



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LÍNEAS PROMISORAS DE CHOCHO F6 Y F7
(*Lupinus mutabilis*) INIAP EN LA LOCALIDAD DE SALACHE,
COTOPAXI”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera Agrónoma

Autora:

Del Rosario Chicaiza Gabriela Clemencia

Tutor:

Torres Miño Carlos Javier

Co- tutores:

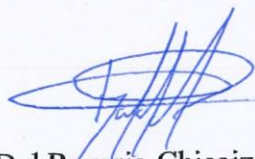
Rodríguez Ortega Diego Geovanny

LATACUNGA – ECUADOR Febrero 2025

ser autora del presente proyecto de investigación “EVALUACIÓN DE PROMISORAS DE CHOCHO F6 Y F7 (*Lupinus mutabilis*) INIAP EN LA LO DE SALACHE, COTOPAXI” siendo el Ingeniero, Ph.D. Carlos Javier Torres M del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotop representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga 21 de febre



Del Rosario Chicaiza Gabriela Clemencia.

C.C. 1755224670

ESTUDIANTE

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que de una parte **DEL ROSARIO CHICAIZA GABRIELA CLEMENCIA** identificada con el número de ciudadanía 1755224670 de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de profesora titular y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural en calidad de estudiante de la carrera de Agronomía titular de los derechos patrimoniales y morales, cuyo trabajo de grado “**EVALUACIÓN DE LÍNEAS PROMISORAS DE CHOCHO (Lupinus mutabilis) