para obtener como resultado el número de vainas por parcela neta. De forma secuencial se realizó una multiplicación por el número de granos por vaina, para obtener el número total de granos por parcela neta. Estos datos se analizaron en relación al peso de 100 granos verdes, con el objetivo de calcular el peso de los granos



por parcela neta. Los valores se transformaron a la escala kg/ha, alcanzando como resultado el rendimiento en kilogramos por hectárea.

4.9 Oxidación del grano tierno y vaina verde

En el proceso de la evaluación de oxidación de granos tiernos y vainas verdes se registraron datos de humedad relativa, temperatura, presión barométrica y radiación fotosintética activa a través de la utilización de cuatro sensores; dos ubicados en espacios con sombra (VP-4 Humidity/Temp/Barometer y QSO-S PAR Photon Flux) y dos que recibieron la influencia directa de luz solar (VP-4 Humidity/Temp/Barometer y QSO-S PAR Photon Flux).

Para la evaluación se estableció una escala numérica y descriptiva, con la finalidad de comparar observaciones y cuantificar el tiempo en el que granos y vainas presentaban oxidación en un 50% del total de las muestras.

Tabla 9. Escala para evaluar la oxidación de granos y vainas.

Valor numérico referencial	Descripción cualitativa
1	Granos y vainas resisten a la oxidación.
3	Granos y vainas presentan leve oxidación.
5	Granos y vainas presentan mediana oxidación.
7	Granos y vainas presentan abundante oxidación.
9	Granos y vainas se oxidan.

Fuente: Torres & Minchala, 2019

Elaboración: Torres, 2019



4.9.1 Oxidación grano tierno

La evaluación del tiempo de oxidación en grano tierno se determinó seleccionando 100 granos tiernos de cada tratamiento de las tres repeticiones, mismos que fueron colocados a dos ambientes; a la sombra y a la luz, se colocaron en dos envases que fueron fundas plásticas y bandejas, para ello se verificó el tiempo en el cual los granos obtenían una apariencia de oxidado hasta el 50%, para ello se usó una escala.

4.9.2 Oxidación vaina verde

La evaluación de la oxidación en vaina verde se determinó seleccionando 70 vainas de cada tratamiento con sus tres repeticiones, las cuales se colocaron en fundas plásticas y se evaluó en dos ambientes que fueron a la sombra y a la luz, se verificó el tiempo en el cual los granos/vainas obtuvieron la apariencia de oxidación, esto se realizó seleccionando 5 vainas cada cierto tiempo hasta que el 50% de las vainas o granos presentaron oxidación.

4.10 Análisis estadístico

4.10.1 Diseño experimental para evaluar rendimiento y adaptabilidad

Para la evaluación del rendimiento y adaptabilidad de las variedades de fréjol arbustivo se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA). El análisis se realizó por medio de un análisis de varianzas (ADEVA), previo al análisis de normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilk. El análisis funcional se efectuó con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) y LSD Fisher ($\alpha = 0.05$). Cuando los datos no cumplieron con los supuestos, se utilizaron los modelos lineales mixtos que son usados para estimar los componentes de varianza, por medio del estimador de máxima verosimilitud restringida (REML) los cuales utilizan medidas de ajuste que son útiles para comparar distintos modelos ajustados a un



conjunto de datos. AIC hace referencia al criterio de Akaike que proporciona un medio para la selección del modelo, y logLik logaritmo de la verosimilitud, para determinar los valores óptimos de los coeficientes estimados.

Tabla 10. Esquema de análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	9
Repeticiones	3
Error experimental	27
Total de observaciones	39

Fuente: Torres & Minchala, 2019
Elaboración: Torres, 2019

4.10.2 Diseño experimental para evaluar la oxidación en granos tiernos

Para la evaluación de la oxidación en grano tierno se aplicó un diseño de bloques al azar en arreglo trifactorial de 30 parcelas experimentales, con dos niveles de ambiente (luz y sombra) y con dos tipos de envase (fundas plásticas y bandejas) (Trifactorial: 3x2x2) que implicaron 120 tratamientos. El análisis funcional se efectuó con la prueba DCG ($\alpha = 0.05$).

**Tabla 11.** Distribución de tratamientos utilizados en grano tierno.

Variedades	Factor A	Factor B	Tratamientos
1	Luz	Fundas plásticas	1
		Bandejas	2
	Sombra	Fundas plásticas	3
		Bandejas	4
2	Luz	Fundas plásticas	5
		Bandejas	6
	Sombra	Fundas plásticas	7
		Bandejas	8
3	Luz	Fundas plásticas	9
		Bandejas	10
	Sombra	Fundas plásticas	11
		Bandejas	12
4	Luz	Fundas plásticas	13
		Bandejas	14
	Sombra	Fundas plásticas	15
		Bandejas	16
5	Luz	Fundas plásticas	17
		Bandejas	18
	Sombra	Fundas plásticas	19
		Bandejas	20
6	Luz	Fundas plásticas	21
		Bandejas	22
	Sombra	Fundas plásticas	23
		Bandejas	24
7	Luz	Fundas plásticas	25
		Bandejas	26
	Sombra	Fundas plásticas	27
		Bandejas	28
8	Luz	Fundas plásticas	29
		Bandejas	30
	Sombra	Fundas plásticas	31
		Bandejas	32
9	Luz	Fundas plásticas	33
		Bandejas	34
	Sombra	Fundas plásticas	35
		Bandejas	36
10	Luz	Fundas plásticas	37
		Bandejas	38
	Sombra	Fundas plásticas	39
		Bandejas	40

Elaboración: Torres, 2019



4.10.3 Diseño experimental para evaluar la oxidación en vainas verdes

Para la evaluación de la oxidación en vaina verde, se realizó un diseño de bloques al azar en arreglo bifactorial de 30 parcelas experimentales y con dos ambientes (Luz y sombra) (Bifactorial: 30 x 2) que implicó 60 tratamientos. El análisis funcional se efectuó con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

Tabla 12. Distribución de tratamientos a utilizar en vaina verde

Variedades	Factor A	Tratamientos
1	Luz	1
	Sombra	2
2	Luz	3
	Sombra	4
3	Luz	5
	Sombra	6
4	Luz	7
	Sombra	8
5	Luz	9
	Sombra	10
6	Luz	11
	Sombra	12
7	Luz	13
	Sombra	14
8	Luz	15
	Sombra	16
9	Luz	17
	Sombra	18
10	Luz	19
	Sombra	20

Elaboración: Torres, 2019



5. RESULTADOS

A continuación, los resultados se muestran en agrupación de variables analizadas de acuerdo a cada objetivo específico.

5.1 Resultados del primer objetivo específico

Para la evaluación de la adaptación y rendimiento de 7 variedades mejoradas y 3 variedades nativas de fréjol arbustivo en vaina verde los resultados fueron los siguientes:

5.1.1 Porcentaje de viabilidad

Realizada la prueba de tetrazolio para la verificación de la viabilidad de la semilla para la variable “Porcentaje de viabilidad”, el gráfico indica que existió diferencia numérica entre los porcentajes de las variedades, en donde el cultivar INIAP Rocha presentó el mayor porcentaje de viabilidad con el 100% y los cultivares INIAP Portilla y INIAP Yunguilla con el 60% presentaron el menor porcentaje de viabilidad (Figura 3).

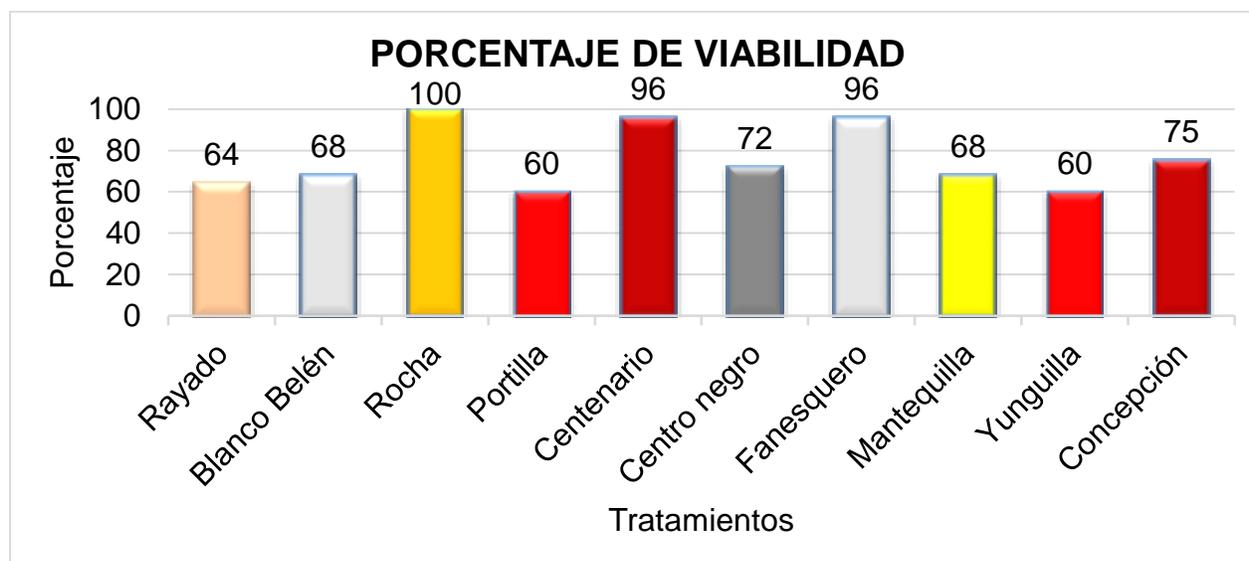


Figura 3. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable viabilidad de la semilla expresada en porcentajes.



5.1.2 Porcentaje de emergencia

La variable “Porcentaje de emergencia” presentó normalidad ($P=0,1749$, $P>0,05$). El ADEVA (Tabla 14) no mostró diferencias significativas entre “Repeticiones” (F. Valor = 0,60), ($P>0,05$) y de la misma forma no mostró diferencias significativas entre “Tratamientos”, (F. Valor = 1,57), ($P>0,05$). El coeficiente de variación con 103,52% demostró la confiabilidad del experimento (Tabla 13).

Tabla 13. Análisis de la varianza para porcentaje de emergencia.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Emergencia	30	0,46	0,13	13,52

Tabla 14. ADEVA porcentaje de emergencia.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2031,27	11	184,66	1,40	0,2562
Rep	160,07	2	80,03	0,60	0,5570 NS
Tratamientos	1871,20	9	207,91	1,57	0,1981 NS
Error	2382,60	18	132,37		
Total	4413,87	29			

Corroborando con el análisis estadístico (ADEVA) siendo no significativo entre tratamientos se muestra las medias de cada variedad en lo que se determina que el cultivar con mayor número de emergencia fue INIAP Blanco Fanesquero con 96% y el cultivar INIAP Portilla con 64% fue menor en cuanto al porcentaje de plantas emergidas (Figura 4).

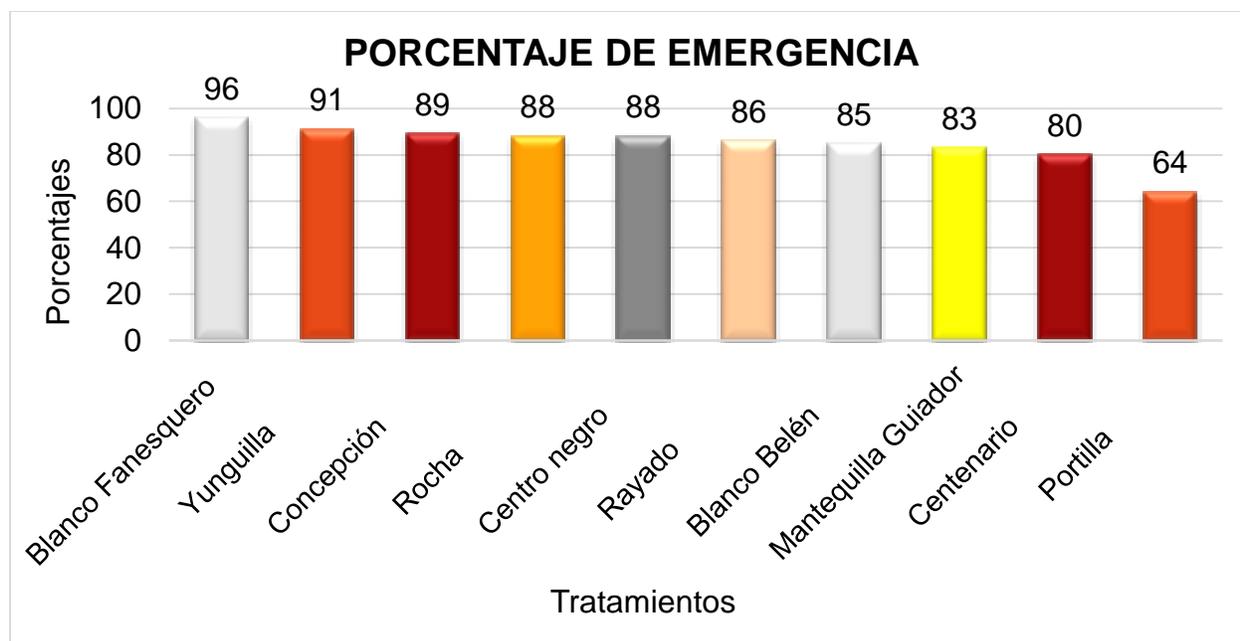


Figura 4. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable emergencia expresada en porcentajes.

5.1.3 Adaptación vegetativa (vigor)

La evaluación de esta variable se realizó de forma visual, cuando las plantas alcanzaron su mayor desarrollo en la etapa R5, es decir la etapa de prefloración (Tabla 15).



Tabla 15. Calificación para la adaptación vegetativa según el sistema estándar para la evaluación de germoplasma (CIAT 1987).

Tratamientos	Cuantificación de las observaciones			Promedio	Interpretación
	Repetición	Repetición	Repetición		
	I	II	III		
INIAP 414 Yunguilla	1	5	3	3	Buena
INIAP 422 Blanco Belén	3	1	3	2	Excelente
INIAP 424 Concepción	3	3	3	3	Buena
INIAP 425 Blanco Fanesquero	1	1	1	1	Excelente
INIAP 430 Portilla	3	3	3	3	Buena
INIAP 480 Rocha	5	3	3	4	Buena
INIAP 484 Centenario	3	5	3	4	Buena
Rayado	3	3	1	2	Excelente
Centro Negro	3	5	1	3	Buena
Mantequilla guiador	3	3	3	3	Buena

Fuente: CIAT, 1987

Elaboración: Torres, 2019

Escala:

1. Excelente

3. Buena

5. Intermedia

7. Pobre

9. Muy pobre

Escala (CIAT, 1987)

Según datos registrados en la zona de estudio sobre la variable "Adaptación Vegetativa", El cultivar que mejor se adaptó fue INIAP Blanco Fanesquero ya que se presentó en la escala 1 con excelente adaptación y los cultivares presentados en la escala 4 fueron INIAP Rocha e INIAP Centenario con una adaptación buena (Figura 5).

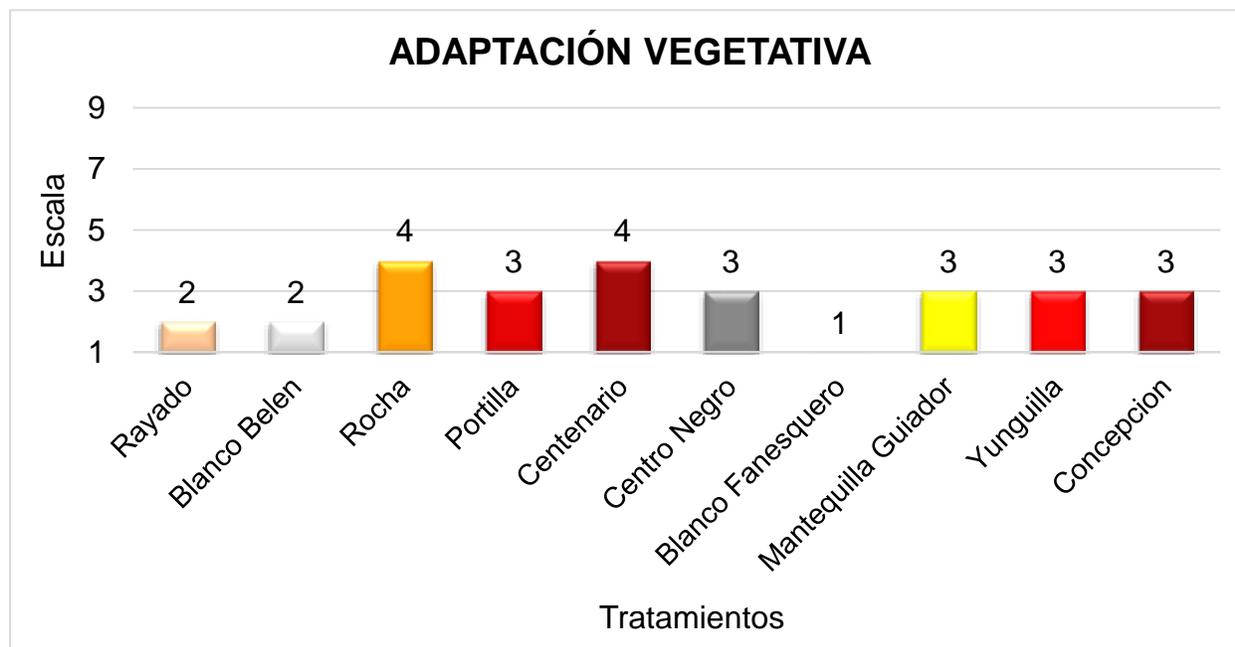


Figura 5. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable adaptación vegetativa expresada en valores de la escala del CIAT.

5.1.4 Días a la floración

La variable “Días a la floración” presentó normalidad ($P=0,97$, $P>0,05$). El ADEVA (Tabla 17) no mostró diferencias significativas entre “Repeticiones” (F . Valor = $0,06$, $P>0,05$). Mientras que entre “Tratamientos” si mostró diferencias significativas debido a que (F . Valor = $2,53$, $P<0,05$). El coeficiente de variación $6,80\%$ demostró la confiabilidad del experimento (Tabla 16).

**Tabla 16.** Análisis de la varianza para días a la floración.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Días a la floración	30	0,56	0,29	6,80

Tabla 17. ADEVA para el número de días a la floración.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	156,33	11	14,21	2,08	0,0813
Tratamientos	155,47	9	17,27	2,53	0,0451
Rep	0,87	2	0,43	0,06	0,9388 NS
Error	123,13	18	6,84		
Total	279,47	29			

Comparación de medias de tratamientos

Se usó la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0,05$). Se observó 7 rangos. La variedad Mantequilla guiador con el rango A fue el cultivar más tardía a la floración (MED = 42,33, D.E. =4,73) y el cultivar INIAP Blanco Fanesquero con el rango D fue el más precoz en cuanto días a la floración con (MED = 35,33, D.E. =1,15) (Tabla 18).



Tabla 18. LSD Fisher ($\alpha = 0,05$) con medias ajustadas y desviación estándar para la variable número de días a la floración.

Tratamientos	Medias	D.E.	Rango
Mantequilla guiador	42,33	4,73	A
Portilla	41,67	2,52	A B
Yunguilla	40,67	4,62	A B C
Rayado	39,33	0,58	A B C D
Centenario	37,67	0,58	B C D
Blanco Belén	37,67	2,08	B C D
Centro Negro	37,00	1,73	C D
Concepción	36,67	1,15	C D
Rocha	36,33	1,15	C D
Blanco Fanesquero	35,33	1,15	D

Coincidiendo con el análisis estadístico (ADEVA) siendo significativo entre tratamientos se mostró las medias de cada variedad para observar que el cultivar INIAP Portilla y el cultivar local Mantequilla guiador con 42 fueron los más tardíos y el cultivar INIAP Blanco Fanesquero con 35 días fue el más precoz (Figura 6).

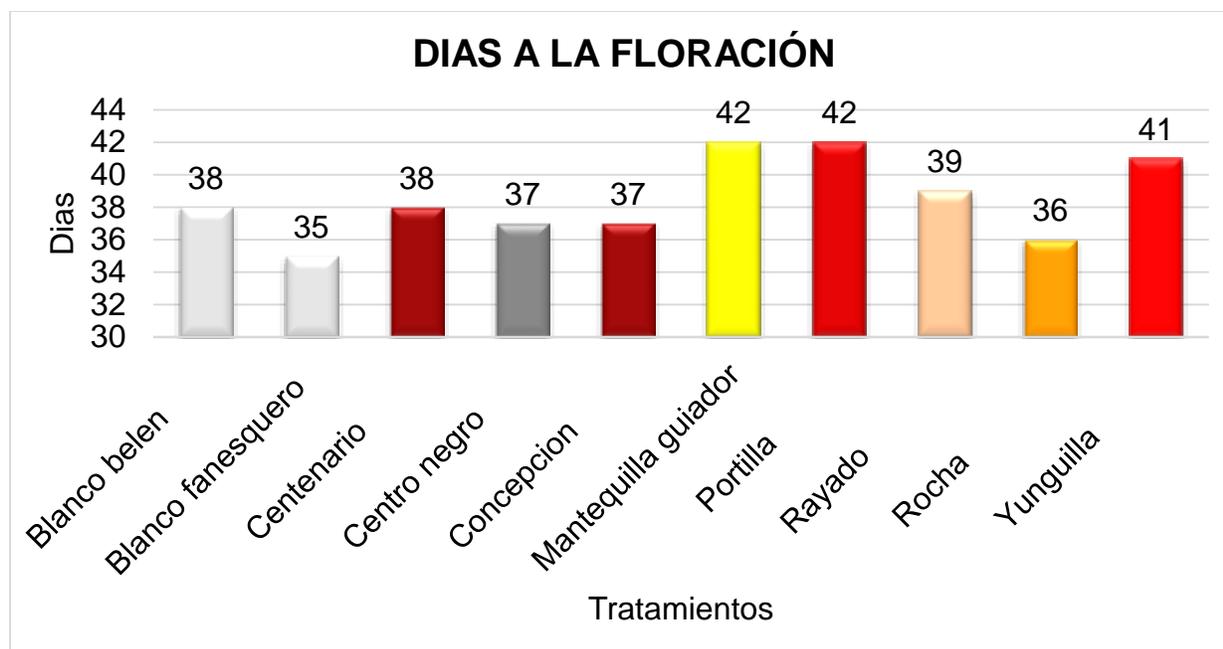


Figura 6. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable días a la floración.

5.1.5 Incidencia a enfermedades

Se evaluó únicamente bacteriosis común (*Xanthomonas Campestris pv Phaseoli*) debido a que esta enfermedad no influye directamente en el rendimiento, esta evaluación se realizó mediante el sistema estándar para la evaluación de germoplasma (CIAT, 1987) (Tabla 19).

**Tabla 19.** Calificación de la bacteriosis común.

Tratamientos	RI Escala	RII Escala	RIII Escala	X Media
Rayado	3	3	3	3
Blanco Belén	3	2	3	3
Rocha	5	3	5	5
Portilla	3	2	3	3
Centenario	3	3	3	3
Centro Negro	4	5	3	4
Blanco Fanesquero	2	3	5	3
Mantequilla Guiador	3	3	2	3
Yunguilla	2	4	3	3
Concepción	2	5	3	3

La forma gráfica de las medias de la evaluación de la variable “Bacteriosis común”, mostró que las variedades INIAP Blanco Belén, Portilla, Centenario, Blanco Fanesquero, Yunguilla, Concepción y las variedades locales Mantequilla guiador y Rayado se encontraron en la escala 3 que indica que fueron resistentes a esta enfermedad y la variedad INIAP Rocha se encontró en la escala 5 que indicó resistencia intermedia a esta enfermedad (Figura 7).

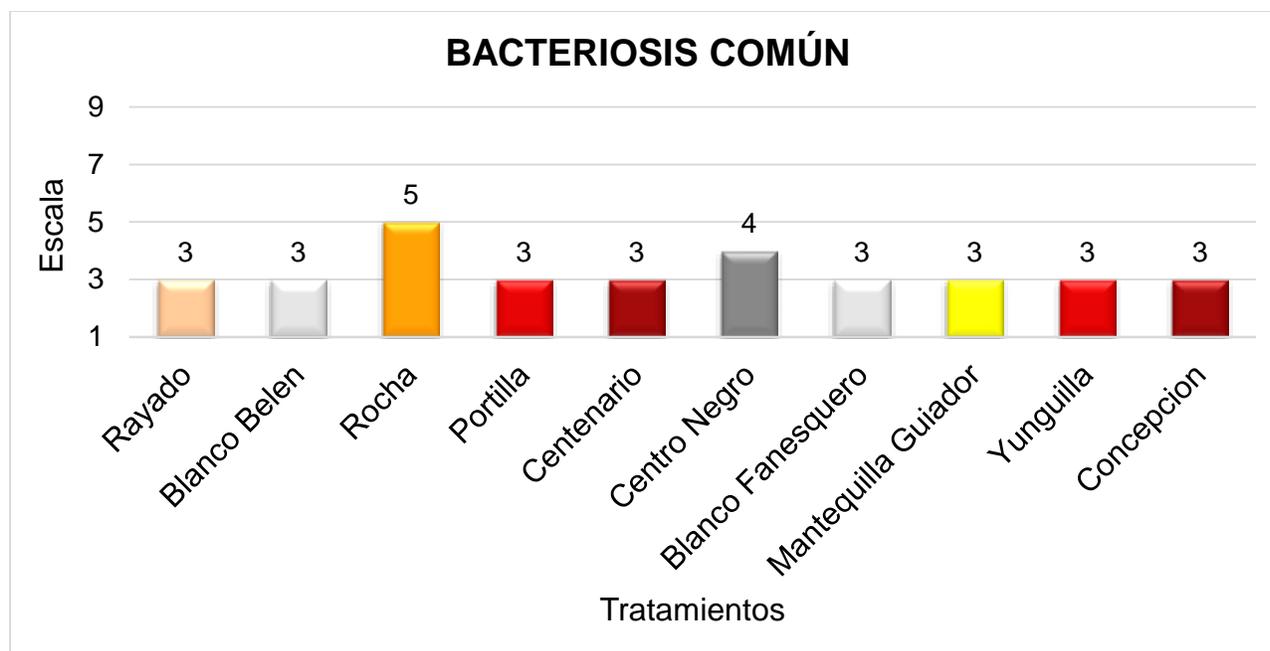


Figura 7. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable incidencia de enfermedades.

5.1.6 Altura de planta

Al realizar la prueba del cociente de verosimilitud, se evidenció que el modelo con varianzas heterogéneas para las distintas variedades, presentó un mejor ajuste que el de varianzas homogéneas ($P < 0,0001$), ratificado por los valores más bajos AIC (Criterio de Akaike) y loglik (Logaritmo de verosimilitud) (Tabla 20).

Tabla 20. Comparación de modelos basados en los valores de AIC y logLik

	Modelo	gl	AIC	logLik	Prueba	L.Ratio	p-valor
Imm.model.000_altura_plant..	1	12	2368,21	-1172,10			
Imm.model.001_altura_plant..	2	21	2208,44	-1083,22	1 vs 2	177,76	<0,0001



Comparación de medias de tratamientos

Se usó la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0,05$). Se observó 6 rangos, las variedades testigos Rayado (MED = 117,1, DE = 23,75) y Mantequilla guiador (MED = 112,87, DE = 25,7) presentaron mayor altura en el rango A. La variedad INIAP Concepción (MED = 31,93, DE = 5,36) presentó menor altura debido a que se encuentran en el rango D. (Tabla 21).

Tabla 21. Prueba de LSD Fisher ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y desviación estándar para la variable altura de planta.

Tratamientos	Medias	D.E.	Rangos
Rayado	117,10	23,75	A
Mantequilla Guiador	112,87	25,70	A
Portilla	44,33	7,61	B
Yunguilla	41,73	7,92	BC
Blanco Fanesquero	41,67	5,97	BC
Blanco Belén	40,50	6,55	BC
Centenario	39,43	9,82	BC
Centro Negro	37,17	9,94	BCD
Rocha	36,37	9,23	CD
Concepción	31,93	5,36	D

Con la representación de las medias de los tratamientos de la variable “altura de planta” se observó diferencia numérica lo que se corrobora con los análisis estadísticos, mostrándonos que el cultivar testigo Rayado con 117,1 cm fue el más alto y el cultivar INIAP Concepción con 31,9 cm fue el más bajo (Figura 8).

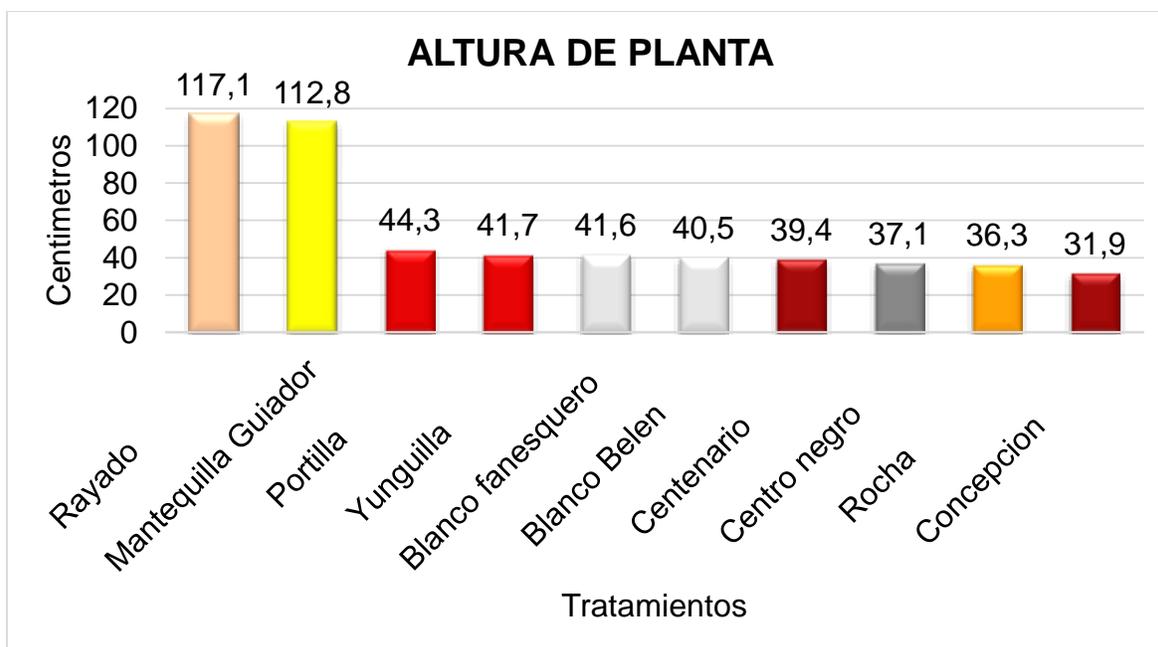


Figura 8. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable altura de planta.

5.1.7 Vaina por planta

Al realizar la prueba del cociente de verosimilitud, se evidenció que el modelo con varianzas heterogéneas para las distintas variedades, presentó un mejor ajuste que el de varianzas homogéneas, ($P < 0,0001$), ratificado por los valores más bajos de AIC (Criterio de Akaike) y loglik (Logaritmo de verosimilitud) (Tabla 22).

Tabla 22. Comparación de modelos basados en los valores de AIC y logLik

	Modelo	GI	AIC	logLik	Prueba	L.Ratio	p-valor
Imm.model.000_vaina_planta.	1	12	1717,63	-846,81			
Imm.model.001_vaina_planta.	2	21	1699,28	-828,64	1 vs 2	36,35	<0,0001



Comparación de medias de tratamientos

Se usó la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0,05$). Se observó 3 rangos. La variedad INIAP Portilla (MED = 16,63, DE =5,29) presentó mayor número de vainas por planta debido a que se encontró en el rango A y la variedad INIAP Centenario (MED =8,90, DE =2,89) presentó el menor número de vainas por planta debido a que se encontró en el rango C (Tabla 23).

Tabla 23. Prueba de LSD Fisher ($\alpha = 0,05$) para medias ajustadas y desviación estándar para la variable vaina por planta.

Tratamientos	Medias	D.E.	Rango
Portilla	16,63	5,29	A
Rayado	13,97	5,64	B
Mantequilla Guiador	13,87	5,27	B
Rocha	12,53	4,39	B
Concepción	12,37	3,88	B
Yunguilla	11,87	3,49	B
Blanco Fanesquero	10,20	2,46	C
Centro Negro	10,13	4,17	C
Blanco Belén	9,87	3,62	C
Centenario	8,90	2,89	C

Con la representación gráfica de las medias de los tratamientos de la variable “número de vainas por planta”, se observó diferencia numérica lo que coincide con los análisis estadísticos, mostrándonos que el cultivar INIAP Portilla con 17 vainas por planta fue el más alto y el cultivar INIAP Centenario con 9 vainas por planta fue el más bajo (Figura 9).

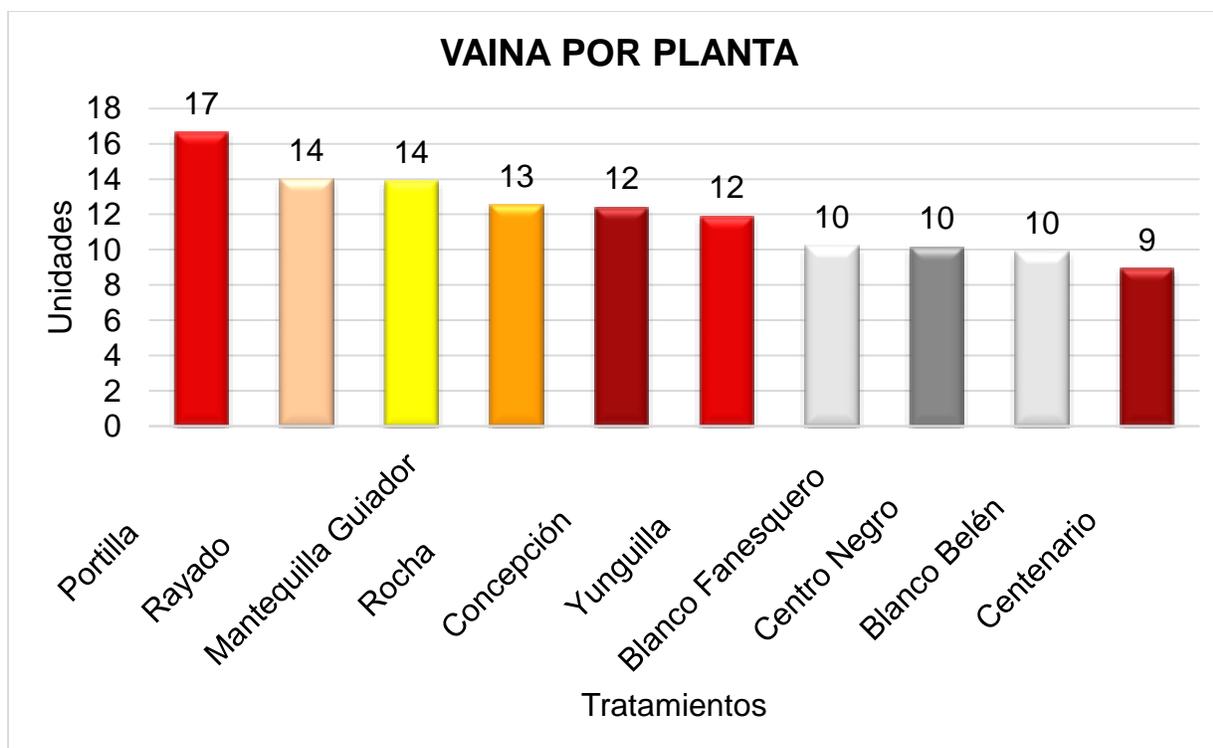


Figura 9. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable vaina por planta.

5.1.8 Granos por vaina

Al realizar la prueba del cociente de verosimilitud, se evidenció que el modelo con varianzas heterogéneas para las distintas variedades, presentó un mejor ajuste que el de varianzas homogéneas, ($P < 0,0001$), confirmado por los valores más bajos de AIC (Criterio de Akaike) y loglik (Logaritmo de verosimilitud) (Tabla 24).

Tabla 24. Comparación de modelos basados en los valores de AIC y logLik

	Modelo	GI	AIC	logLik	Prueba	L.Ratio	p-valor
Imm.model.002_granos_vaina..	1	12	768,85	-372,42			
Imm.model.003_granos_vaina..	2	21	757,57	-357,78	1 vs 2	29,28	0,0006



Comparación de medias de tratamientos

Se usó la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0,05$). Se observó 3 rangos. Los cultivares INIAP Centenario (MED = 5,17, DE = 0,79), Portilla (MED =4,97, DE =0,96) y el cultivar testigo Rayado (MED =4,90, DE = 0,84) presentaron un mayor número de granos por vaina debido a que se encontraron en el rango A. Las variedades INIAP Blanco Fanesquero (MED = 4,23, DE = 0,57) e INIAP Blanco Belén (MED = 4,20, DE = 0,61) presentaron un menor número de granos por vaina ya que se encontraron en el rango B (Tabla 25).

Tabla 25. Prueba de LSD Fisher ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y desviación estándar para la variable granos por vainas.

Tratamientos	Media	D.E.	Rango
Centenario	5,17	0,79	A
Portilla	4,97	0,96	A
Rayado	4,90	0,84	A
Mantequilla Guiador	4,87	1,11	AB
Rocha	4,83	1,09	AB
Centro negro	4,77	0,86	AB
Concepción	4,73	0,65	AB
Yunguilla	4,63	0,61	AB
Blanco Fanesquero	4,23	0,57	B
Blanco Belén	4,20	0,61	B

Con la representación gráfica de las medias de los tratamientos de la variable “número de granos por vainas” se observó diferencia numérica lo que concuerda con los análisis estadísticos, mostrándonos que 8 variedades presentaron 5 granos por vaina y sólo 2 presentaron 4 granos por vaina (Figura 10).



Figura 10. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable número de granos por vaina.

5.1.9 Longitud de vaina

Al realizar la prueba del cociente de verosimilitud, se evidenció que el modelo con varianzas heterogéneas para las distintas variedades, no presentó un mejor ajuste que el de varianzas homogéneas, ($P = 0,8092$), corroborado por el valor más altos de AIC (Criterio de Akaike), que el modelo sin varianzas heterogéneas para variedades (Tabla 26).

Tabla 26. Comparación de modelos basados en los valores de AIC y logLik

	Modelo	gl	AIC	logLik	Prueba	L.Ratio	p-valor
Imm.model.009_long_vaina_R.	1	12	1082,91	-529,45			
Imm.model.010_long_vaina_R.	2	21	1095,63	-526,81	1 vs 2	5,28	0,8092



Comparación de medias de tratamientos

Se usó la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0,05$). Se observó 3 rangos. La variedad INIAP Centenario con (MED = 16,28, D.E. = 1,27) presentó una mayor longitud de vaina por planta debido a que se encontraron en el rango A. Las variedades locales Centro Negro (MED = 12,04, D.E. = 1,30), Mantequilla guiador (MED = 11,50, D.E. = 1,62) e INIAP Rocha (MED = 10,94, D.E. = 1,64) presentaron un menor número de granos por vaina encontrándose en el rango C (Tabla 27).

Tabla 27. Prueba de LSD Fisher ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y desviación estándar para la variable longitud de vaina.

Tratamientos	Media	D.E.	Rango
Centenario	16,28	1,27	A
Yunguilla	14,38	1,40	B
Portilla	14,31	1,47	B
Concepción	13,98	1,35	B
Blanco Belén	13,91	1,14	B
Blanco Fanesquero	13,73	1,48	B
Rayado	13,48	1,46	B
Centro Negro	12,04	1,30	C
Mantequilla Guiador	11,50	1,62	C
Rocha	10,94	1,64	C

Con la representación gráfica de las medias de los tratamientos de la variable “Longitud de vainas” se observó diferencia numérica lo que se corrobora con los análisis estadísticos. Mostrándonos que la variedad INIAP Centenario fue la que tuvo mayor longitud de vaina con 16 cm y la variedad INIAP Rocha con 11 cm fue la que tuvo menor longitud de vaina (Figura 11).

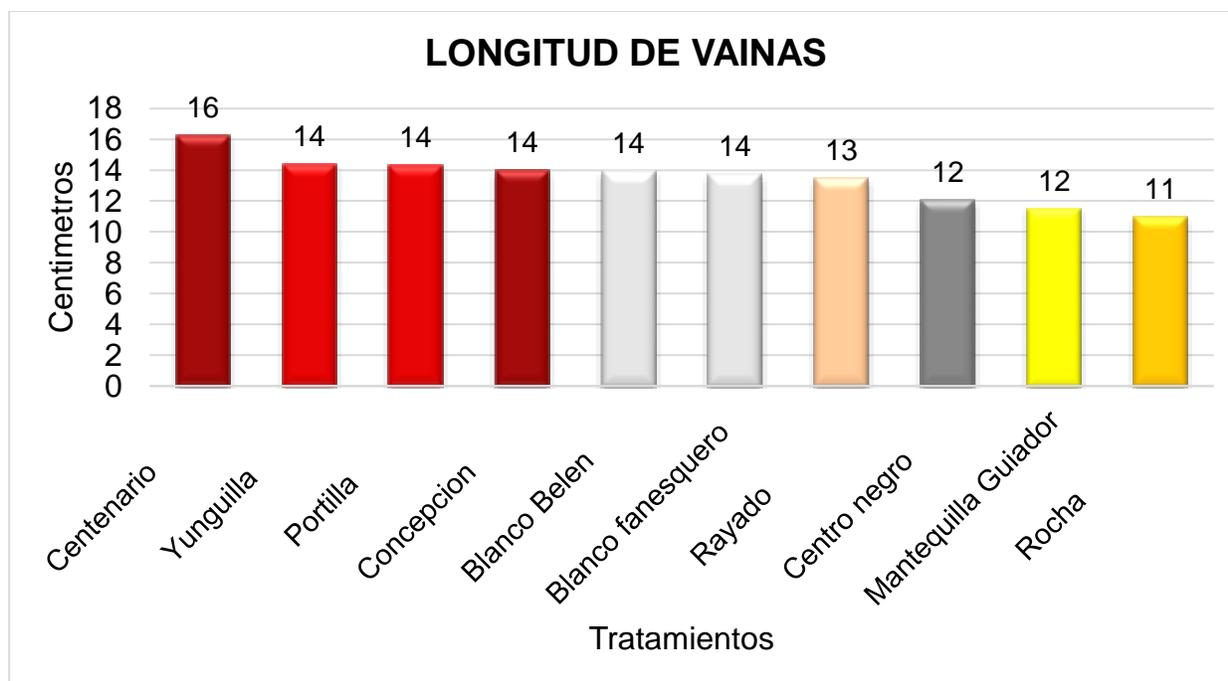


Figura 11. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable número de longitud de vainas.

5.1.10 Número de días a la cosecha en verde

La variable “Días a la cosecha en verde” presentó normalidad ($P=0,4476$; $P>0,05$). El ADEVA (Tabla 29) no mostró diferencias significativas entre “Repeticiones” (F. Valor = 0,13), ($P>0,05$). Entre “Tratamientos” si se presentaron diferencias significativas debido a que el (F. Valor = 6,16), ($P<0,05$). El coeficiente de variación 3,88% demostró la confiabilidad del experimento (Tabla 28).

Tabla 28. Análisis de la varianza para número de días a la cosecha en verde.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de días a la cosecha	30	0,76	0,61	3,88



Tabla 29. ADEVA para número de días a la cosecha en verde.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	539,27	11	49,02	5,07	0,0012
Tratamientos	536,80	9	59,64	6,16	0,0005
Rep	2,47	2	1,23	0,13	0,8811NS
Error	174,20	18	9,68		
Total	713,47	29			

Comparación de medias de tratamientos

Se usó la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0,05$). Se observó 7 rangos. La variedad Mantequilla guiador que se encontró en el rango A fue el cultivar más tardío a los días a la cosecha en verde (MED = 87,67, D.E. = 3,06) y el cultivar INIAP Blanco Belén con el rango E fue el más precoz en cuanto días a la cosecha en verde con (MED = 74,00, D.E.=1,00) (Tabla 30)

Tabla 30. LSD Fisher ($\alpha = 0,05$) con medias ajustadas y desviación estándar para la variable número de días a la cosecha en verde.



Tratamientos	Medias	D.E.	Rango
Mantequilla guiador	87,67	3,06	A
Portilla	85,67	1,53	A B
Concepción	83,67	4,04	A B C
Yunguilla	81,33	4,16	B C D
Rayado	79,33	4,04	C D E
Blanco Fanesquero	79,33	0,58	C D E
Centenario	78,00	2,65	D E
Rocha	77,33	2,52	D E
Centro Negro	75,00	3,46	E
Blanco Belén	74,00	1,00	E

Con la representación gráfica de las medias de los tratamientos de la variable “Número de días a la cosecha en verde” se observó diferencia numérica lo que se ratifica con los análisis estadísticos. Mostrándonos que la variedad Mantequilla guiador con 88 días fue el más tardío y la variedad INIAP Blanco Belén con 74 días fue el más precoz (Figura 12).

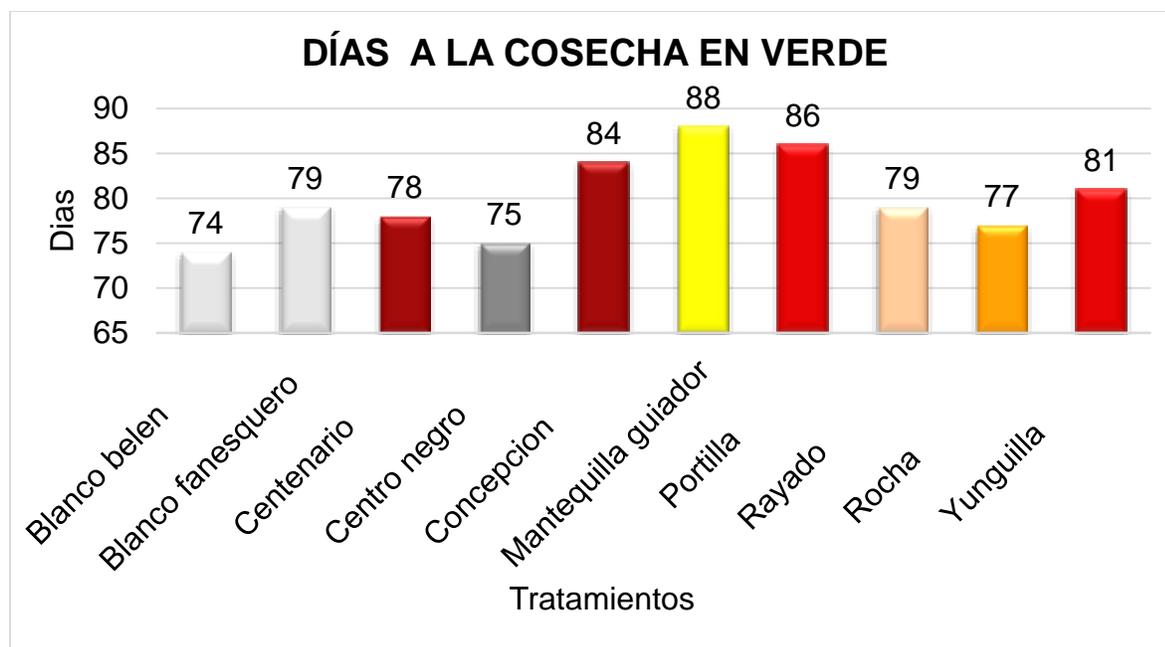


Figura 12. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable días a la cosecha en verde.

5.1.11 Adaptación reproductiva (carga)

Se evaluó cuando la planta se encontró en la etapa R9. Las características que se consideraron fueron: número de vainas por planta y una evaluación visual (Tabla 31).

Tabla 31. Valores a tomar en cuenta para evaluar la carga.

Numero de Vainas	Escala
1-5	9.Muy pobre
6-10	7.Pobre
11-15	5.Intermedio
16-20	3.Bueno
21-25	1.Muy bueno

Fuente: (Matute, 2013)



Tabla 32. Calificación para la adaptación reproductiva según el sistema estándar para la evaluación de germoplasma (CIAT 1987).

Tratamientos	RI Escala	RII Escala	RII Escala	X Media	Interpretación
Rayado	7	3	5	5	Intermedia
Blanco Belén	7	7	5	6	Intermedia
Rocha	5	5	5	5	Intermedia
Portilla	5	5	5	5	Intermedia
Centenario	5	7	7	6	Intermedia
Centro Negro	5	5	7	5	Intermedia
Blanco Fanesquero	5	7	5	5	Intermedia
Mantequilla guiador	5	5	3	4	Buena
Yunguilla	5	5	5	5	Intermedia
Concepción	3	5	5	4	Buena

Escala del CIAT

1. Excelente
3. Buena
5. Intermedia
7. Pobre
9. Muy pobre

Con la representación gráfica de las medias de los tratamientos de la variable "Adaptación reproductiva", el cultivar que tuvo mejor adaptación fue INIAP Concepción y el material local Mantequilla guiador ya que se encontró en la escala 4 con buena carga y los cultivares que estuvieron en la escala 6 fueron INIAP Centenario y Blanco Belén con adaptación intermedia (Figura 13).

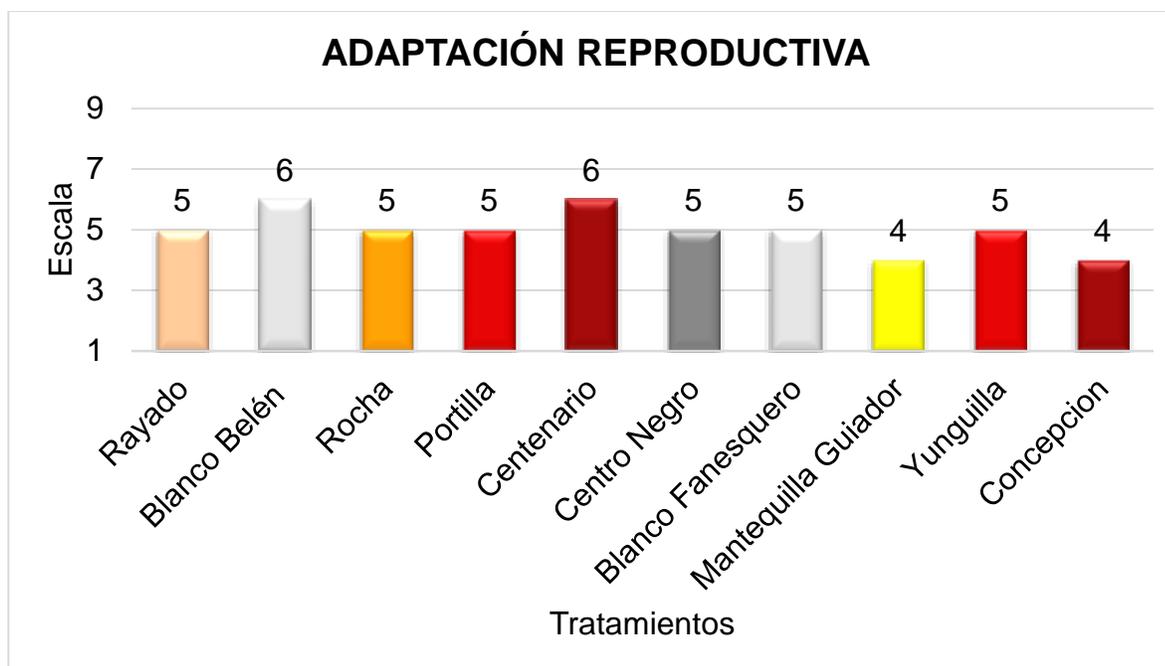


Figura 13. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la variable adaptación reproductiva expresada en valores de la escala del CIAT.

5.1.12 Peso de 100 granos en verde

La variable “Peso de 100 granos en verde” presentó normalidad ($P=0,0794$, $P>0,05$). El ADEVA (Tabla 33) no mostró diferencias significativas entre “Repeticiones” (F . Valor =1,36), ($P>0,05$). Entre “Tratamientos” si mostró diferencias significativas debido a que el (F . Valor =7,91), ($P<0,05$). El coeficiente de variación con 8,80 % demostró la confiabilidad del experimento (Tabla 33).

Tabla 33. Análisis de la varianza de la variable peso de 100 granos en verde.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso 100 granos verdes	30	0,80	0,68	8,80



Tabla. 34 ADEVA de la variable peso de 100 granos en verde.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	6400,19	11	581,84	6,72	0,0002
Rep	235,49	2	117,75	1,36	0,2818 NS
Tratamientos	6164,69	9	684,97	7,91	0,0001
Error	1558,23	18	86,57		
Total	7958,41	29			

Comparación de medias de tratamientos

Se usó la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0,05$). Se observó 8 rangos. La variedad INIAP Blanco Fanesquero fue el cultivar que tuvo el mayor peso en 100 granos verdes con (MED =128,40, D.E. =12,37) debido a que se encontró en el rango A y el cultivar local Mantequilla guiador fue el que tuvo el menor peso en 100 granos verdes con una (MED =75,43, D.E.=4,5) se encontró en el rango E (Tabla 35).



Tabla 35. Prueba de LSD Fisher ($\alpha = 0,05$), con medias ajustadas y desviación estándar para la variable peso de 100 granos en verde.

Tratamientos	Medias	D.E.	Rango
Blanco Fanesquero	128,40	12,37	A
Portilla	120,13	1,6	A B
Concepción	115,83	15,22	A BC
Blanco Belén	111,60	13,96	BC
Yunguilla	105,90	6,41	BC
Centenario	104,60	10,69	BCD
Centro Negro	104,53	5,97	BCD
Rayado	100,87	8,63	CD
Rocha	89,83	5,4	DE
Mantequilla guiador	75,43	4,5	E

Con la representación gráfica de las medias de los tratamientos de la variable “Peso de 100 granos en verde” se observó diferencia numérica lo que se coincide con los análisis estadísticos. Mostrándonos que el cultivar INIAP Fanesquero con 128,4 gramos fue el mejor en cuanto a peso de 100 granos en verde y el cultivar local Mantequilla guiador con 75,4 gramos fue el que tuvo el menor peso en 100 granos verdes (Figura 14).



Figura 14. Representación gráfica de las medias de los tratamientos de la variable *Peso de 100 granos en verde*.

5.1.13 Rendimiento de la parcela neta en kg/ha en vaina verde

La variable “Rendimiento de la parcela neta en kg/ha en vaina verde” presentó normalidad ($P=0,7479$, $P>0,05$). El ADEVA (Tabla 37) no mostró diferencias significativas entre “Repeticiones” ($F. Valor=0,23$), ($P>0,05$). Entre “Tratamientos” si mostró diferencias significativas ($F. Valor =2,48$) ($P<0,05$). El coeficiente de variación con 23.83% demostró la confiabilidad del experimento (Tabla 36).

Tabla 36. Análisis de la varianza para rendimiento en vaina verde.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento kg/ha	30	0,56	0,29	23,83



Tabla 37. ADEVA de la variable rendimiento en vaina verde.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	143856792,87	11	13077890,26	2,07	0,0828
Repetición	2866678,40	2	1433339,20	0,23	0,7996 NS
Tratamiento	140990114,47	9	15665568,27	2,48	0,0486
Error	113912039,93	18	6328446,66		
Total	257768832,80	29			

Comparación de medias de tratamientos

Se usó la prueba Tukey al ($\alpha = 0,05$). Se observó 3 rangos. La variedad INIAP Portilla fue el cultivar que posee el mayor rendimiento en vaina verde (MED=15936,98, D.E. =1349,94) debido a que se encontró en el rango A y la variedad INIAP Centenario fue la que tuvo el menor rendimiento con (MED =8336,66, D.E. 3544,03) ya que se encontró en el rango B (Tabla 38).

Tabla 38. Prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y desviación estándar para el rendimiento en vaina verde.

Tratamientos	Medias	D.E.	Rangos
Portilla	15936,98	1349,34	A
Rayado	12297,19	3851,43	A B
Concepción	11829,60	3678,04	A B
Yunguilla	10466,78	1033,43	A B
Blanco Fanesquero	9972,60	903,38	A B
Rocha	9810,32	2129,47	A B
Mantequilla guiador	9037,51	697,23	A B
Blanco Belén	9010,14	1941,81	A B
Centro Negro	8864,09	2229,7	A B
Centenario	8336,66	3544,03	B



Con la representación gráfica de las medias de los tratamientos de la variable “Rendimiento de la parcela neta en kg/ha en vaina verde” se observó diferencia numérica lo que se confirma con los análisis estadísticos. Mostrándonos que el cultivar INIAP Portilla con 15936,9 kg/ha fue el mejor en rendimiento y el cultivar INIAP Centenario con 8336,6 kg/ha fue el que tuvo menor rendimiento en vaina verde (Figura 15).

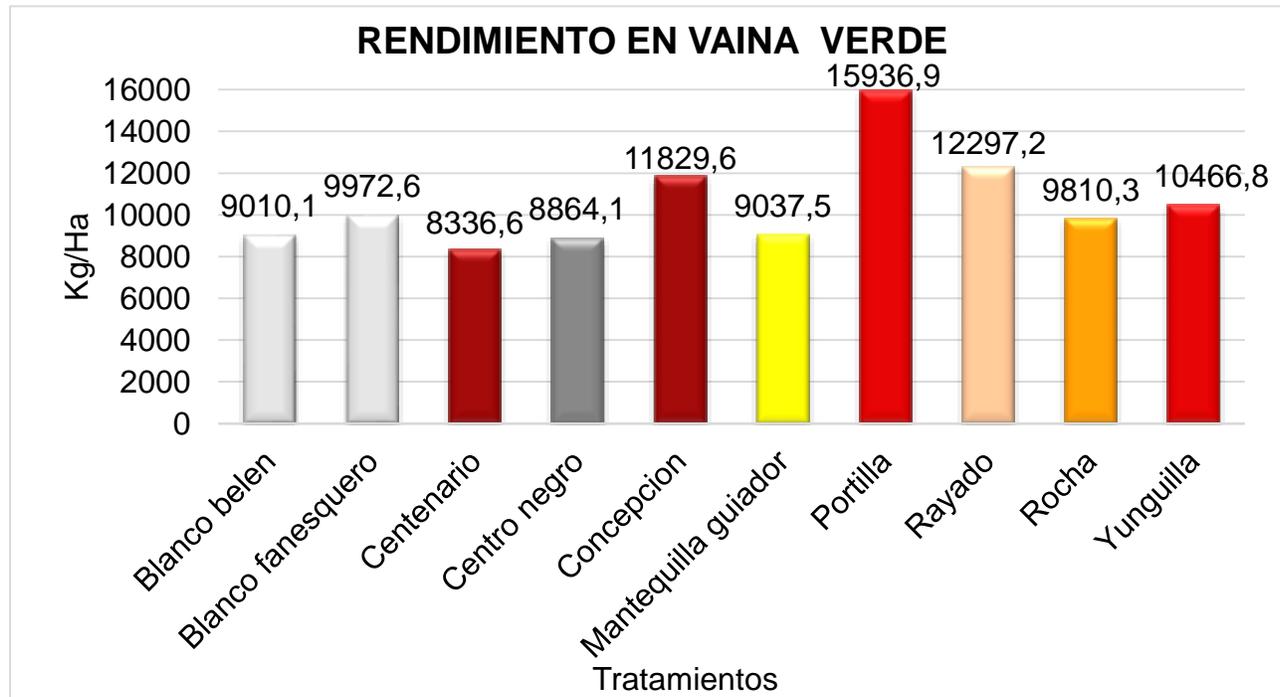


Figura 15. Representación gráfica de las medias de los tratamientos de la variable rendimiento en vaina verde.

5.2 Resultados del segundo objetivo específico

5.2.1 Oxidación de vaina verde

La variable “oxidación de vaina” presentó normalidad ($P=0,95$), ($P>0,05$). El ADEVA (Tabla 39) mostró diferencias entre “Tratamientos” (F. Valor =2,57), ($P<0,05$). El factor ambiente (luz y sombra), no mostraron diferencias significativas (F. Valor = 2,45),



($P > 0,05$). Tampoco se observó interacción entre Tratamientos y ambiente (F. Valor = 0,56), ($P > 0,05$). El (CV = 23,4%) (Tabla 39).

Tabla 39. Análisis de varianza para oxidación de vaina verde.

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Oxidación	60	0,45	0,15	23,37

Tabla 40. ADEVA oxidación vaina verde.

S.V.	SS	gl	MS	F	p-valor	
Model	19307,40	21	919,40	1,50	0,1360	NS
Rep	562,36	2	281,18	0,46	0,6356	NS
Tratamientos	14176,74	9	1575,19	2,57	0,0204	
Ambiente	1503,14	1	1503,14	2,45	0,1257	NS
Tratamientos*Ambiente	3065	16	9340,57	0,56	0,8242	NS
Error	23299,90	38	613,16			
Total	42607,30	59				

La diferenciación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) mostró 3 rangos. Blanco Fanesquero mostró mayor resistencia al tiempo de oxidación (MED = 135,4, DE = 21,84) en el rango A. La variedad Rayado (MED = 86,63, DE = 33,35) y Mantequilla guiador (MED = 84,14, DE = 18,35) fueron las que menos resistieron al tiempo de oxidación en vaina debido a que se encontró en el rango B (Tabla 41).



Tabla 41. Prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$), para la variable oxidación de vaina.

Tratamientos	Medias	D.E.	Rango
Blanco Fanesquero	135,43	21,84	A
Portilla	118,13	8,23	AB
Blanco Belén	117,94	31,08	AB
Concepción	116,14	14,53	AB
Centro Negro	106,09	23,59	AB
Centenario	105,22	30,31	AB
Yunguilla	95,28	21,08	AB
Rocha	94,36	24,40	AB
Rayado	86,63	33,35	B
Mantequilla Guiador	84,14	18,35	B

Con la representación gráfica de las medias de los tratamientos de la variable “Oxidación de Vainas” se observó diferencia numérica lo que se afirma con los análisis estadísticos. Obteniendo que el cultivar INIAP Blanco Fanesquero con 135,4 horas fue la variedad que más resistió a la oxidación y el cultivar testigo Mantequilla guiador con 84,1 horas fue la variedad más susceptible a las horas de oxidación (Figura 16).

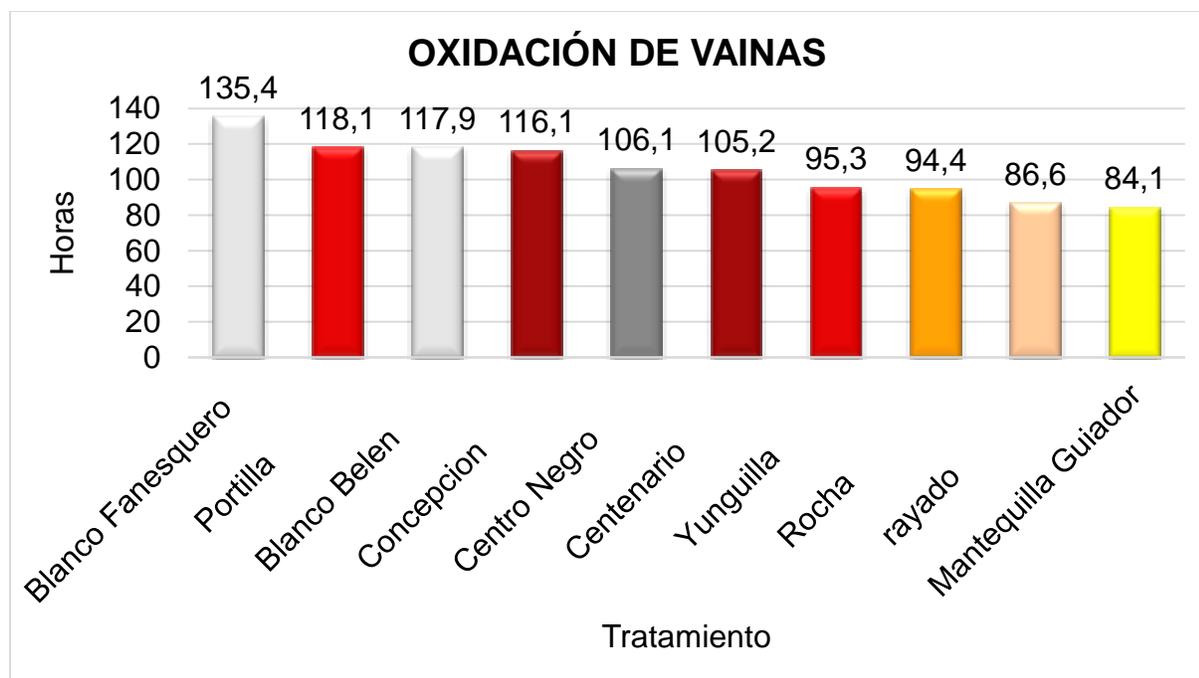


Figura 16. Representación gráfica de las medias de los tratamientos de la variable oxidación de vainas verde.

5.2.2 Grano tierno

Al realizar la prueba del cociente de verosimilitud, se evidenció que el modelo con varianzas heterogéneas para las distintas variedades presentó un mejor ajuste que el de varianzas homogéneas, ($P < 0,0001$), confirmado por los valores más bajos de AIC (criterio de Akaike) y loglik (logaritmo de verosimilitud) (Tabla 42).

Tabla 42. Comparación de modelos basados en los valores de AIC, y loglik

	Modelo	gl	AIC	logLik	Prueba	L.Ratio	p-valor
Imm.model.000_oxidacion_RE..	1	42	885,22	-400,61			
Imm.model.001_oxidacion_RE..	2	51	846,59	-372,30	1 vs 2	56,63	<0,0001



La variable “oxidación de grano” presentó pruebas de hipótesis secuenciales siendo las correctas para este tipo de especificación del modelo. Ya que indica los diferentes tipos de interacciones que se encuentran en este modelo. En este estudio existió interacción entre tratamientos (F. Valor=210,14), ($P < 0,05$). El factor ambiente (luz y sombra), no mostraron diferencias significativas (F. Valor=1,49), ($P > 0,05$). Mientras que el factor recipiente (bandeja, funda plástica) mostró diferencias significativas (F. Valor = 38,45), ($P < 0,05$). La interacción entre tratamientos y ambiente fue significativa (F. Valor=6,60), ($P < 0,05$). De igual manera la interacción entre tratamientos y recipientes fue significativa (F. Valor=14,56), ($P < 0,05$). Tampoco se observó interacción doble entre ambientes y recipiente (F. Valor=1,87), ($P > 0,05$) y por último no se encontraron diferencias significativas entre interacciones triples tratamientos, ambiente y recipiente (F. Valor=0,82), ($P > 0,05$) (Tabla 43).

Tabla 43. Las pruebas de hipótesis secuenciales.

	Datos	Num	denDF	F-valor	p-valor
1	Tratamientos	9	78	210,14	<0,0001
2	Ambiente	1	78	1,49	0,2264 NS
3	Recipiente	1	78	38,45	<0,0001
4	Tratamientos: ambiente	9	78	6,60	<0,0001
5	Tratamientos: recipiente	9	78	14,56	<0,0001
6	Ambiente: recipiente	1	78	1,87	0,1749 NS
7	Tratamientos: ambiente: recipiente	9	78	0,82	0,6000 NS

5.2.2.1 Diferencias entre variedades

Al realizar la prueba de formación de grupos excluyentes (DGC) en cuanto a “diferencia entre tratamientos”, se observaron 4 rangos, en donde el cultivar INIAP Blanco Fanesquero fue el más resistente a las horas de oxidación con una media de



(MED =131,78, DE = 36,21) en el rango A y el cultivar más susceptible a las horas de oxidación fue el cultivar testigo Mantequilla guiador con (MED = 30,86, DE = 11,64) ya que se encuentra en el rango D (Tabla 44).

Tabla 44. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y error estándar para la variable oxidación en grano tierno (variedades).

Tratamientos	Media	D.E.	Rango
Blanco Fanesquero	131,78	36,21	A
Blanco Belén	115,56	27,60	B
Yunguilla	67,10	43,70	C
Concepción	65,79	40,08	C
Centro Negro	61,60	28,72	C
Centenario	53,56	39,05	C
Portilla	42,24	45,88	D
Rocha	37,56	11,09	D
Rayado	36,47	18,22	D
Mantequilla guiador	30,86	11,64	D

Con la representación gráfica de las medias de los tratamientos sobre “diferencia entre tratamiento” se observó diferencia numérica lo que se coincide con los análisis estadísticos, obteniendo que el cultivar INIAP Blanco Fanesquero con 131,78 horas fue la variedad que más resistió a la oxidación en grano tierno y el cultivar testigo Mantequilla guiador con 30,86 horas fue la variedad más susceptible a las horas de oxidación (Figura 17).

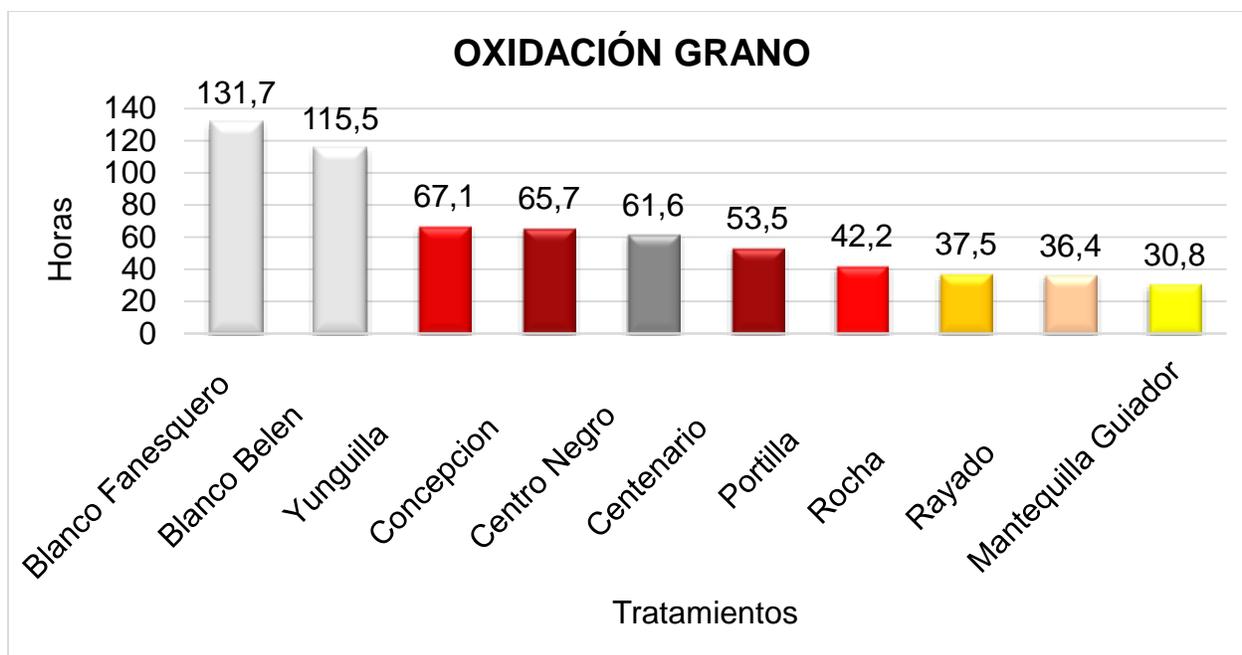


Figura 17. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la oxidación del grano en relación a la diferencia entre tratamientos.

5.2.2.2 Diferencia entre recipientes

Al realizar la prueba de formación de grupos excluyentes (DGC). Se observaron 2 rangos en cuanto a la interacción “recipientes” (bandeja y funda plástica). En el primer rango A se encontró la bandeja (MED=79,81, DE=51,62) demostrándonos que este recipiente fue mejor para que las variedades resistan más a la oxidación y en el rango B tuvimos la funda plástica con (MED=48,69, DE=30,70) demostrándonos que los cultivares en fundas plásticas fueron menos resistentes a las horas de oxidación (Tabla 45).



Tabla 45. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y error estándar para la interacción entre recipientes.

Recipiente	Medias	D.E.	Rango
Bandeja	79,81	51,62	A
Funda Plástica	48,69	30,70	B

Con la representación gráfica de las medias de los tratamientos sobre “diferencia entre recipientes” se observó diferencia numérica, lo que se ratifica con los análisis estadísticos, obteniendo que el recipiente bandeja con 79,81 horas fue el mejor recipiente debido a que las variedades resisten más a la oxidación y el recipiente funda plástica con 48,69 horas fue el recipiente menos adecuado para que las variedades resistan a la oxidación (Figura 18).

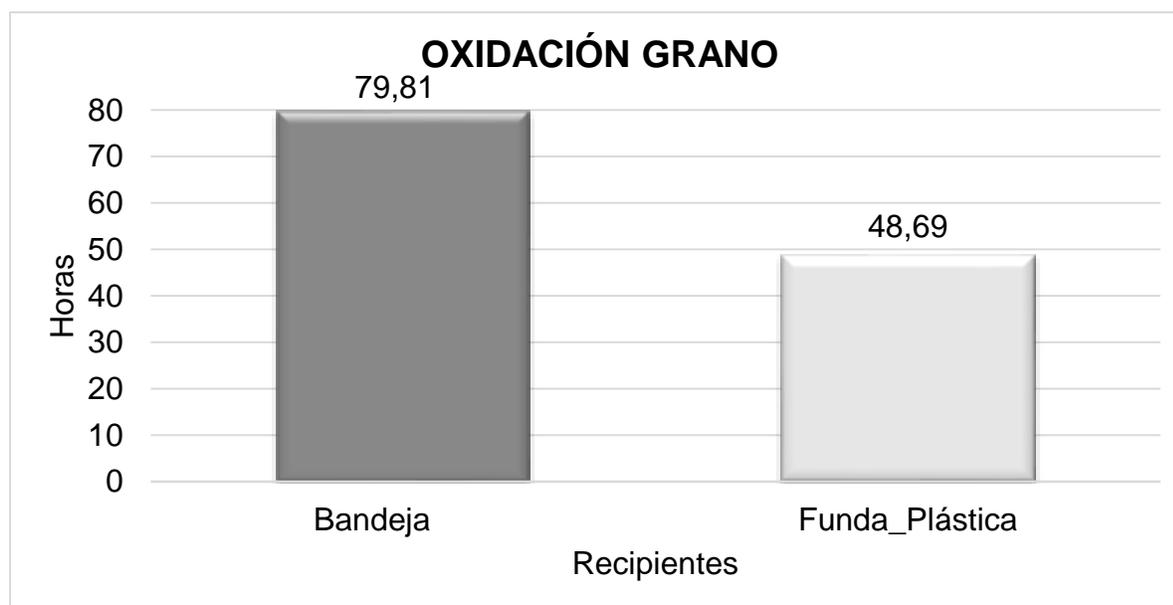


Figura 18. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la oxidación del grano en relación a los recipientes utilizados.



5.2.2.3 Interacción: tratamiento- ambiente

Al realizar la prueba de formación de grupos excluyentes (DGC) se observaron 3 rangos en cuanto a la interacción de “variedades y ambiente”, en el primer rango con la letra A se encontró el cultivar INIAP Blanco Fanesquero que fue el que más resistió a las horas de oxidación, en cuanto al ambiente luz con (MED =141,78, DE = 27,24) y en cuanto al rango C se tuvo al cultivar INIAP Portilla como menos resistió a las horas de oxidación en cuanto al ambiente luz con (MED =21,56, DE = 13,16) (Tabla 46).

Tabla 46. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y error estándar para la interacción: variedad - ambiente

Tratamientos	Ambiente	Media	D.E	Rango
Blanco Fanesquero	Luz	141,54	27,94	A
Blanco Fanesquero	Sombra	122,01	43,30	B
Blanco Belén	Luz	120,79	23,53	B
Blanco Belén	Sombra	110,33	32,51	B
Yunguilla	Sombra	74,71	50,49	C
Centro Negro	Luz	71,94	35,11	C
Concepción	Sombra	68,95	40,36	C
Portilla	Sombra	62,93	58,56	C
Centenario	Sombra	62,79	46,05	C
Concepción	Luz	62,64	43,38	C
Yunguilla	Luz	59,50	38,91	C
Centro Negro	Sombra	51,27	18,05	C
Rayado	Sombra	48,63	16,75	C
Centenario	Luz	44,32	32,09	C
Rocha	Sombra	39,26	9,89	C
Rocha	Luz	35,85	12,88	C
Mantequilla guiador	Sombra	32,24	14,38	C
Mantequilla guiador	Luz	29,47	9,32	C
Rayado	Luz	24,31	9,75	C
Portilla	Luz	21,56	13,16	C



Con la representación gráfica de las medias de los tratamientos sobre “interacción tratamientos-ambiente” se observó diferencia numérica lo que se confirma con los análisis estadísticos, obteniendo que el cultivar INIAP Blanco Fanesquero a la luz con 141,54 horas fue el que más resistió a la oxidación y el cultivar INIAP Portilla a la luz con 21,56 horas fue el más susceptible a la oxidación (Figura 19).

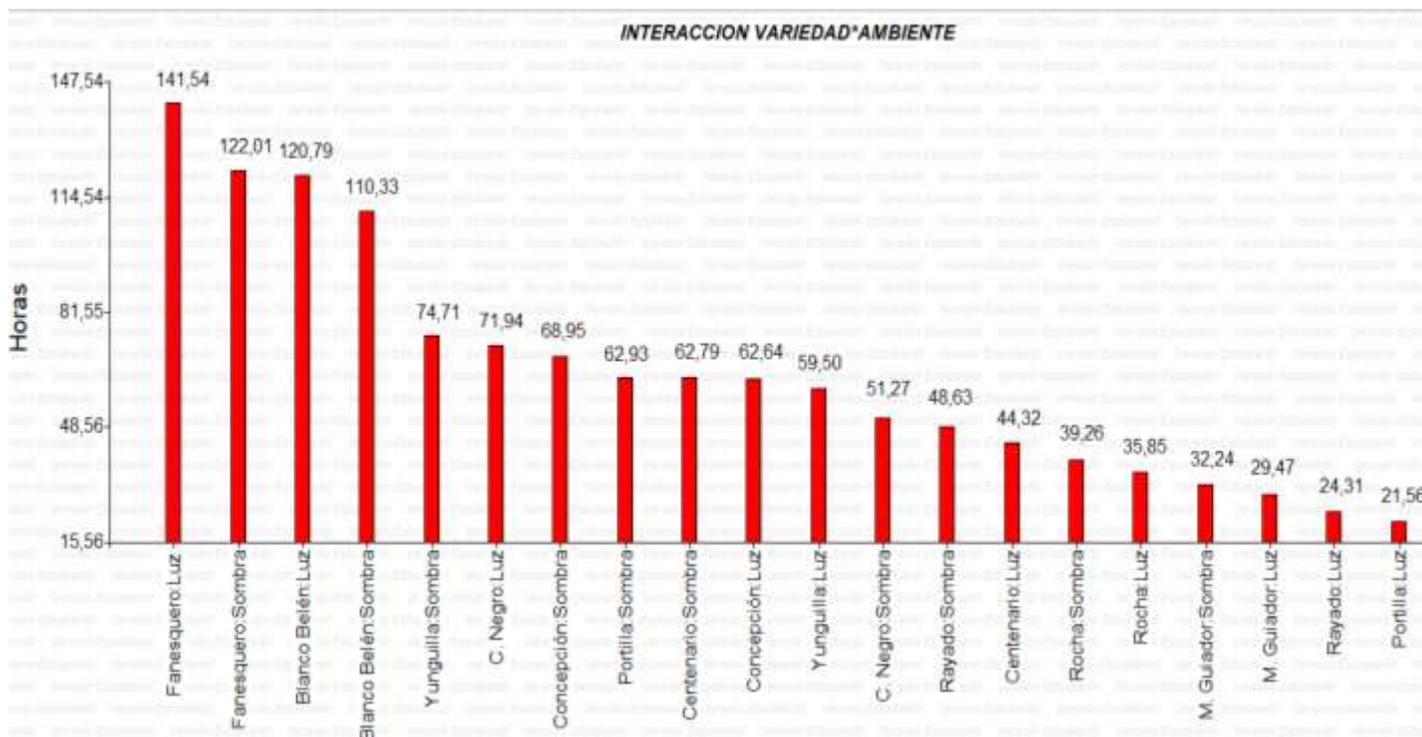


Figura 19. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la oxidación de grano tierno en relación a la interacción: tratamiento - ambiente.

5.2.2.4 Interacción: tratamiento - recipiente

Al realizar la prueba de formación de grupos excluyentes (DGC) se observaron 4 rangos en cuanto a la interacción de “variedades-recipiente”, en el primer rango con la letra A se encontró el cultivar INIAP Blanco Fanesquero que fue el que más resistió a las



horas de oxidación, en cuanto al recipiente bandeja con (MED =163,95, DE = 5,24). y en cuanto al rango D se tuvo al cultivar testigo Mantequilla guiador que fue el menos resistente a las horas oxidación con el recipiente Funda plástica con (MED =23,21, DE = 4,51) (Tabla 47).

Tabla 47. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$), para medias ajustadas y error estándar para la interacción tratamientos- recipiente.

Tratamientos	Recipiente	Media	D.E.	Rango
Blanco Fanesquero	Bandeja	163,95	5,24	A
Blanco Belén	Bandeja	131,93	19,18	B
Blanco Fanesquero	Funda plástica	99,61	19,32	C
Blanco Belén	Funda plástica	99,19	25,79	C
Concepción	Bandeja	88,61	46,48	C
Yunguilla	Bandeja	84,45	57,04	C
Centenario	Bandeja	82,85	35,39	C
Centro Negro	Bandeja	73,21	34,56	C
Centro Negro	Funda plástica	49,99	17,23	D
Yunguilla	Funda plástica	49,76	15,06	D
Portilla	Bandeja	49,22	64,01	D
Rayado	Bandeja	44,39	21,83	D
Concepción	Funda plástica	42,97	11,16	D
Rocha	Bandeja	41,03	7,49	D
Mantequilla guiador	Bandeja	38,50	11,74	D
Portilla	Funda plástica	35,27	20,38	D
Rocha	Funda plástica	34,08	13,62	D
Rayado	Funda plástica	28,54	10,15	D
Centenario	Funda plástica	24,26	6,59	D
Mantequilla guiador	Funda plástica	23,21	4,51	D

Representación gráfica de las medias de los tratamientos sobre “interacción tratamiento-recipiente” se observa diferencia numérica lo que se ratifica con los análisis estadísticos. Obteniendo que el cultivar INIAP Blanco Fanesquero en bandeja con 163,9



horas se el que más resista a la oxidación y el cultivar local Mantequilla guiador en funda con 23,2 horas es el más susceptible a la oxidación (Figura 20).

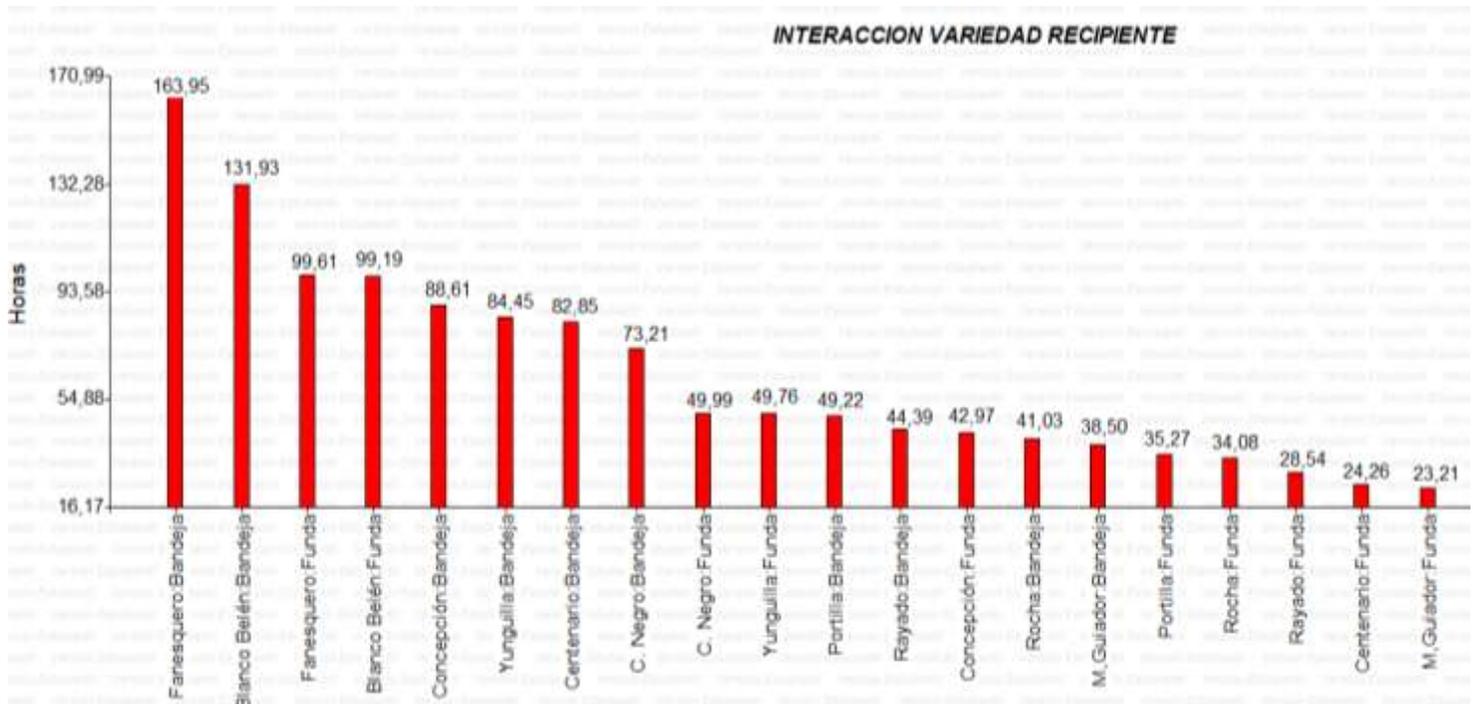


Figura 20. Representación gráfica de las medias de los tratamientos para la Interacción entre tratamientos - recipiente en la oxidación de grano tierno.

5.3 Incidencia del clima en la oxidación del fréjol

5.3.1 Temperatura

Los sensores tanto a la luz como a la sombra mostraron una fuerte correlación en cuanto a la temperatura debido que la dispersión de puntos se encontró cerca de la línea de tendencia y presentó un coeficiente de correlación de ($r=0,959796982$) (Figura 22). En cuanto a la tendencia que mostraron los sensores a la luz y a la sombra describieron líneas casi iguales confirmando la similitud entre temperaturas durante el estudio de la oxidación de los granos y vainas (Figura 21).

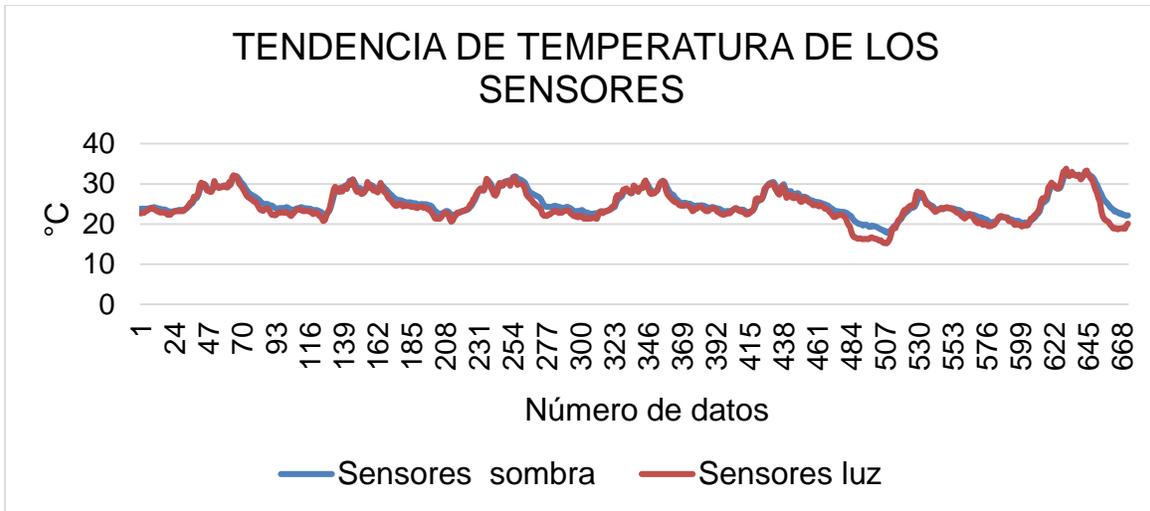


Figura 21. Tendencia de los sensores luz y sombra para temperatura.

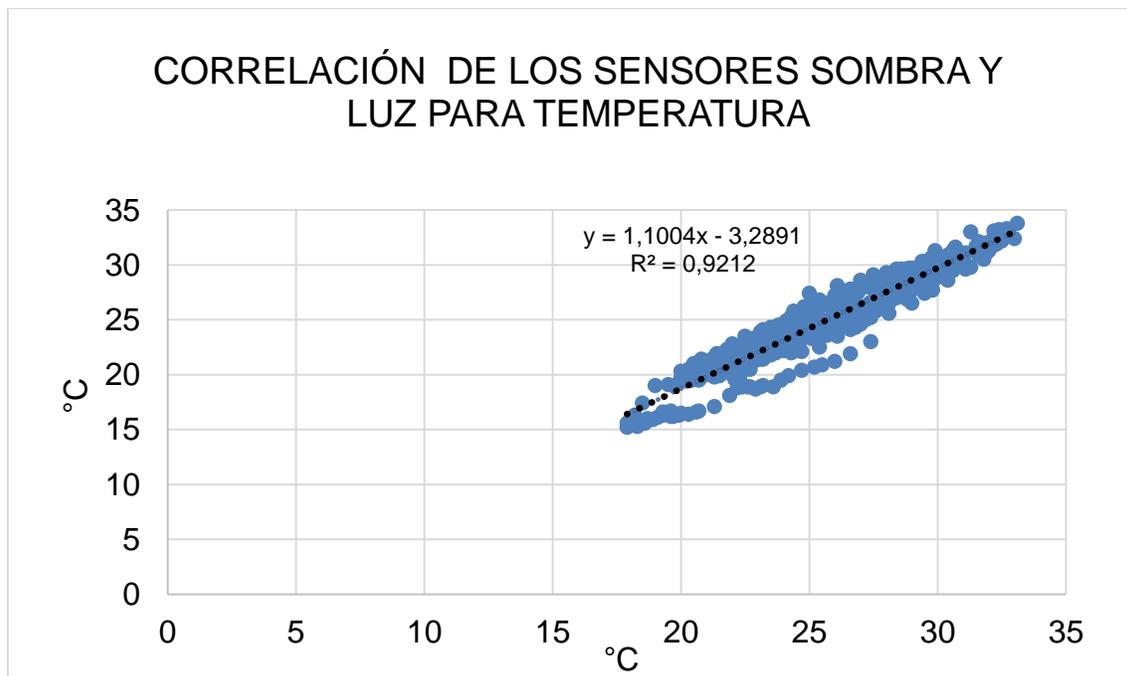


Figura 22. Correlación de los sensores luz y sombra para temperatura.

5.3.2 Humedad relativa

Los sensores tanto a la luz como a la sombra mostraron una fuerte correlación en cuanto a la Humedad relativa debido que la dispersión de puntos se encontró cerca de



la línea de tendencia y presentó un coeficiente de correlación de ($r=0,97010066$) (Figura 24). En cuanto a la tendencia que muestran los sensores a la luz y a la sombra describen líneas casi iguales corroborándonos la similitud entre la humedad relativa durante el estudio de la oxidación de los granos (Figura 23).

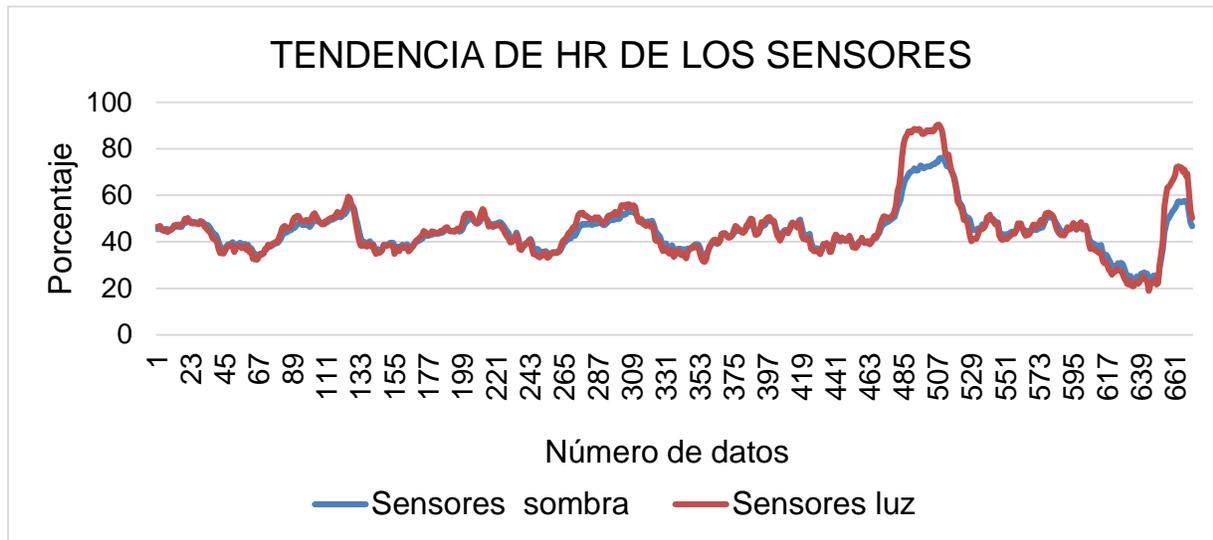


Figura 23. Tendencia de los sensores luz y sombra para HR.

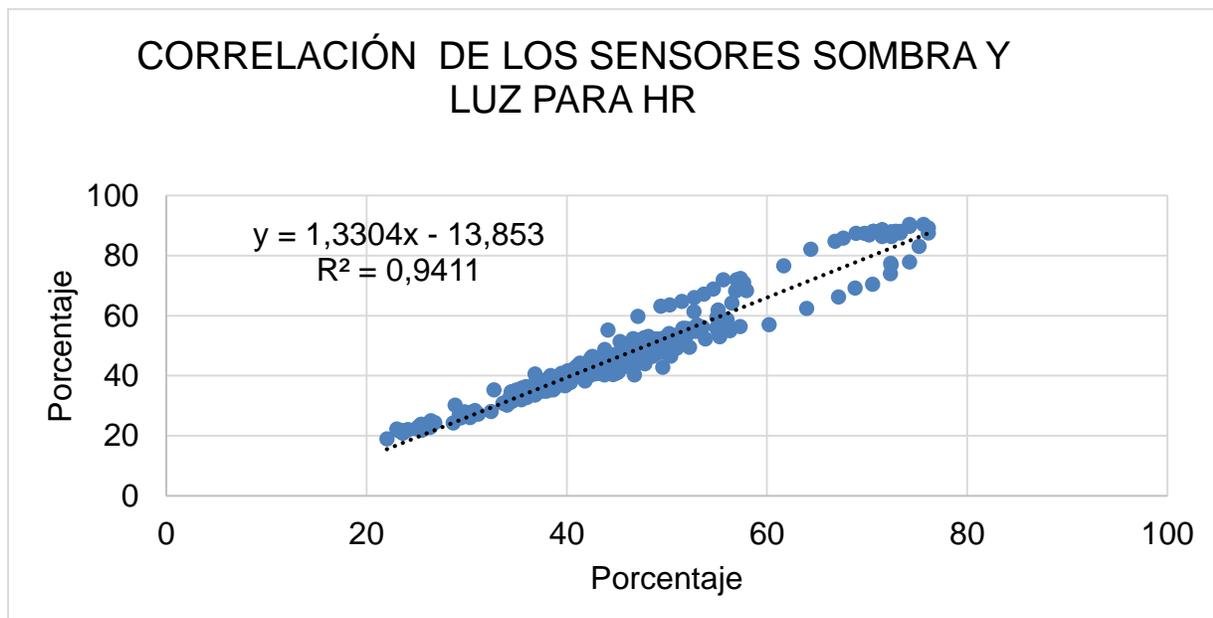


Figura 24. Correlación de los sensores luz y sombra para HR.



5.3.3 Radiación (fotosintética activa)

Los sensores tanto a la luz como a la sombra no mostraron una fuerte correlación para la humedad relativa debido que la distribución de puntos en la línea de regresión no fue uniforme porque hubo puntos que se alejan de la misma y presentaron un coeficiente de correlación de $(r=0,71966316)$ (Figura 26). En cuanto al gráfico de tendencia nos muestra que el sensor que mide la radiación a la sombra tiene mínimos valores comparado con el sensor que mide la radiación colocado a la luz (Figura 25).

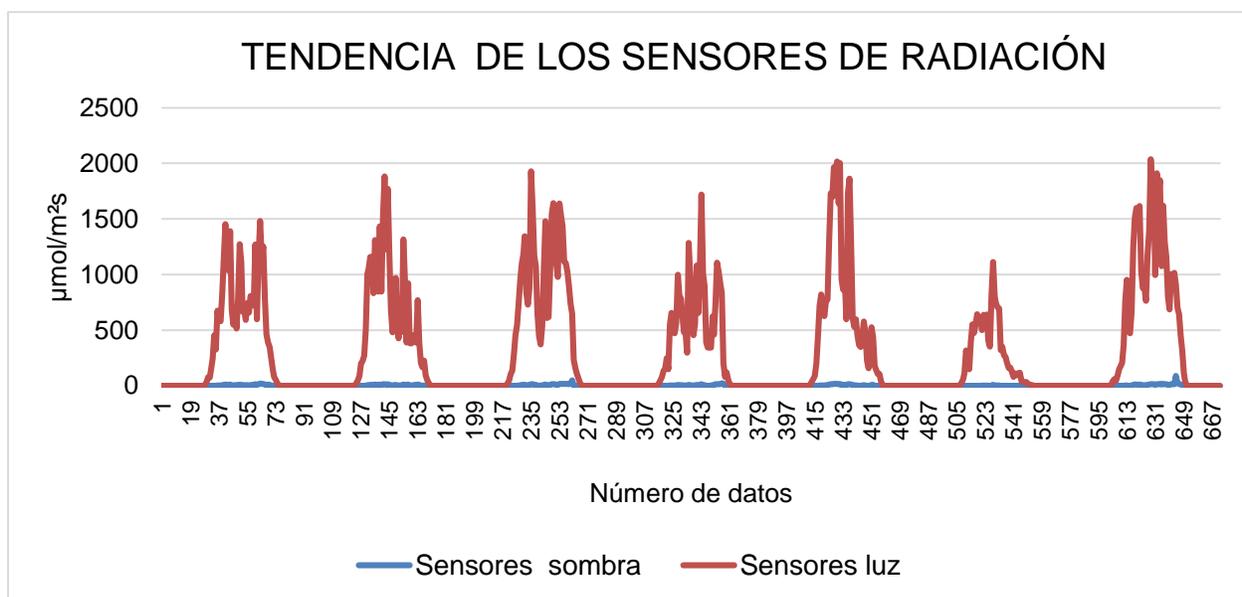


Figura 25. Tendencia de los sensores luz y sombra para radiación.

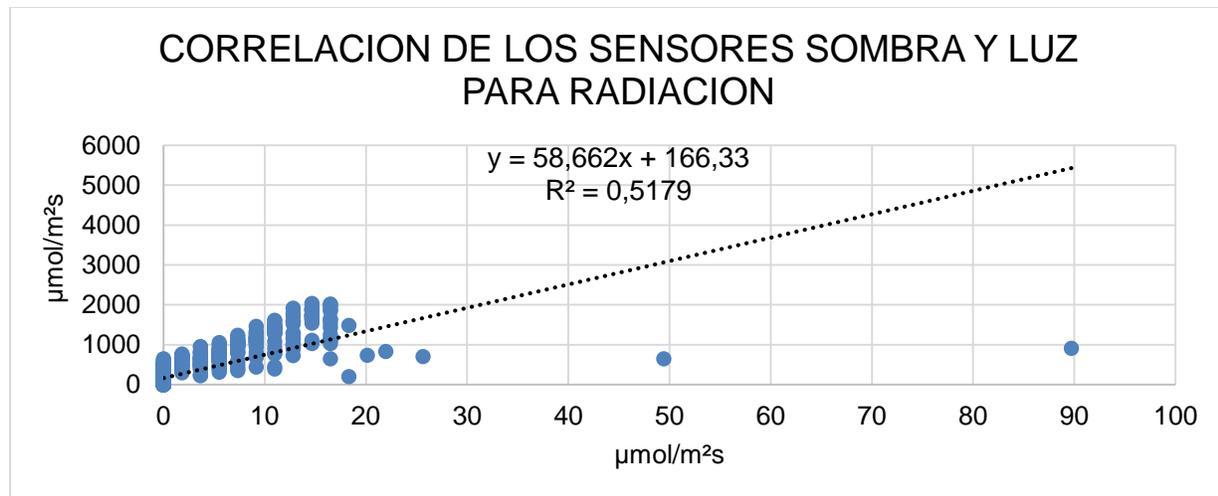


Figura 26. Correlación de los sensores sombra y luz para radiación.

Las diferencias significativas entre la interacción: ambiente – tratamiento indicaron que las condiciones ambientales tuvieron relación directa en cuanto a la oxidación de grano tierno (Tabla 46), esto con la ayuda de los 4 sensores instalados en la zona de estudio, tanto los datos de temperatura como la humedad relativa actuaron de manera similar en los dos ambientes (luz y sombra) llegando a tener injerencia en la oxidación pero no marcada como la que ejerce la radiación (fotosintética activa) debido a que la radiación fue mucho mayor a la luz que a la sombra llegando a concluir que la radiación tuvo un mayor efecto ya que interactuó de forma directa en la oxidación.



5.4 Propuesta metodológica para la evaluación de la variable “oxidación” de fréjol arbustivo.

Debido a la depreciación causada por la oxidación en el fréjol, tanto en grano tierno como en vaina verde, se realizó una metodología para evaluar de una manera correcta la oxidación en campo.

Esta metodología se basa en la percepción visual del grano y vaina por parte del evaluador, por ello es necesario seguir los siguientes pasos:

1. La selección del material a evaluar se debe hacer inmediatamente después de la cosecha en verde, para ello se selecciona un número considerable de granos y vainas, en el caso de granos se recomienda usar 100 unidades y para vainas 70 unidades.
2. El grano se tiene que evaluar en lugares donde existan luz moderada debido a que es una evaluación visual y cualquier exceso o disminución de claridad nos daría otra percepción en los resultados.
3. Los materiales se deben colocar en recipientes abiertos para tener una buena visualización en el avance del proceso.
4. Se deben realizar observaciones periódicas de los granos, en un principio estas observaciones deben ser parciales y conforme el grano o vaina se vayan oxidando las observaciones se deben realizar con mayor frecuencia. No se recomienda un intervalo de tiempo específico en la toma de datos, debido a que las variedades de fréjol actúan de forma diferente.



5. Mediante una escala numérica se podrá observar y clasificar la oxidación de los materiales evaluados, mencionada escala permitirá determinar si el grano (Anexo 30) o vaina (Anexo 31) es susceptible o resistente a la oxidación.

Tabla 48. Escala para evaluar la oxidación de granos y vainas

Valor numérico referencial	Descripción cualitativa
1	Granos y vainas resisten a la oxidación.
3	Granos y vainas presentan leve oxidación.
5	Granos y vainas presentan mediana oxidación.
7	Granos y vainas presentan abundante oxidación.
9	Granos y vainas se oxidan.

Fuente: Torres & Minchala, 2019
Elaboración: Torres, 2019

6. Se dirá que los materiales se oxidaron cuando más del 50% de los granos o vainas se encuentren en escala 5 o más caso contrario no.



6. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos, la variedad que presentó el mayor porcentaje de viabilidad mediante la prueba de tetrazolio, es el cultivar INIAP Rocha con el 100% de viabilidad, mientras que los cultivares INIAP Portilla e INIAP Yunguilla con el 60% presentaron el menor porcentaje de viabilidad. Los análisis concuerdan con estudios realizados por Romano et al., (2014), en el que se concluye que la prueba de tetrazolio ha demostrado ser un sensible predictor de la calidad de la semilla de fréjol. Mientras que en los cultivares de valores bajos en esta variable, el manejo inadecuado en postcosecha y el mal almacenamiento de semillas, así como a la utilización de material envejecido, pudieron influir en los datos calculados.

Respecto al porcentaje de emergencia, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, las medias muestran que el cultivar con mayor número de emergencia fue INIAP Blanco Fanesquero con el 96%, y el cultivar INIAP Portilla con 64% es menor en cuanto al porcentaje de plantas emergidas, Los datos concuerdan con lo que describe Arismendi (2018) en su estudio sobre el comportamiento de cuatro variedades de fréjol, en donde el porcentaje de emergencia fue de 96%, siendo catalogado como un excelente resultado, lo que considera su calidad fisiológica; mientras que el bajo porcentaje de emergencia obtenido en nuestro estudio posiblemente se deba a las características propias del material vegetal y a las respuestas a las condiciones externas a ellas.

En la variable adaptación vegetativa o vigor, la variedad que mejor se adaptó fue INIAP Blanco Fanesquero, debido a que se encuentra en escala 1, lo que indica tener una excelente adaptación, mientras que INIAP Rocha e INIAP Centenario obtuvieron un valor



de 4, que según su escala indica tener una adaptación buena, esto coincide con lo registrado por Cevallos (2007), en donde, los diferentes grupos de fréjol de acuerdo a la escala utilizada, presentaron una excelente y buena adaptación. Es considerable también que varios cultivares del estudio coinciden con Peralta, Murillo, Mazon, & Rodriguez (2014), ya que estos son aptos para valles interandinos como lo es el valle de Yunguilla debido a las condiciones edafoclimáticas que presenta.

Los resultados de la variable días a la floración indican que la variedad INIAP Portilla y la variedad local Mantequilla Guiador con 42 días, son los más tardíos, mientras que la variedad INIAP Blanco Fanesquero con 35 días es el más precoz. Esto concuerda con lo mencionado por Cevallos (2007), ya que los genotipos de hábito I resultaron ser los más precoces con 37 días a la floración, mientras que los demás genotipos estudiados superaron los 42 días en promedio, siendo los más tardíos. De acuerdo con el CIAT (1984), la diferencia entre genotipos en días a floración, está directamente influenciada por el hábito de crecimiento; los genotipos de hábito III emiten guías lo que provoca que su periodo de floración se alargue. Mientras que los genotipos de hábito I no emiten guías y terminan en una inflorescencia acortando así el periodo de floración.

En el caso de incidencia a enfermedades, se evaluó bacteriosis común, las variedades INIAP Blanco Belén, Portilla, Centenario, Blanco Fanesquero, Yunguilla, Concepción y las variedades locales Rayado, Mantequilla Guiador se encontraron en escala 3, lo que indicó ser resistentes a bacteriosis común y la variedad INIAP Rocha se encontró en la escala 5 que indicó resistencia intermedia a esta enfermedad. Con el uso de la misma metodología de evaluación, los datos obtenidos en esta investigación difieren con lo reportado por Matute (2013), ya que la variedad local Centro negro resultó ser el más



susceptible a esta enfermedad porque se encontró en la escala 6. La presencia del patógeno para nuestro estudio podría deberse a que ninguno de los materiales presentan resistencia genética a esta enfermedad de acuerdo al catálogo de variedades mejoradas de frejol arbustivo (Peralta et al., 2014).

Varios estudios coinciden en que la bacteriosis común del fréjol es un fitopatógeno de climas cálidos, cuyo ciclo de vida está favorecido por temperatura y humedad altas. La presencia de *Xanthomonas campestris* se debió probablemente a que las condiciones climáticas en las que se encontraba el lote experimental fueron las óptimas para su desarrollo.

En la variable altura de la planta, el cultivar testigo Rayado presentó la mayor altura entre las variedades, con 117.1cm, mientras que el cultivar INIAP Concepción con 31.93 cm es el más bajo, teniendo así varios comportamientos de altura en las variedades estudiadas. De acuerdo a los resultados obtenidos por Gutiérrez & Quiñonez (2011), se presentó diferentes comportamientos en cuanto a altura en las variedades estudiadas debido probablemente a la influencia de los factores ambientales y hábitos de crecimiento mostrado por los materiales. Los datos también coincide con el CIAT (1984), en donde se señala que la forma del tallo y la altura del fréjol depende de la variedad plantada y su hábito de crecimiento, ya que entre las de crecimiento determinado y las de crecimiento indeterminado, existen variaciones que van desde los 35 cm hasta 3m de altura.

En cuanto al número de vainas por planta, la variedad INIAP Portilla presentó 17 vainas por planta siendo este el más alto registro y la variedad INIAP Centenario presentó 9 vainas por planta resultando ser es el más bajo. Según un estudio realizado por Bravo



(2017) hubo diferencias significativas entre variedades estudiadas resultando la variedad INIAP Portilla con 29 vainas por planta la mejor, al igual que nuestra investigación. Esta variable está relacionada con los componentes de rendimiento, ya que si hay un mayor número de vainas; habrá un mayor rendimiento; sin embargo, el número de vainas se relaciona directamente con la altura de la planta, longitud de los entrenudos, número de ramas y posiblemente la ubicación de las mismas.

Para el número de granos por vaina se observó diferencia numérica para los tratamientos, evidenciándose que 7 variedades presentan 5 granos por vaina y solo 2 presentan 4 granos por vaina. Según la investigación realizada por Peralta, Mazón, Minchala, & Guamán (2013) los materiales de fréjol tienen similares promedios en cuanto al número de granos por vaina. Las diferencias encontradas en esta variable son debidas a características genéticas propias de cada genotipo y su interacción genotipo ambiente (Bravo, 2017).

Para la longitud de vainas se observan diferencias significativas entre tratamientos. Mostrándonos que la variedad INIAP Centenario fue la que tuvo mayor longitud de vaina con 16 cm y la variedad INIAP Rocha con 11 cm fue la que tuvo menor longitud de vaina. De acuerdo al estudio realizado por Madera (2018) en el cual existe diferencias significativas entre tratamiento resultando ser INIAP Centenario con mayor longitud de vaina lo que revalida los resultados obtenidos en nuestro estudio. Esta variable es una característica propia de cada material, sin embargo, no es un factor determinante ya que, por lo general las vainas más grandes tienen mayor rendimiento, pero al mismo tiempo se puede producir curvatura en la vaina y se originarían roturas, factor que no afectó los datos de nuestro estudio (SIMINIS, 2016).



Para días a la cosecha en verde presentó diferencia significativa entre tratamientos observando que la variedad Mantequilla Guiador con 88 días fue el más tardío y la variedad INIAP Blanco Belén con 74 días fue el más precoz. Según Peralta et al., (2013), la variedad Blanco Belén con 79 días es una variedad aceptable para días a la cosecha en verde al igual que el resultado para nuestro estudio. Voysest, (1999) relaciona de forma directa los días a la cosecha en verde con factores climáticos, de forma específica temperatura, ya que se concluye que con temperaturas entre 23 y 25 °C se cosecha a los 75 días, lo que significa variedades precoces. Las variedades tardías a la floración prevalecen a los días a la cosecha en verde.

La variedad que tuvo mejor adaptación reproductiva fue INIAP Concepción y Mantequilla Guiador ya que se encuentra en la escala 4 con buena carga y los cultivares que se encontraron en la escala 6 fueron INIAP Centenario y Blanco Belén con adaptación intermedia. Esto concuerda con lo obtenido por Valenzuela (2010), en dónde se observa que todos los materiales evaluados presentaron una buena e intermedia adaptación reproductiva de acuerdo a la escala del CIAT; sin embargo sobresalen INIAP Concepción e INIAP Yunguilla con buena adaptación reproductiva determinando así que todos los genotipos se adaptaron a las condiciones del valle de Yunguilla.

De acuerdo al estudio realizado por Matute (2013) se determinó que la variedad INIAP Blanco Belén con 129.2 gramos, fue la que presentó mayores resultados en cuanto a la variable “peso de cien granos en verde”, al mismo tiempo las variedades INIAP Yunguilla, y las variedades locales Centro negro y Mantequilla guiador presentaron resultados similares a los obtenidos en nuestro estudio en donde la variedad INIAP Blanco Fanesquero con 128.4 gramos fue la que mayor peso de 100 granos en verde



obtuvo, seguido de las variedades antes mencionadas. Esto posiblemente se deba a que las variedades INIAP Blanco Belén y INIAP Blanco Fanesquero comparten uno de los progenitores siendo este INIAP Blanco Imbabura (Peralta et al., 2014), haciendo que el genotipo actué de manera similar por características propias mas no por la influencia del ambiente.

Los resultados de nuestro estudio tienen diferencia significativa entre tratamientos donde se muestra que la variedad INIAP Portilla con 15936.98 kg/ha fue la de mejor rendimiento en vaina verde; de forma contraria INIAP Centenario con 8336.66 kg/ha fue la que presentó registros más bajos. Estos resultados son similares en algunos cultivares a los obtenidos por Matute (2013) debido a que la variedad INIAP Portilla presentó 13336kg/ha y una de las variedades que menores valores obtuvo en cuanto a rendimiento fue la variedad local Mantequilla Guiador. Con ello se infiere que el rendimiento es afectado tanto por factores ecológicos que influyen en el crecimiento de la planta, como por la capacidad genética de cada variedad (vainas por planta, semillas por vaina y peso de 100 semillas).

Nuestros resultados para la oxidación en grano verde presentaron diferencia significativa entre tratamientos resultando las variedades INIAP Blanco Fanesquero con 131.78 horas e INIAP Blanco Belén con 115.56 horas, los más resistentes a la oxidación, mientras que las variedades locales Rayado y Mantequilla Guiador con 36.47 horas y 30.86 horas, respectivamente, son las variedades más susceptibles a la oxidación. Los datos coinciden con el estudio realizado por Matute (2013), en el que los resultados entre tratamientos presentan significancia para INIAP Blanco Belén siendo la más resistente con 58 horas; incluso los resultados se corroboran con la percepción de productores de



fréjol de la zona de estudio, ya que se menciona que variedades de color blanco resisten más a la oxidación.

De acuerdo a los resultados de nuestro estudio la interacción tratamientos-ambiente se obtuvo que la variedad INIAP Blanco Fanesquero a la luz con 141.54 horas fue el que más resistió a la oxidación y la variedad INIAP Portilla a la luz con 21.56 horas es el más susceptible a la oxidación. Estos cambios en el color del grano se produjeron a temperatura promedio de 25°C y con una humedad relativa de 47% en donde Cabañas (2014) indica que el cambio en la testa del grano (Oxidación) se observan mayormente cuando el almacenamiento se produce en ambientes con temperatura y humedades elevadas (más de 25°C y 65 % de humedad relativa).

Al evaluar la interacción variedad-recipiente se obtuvo que INIAP Blanco Fanesquero, colocado en bandeja, registra 163.95 horas siendo esta variedad la que más resiste la oxidación en esta condición. En contraste, la variedad local Mantequilla Guiador, colocada en funda plástica, con 23.21 horas registradas, es la más susceptible a la oxidación. Lo que tiene validez con el estudio realizado por López et al. (2010), en el que se evidencia que los cambios en el color del grano ocurren en condiciones de empaque convencional (sin barrera a la luz y con presencia de oxígeno), en este tratamiento en el que se observa un mayor deterioro por influencia directa de la luminosidad en el grano y en el tono de color del mismo.

En referencia a la oxidación de vainas, se obtuvo que la variedad INIAP Blanco Fanesquero con 135.43 horas fue la que más resistió a la oxidación, mientras que la variedad testigo Mantequilla guiador con 84.14 horas fue la más susceptible. Para establecer procesos de comercialización con mayor eficiencia, según SIMINIS (2016), se



prefiere que el pedicelo no se arranque de la vaina, ya que cuando éstas se quiebran, comienza el proceso de oxidación del tejido dañado y toman un tono marrón.



7. CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el análisis de los resultados se concluye que la variedad que presentó mejor adaptación vegetativa fue INIAP Blanco Fanesquero debido a que se encontró en la escala 1 con excelente adaptación, mientras que INIAP Rocha e INIAP Centenario se encontraron en escala 4 con una buena adaptación.

Para la adaptación reproductiva, la variedad que tuvo mejor adaptación fue INIAP Concepción y el material local Mantequilla guiador ya que se encontró en la escala 4 con buena carga y las variedades que estuvieron en la escala 6 fueron INIAP Centenario y Blanco Belén con adaptación intermedia.

Referente al rendimiento de parcela neta kg/ha se observar que la variedad INIAP Portilla con 15936.98 kg/ha fue el mejor en rendimiento y la variedad INIAP Centenario con 8336.66 kg/ha es el que tuvo menor rendimiento en vaina verde.

Respecto a la oxidación de vainas se obtuvo que la variedad INIAP Blanco Fanesquero con 135.43 horas fue la variedad que más resistió y el cultivar testigo Mantequilla guiador con 84.14 horas fue la variedad más susceptible.

Para la oxidación en grano entre tratamientos se observó que la variedad INIAP Blanco Fanesquero con 131.78 horas fue la variedad que más resistió y la variedad testigo Mantequilla guiador con 30.86 horas fue la variedad más susceptible. Con relación a la diferencia entre recipientes se observó que el recipiente bandeja con 79.81 horas fue el más adecuado y el recipiente funda plástica con 48.69 horas fue el recipiente menos adecuado. La interacción tratamiento-ambiente se observó que la variedad INIAP Blanco Fanesquero a la luz con 141.54 horas fue el que más resistió y la variedad INIAP Portilla a la luz con 21.56 horas fue el más susceptible. En la Interacción tratamiento-



recipiente se obtuvo que la variedad INIAP Blanco Fanesquero en bandeja con 163.95 horas fue el que más resiste y la variedad local Mantequilla guiador en funda con 23.21 horas es el más susceptible.

En general, las variedades liberadas por el INIAP usadas en nuestro estudio resultaron ser las mejores en cuanto a adaptabilidad, rendimiento y resistencia a la oxidación, en comparación con las variedades locales que obtuvieron resultados intermedios, pero no llegaron a superarlos.

Con base a la interpretación y resultados obtenidos se logró establecer la metodología propuesta para la oxidación en grano tierno y vaina verde.



8. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar más estudios relacionados a la adaptabilidad y rendimiento de fréjol utilizando más variedades para que de esta manera los agricultores puedan tener una mejor selección de variedades al momento de la siembra y mejorar la diversidad en la zona.

Usar variedades mejoradas debido a que éstas presentaron un mejor comportamiento que las variedades locales.

Replicar el estudio en diferentes estaciones del año para tener una idea más clara de los pros y los contras de cada estación.

Para fines orientados para productores del Austro ecuatoriano, usar como padre para futuras cruces a la variedad INIAP Blanco Fanesquero debido a que fue la más resistente a la oxidación.

Se recomienda realizar más estudios relacionados a la oxidación tanto en vaina verde como en grano tierno debido a la poca información y a la gran importancia que ésta tiene al momento del almacenamiento y comercialización.



9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, J., Rengifo, T., & Jaramillo, M. (2007). *BUENAS PRACTICAS AGRICOLAS (BPA) EN LA PRODUCCION DE FRÍJOL VOLUBLE*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-a1359s.pdf>
- Arismendi, R. (2018). Comportamiento de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidos a dos densidades de siembra en la Estación Experimental Sapecho – Alto Beni. *UMSA*, 4(1), 978–992. Retrieved from http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S0102-03042018000100009&script=sci_arttext
- Basantes, E. (2015). *MANEJO DE CULTIVOS ANDINOS DEL ECUADOR*. Retrieved from https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10163/4/Manejo_Cultivos_Ecuador.pdf
- Blandón, M. (2010). *Evaluación de tres métodos de almacenamiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.) y su efecto en los atributos de la calidad del grano*. 36. Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/232/1/AGI-2010-T009.pdf>
- Bravo, O. (2017). *Evaluación morfo-agronómica y productiva de 18 cultivares de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.), en el cantón Caluma, provincia Bolívar*. Retrieved from http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/1812/1/TESIS_FINAL_OSCAR_BARAVO.pdf
- Cabañas, M. (2014). *Postcosecha del grano de frijol*. Retrieved from http://www.undp.org/content/dam/cuba/docs/Desarrollo_humano/Palma-Agrocadenas/Poscosecha_de_granos-Folleto.pdf
- Carranco, J. (2010). *Utilizacion De La Variedad De Frijol Pinto Saltillo Y Produccion De Semilla En Doble Hilera En Cama Con Riego*. Retrieved from redinnovagro.in/casosexito/47slpfrijolpintosaltillo.pdf
- Cevallos, D. (2007). “Evaluación de la adaptabilidad de 20 variedades y líneas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano rojo y amarillo en el valle de Intag, Imbabura. 2007.” (I), 1. Retrieved from <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2508/1/T-ESPE-IASA-II-002028.pdf>
- CIAT. (1984). Morfología de la Planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Centro Internacional de Agricultura Tropical*, 56. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=AtOLF2NhJogC&printsec=frontcover&dq=morfologia+de+la+planta+de+frijol+comun&hl=en&sa=X&ei=Zsz2ULnsBYWm8gTV7YG4Cw&ved=0CC0Q6AEwAA#v=onepage&q=morfologia+de+la+planta+de+frijol+comun&f=false>
- CIAT. (1987). *Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol* (Vol. 66). Retrieved from https://books.google.com.co/books?id=mpgIE_jDedMC&printsec=frontcover&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false



- CIAT. (1989). El Lorito Verde del Frijol (Empoasca Kraemeri Ross & More) y su control. *CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Escoto, N. (2013). El cultivo del frijol. In *Fenalce*. <https://doi.org/10.1109/TCHMT.1985.1136483>
- Ferrufino, A., & Araya, C. (2008). Guía de identificación y manejo integrado de enfermedades del frijol en América Central. *IICA, San Jose Costa Rica*. Retrieved from <http://repiica.iica.int/docs/B0891E/B0891E.pdf>
- Gutiérrez, C., & Quiñonez, L. (2011). *Evaluación agronómica de 130 cultivares de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en la zona de Taura, provincia del Guayas*. Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8167/1/TESIS DE FREJOL.pdf>
- Hernández, V., Hernández, S., Mayek, N., Vargas, L., & Muruaga, J. (2013). ORIGEN, DOMESTICACIÓN Y DIVERSIFICACIÓN DEL FRIJOL COMÚN. AVANCES Y PERSPECTIVAS. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(2), 95–104. Retrieved from <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/36-2/1a.pdf>
- Higuita, J., Rincón, D., & Núñez, C. (1998). Evaluación agronómica de nueve variedades arbustivas de habichuela, *Phaseolus vulgaris*, en el Municipio de Arbelaez, Cundinamarca. *Agronomía Colombiana*, 15(1), 58–67. Retrieved from <https://docplayer.es/95638505-Evaluacion-agronomica-de-nueve-variedades-arbustivas-de-habichuela-phaseolus-vulgaris-en-el-municipio-de-arbelaez-cundinamarca.html>
- INEC. (2017). Estadísticas Agropecuarias, ESPAC (Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)*. Retrieved from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- López, Á., Trujillo, Y., & Penagos, L. (2010). Efecto de las condiciones de empaquetado y el tiempo de almacenamiento en el color del grano del frijol seco cargamento blanco (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 8. <https://doi.org/10.21500/22563202.555>
- 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. Retrieved from <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/4370/1/TE-UTB-FACIAG-ING AGRON-000084.pdf>
- Magaña, D., Gaucín, S., & Flores, L. (2015). ANÁLISIS SECTORIAL Y DE LA DINÁMICA DE LOS PRECIOS DEL FRIJOL EN MÉXICO. *Compedium*, 2. Retrieved from <file:///C:/Users/Usuario/Desktop/13-1-92-2-10-20160219.pdf>
- Matute, C. (2013). *Evaluación agronómica de quince cultivares de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.), en la Estación Experimental del Austro Bullcay; mediante el apoyo de la investigación participativa con enfoque de género para la sierra sur del*



- Ecuador. 179. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5101>
- Muñoz, E., Rubio, D., Bernal, I., Garza, R., & Jacinto, C. (2009). Caracterización de genotipos nativos de frijol del estado de Hidalgo, con base a calidad del grano. *Agricultura Técnica En México*, 35(4), 429–438. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000400008
- Ochoa, E. (2013). *EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE 120 CULTIVARES DE FRÉJOL ARBUSTIVO (Phaseolus vulgaris L.) EN LA ZONA DE TAURA, PROVINCIA DEL GUAYAS*. 2(5), 68. Retrieved from http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3501/3/PARTE_1_TESIS_OCHOA.pdf
- Orbe, J. (2011). “*PRODUCCIÓN DE FRÉJOL Phaseolus vulgaris VARIEDAD PARAGACHI, MEDIANTE TRES ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN: ORGÁNICA, CONVENCIONAL Y MIXTA, EN LA PROVINCIA DE IMBABURA*”. Retrieved from [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/T-ESPE-IASA II- 002355.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/T-ESPE-IASA-II-002355.pdf)
- Peralta, E., Mazón, N., Minchala, L., & Guamán, M. (2013). *FRÉJOL ARBUSTIVO (Phaseolus vulgaris L.) Y ARVEJA (Pisum sativum L.) EN LAS PROVINCIAS DE: CAÑAR, AZUAY Y LOJA-Cultivo, variedades y costos de producción*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30280.11524>
- Peralta, E., Murillo, A., Mazon, N., & Rodriguez, D. (2014). *CATÁLOGO DE VARIEDADES MEJORADAS DE FRÉJOL ARBUSTIVO (Phaseolus vulgaris L.) PARA LOS VALLES Y ESTRIBACIONES DE LA SIERRA ECUATORIANA*. Retrieved from <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/2712/1/iniapscpm146.pdf>
- Romano, A., Argüello, J., Teves, I., De Pascuale, N., & Oddone, G. (2014). Evaluación de los efectos del deterioro sobre el potencial fisiológico de semillas de poroto (*Phaseolus vulgaris L.*) por prueba de tetrazolio. *Idesia*, 32(3), 25–30. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000300004>
- Rosas, C., Gallardo, O., & Jimenez, J. (2003). MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL FRIJOL COMÚN MEDIANTE ENFOQUES PARTICIPATIVOS EN HONDURAS. *Agronomía Mesoamericana*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/437/43714101.pdf>
- Ruiz, M. de los Á. (2009). *El análisis de tetrazolio en el control de calidad de semillas*. Retrieved from https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-el_analisis_de_tetrazolio_en_el_control_de_calidad_de_.pdf
- SIMINIS. (2016). Selección de variedades de frijol ejotero - Seminis. Retrieved December 10, 2019, from <https://www.seminis.mx/recursos/agronomic-spotlights/seleccion-de-variedades-de-frijol-ejotero/>
- Tamayo, P., & Londoño, M. (2001). *Manejo integrado de enfermedades y plagas en frijol*.



Retrieved from
[http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6409/1/Manejo integrado de plagas y enfermedades en frijol.pdf](http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6409/1/Manejo%20integrado%20de%20plagas%20y%20enfermedades%20en%20frijol.pdf)

Torres, E., Sánchez, A., Cedeño, A., Haro, A., Torres, A., González, B., ... Reyes, M. (2013). CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI ECUADOR: CASO COMUNA PANYATUG. *Ciencia y Tecnología*, 6(1). <https://doi.org/10.18779/cyt.v6i1.88>

Valenzuela, D. (2010). *EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE OCHO VARIETADES Y SEIS LÍNEAS DE FREJOL (Phaseolus vulgaris L) ARBUSTIVO EN UNA LOCALIDAD DE LOS CANTONES ANTONIO ANTE Y URCUQUÍ DE LA PROVINCIA DE IMBABURA*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Valladares, C. (2010). *Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano*. Retrieved from <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf>

Voysest, O. (1999). *Mejoramiento Genético del Frijol(Phaseolus vulgaris L.)*. Retrieved from https://books.google.com.co/books?id=VzxXI2TL9YcC&printsec=frontcover&source=gbs_v2_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false



1. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 4
		Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E19-0706
 Fecha emisión Informe: 16/05/2019

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Daniel Aguirre

Dirección¹: El Batán

Provincia¹: Azuay

Cantón¹: Cuenca

Teléfono¹: 0995801947

Correo Electrónico¹:
 daniel.aguirrev@ucuenca.edu.ec

N° Orden de Trabajo: 01-2019-174

N° Factura/Documento: 003-001-0796

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco
Cultivo ¹ : Fréjol	
Provincia ¹ : Azuay	X: 689771
Cantón ¹ : Santa Isabel	Coordenadas ¹ : Y: 9637397
Parroquia ¹ : Yunguilla	Altitud: 1250
Muestreado por ¹ : Daniel Aguirre	
Fecha de muestreo ¹ : 24-04-2019	Fecha de inicio de análisis: 02-05-2019
Fecha de recepción de la muestra: 02-05-2019	Fecha de finalización de análisis: 16-05-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-0838	AT	pH	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	7,69
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,60
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,08
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	5,1
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,47
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	18,24
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	3,76
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	25,8
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	2,41
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	3,60
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	< 1,60

Anexo 2. *Determinación de porcentaje de viabilidad (TZ).*



Anexo 3. *Determinación de porcentaje de emergencia.*



Anexo 4. *Cercado del terreno.*



Anexo 5. *Delimitación del terreno para la siembra.*



Anexo 6. *Siembra de las diferentes variedades de fréjol.*



Anexo 7. *Parcela experimental.*





Anexo 8. Bloques experimentales (I, II, III)



Anexo 9. Riego por surcos.



Anexo 10. INIAP 414 Yunguilla.



Anexo 11. INIAP 422 Blanco Belén.



Anexo 12. INIAP 424 Concepción.



Anexo 13. INIAP 425 Blanco Fanesquero.





Anexo 14. INIAP 430 Portilla.



Anexo 15. INIAP 480 Rocha.



Anexo 16. INIAP 484 Centenario.



Anexo 17. Rayado.



Anexo 18. Mantequilla guiador.



Anexo 19. Centro negro.





Anexo 20. *Incidencia de plagas y enfermedades.*



Anexo 21. *Aplicación de insecticidas.*



Anexo 22. *Determinación de la altura de la planta.*



Anexo 23. *Cosecha.*



Anexo 24. *Vainas por planta.*



Anexo 25. *Granos por vaina.*





Anexo 26. Longitud de la vaina.



Anexo 27. Peso de cien semillas.



Anexo 28. Tratamientos para medir la oxidación en funda plástica y bandeja.



Anexo 29. Tratamientos expuestos a la luz y a la sombra.



Anexo 30. Oxidación del grano.



Anexo 31. Oxidación de la vaina.





Anexo 32. Sensor a la sombra.



Anexo 33. Sensor a la luz.



Anexo 34. Datos históricos de temperaturas y precipitación para el ciclo de cultivo.

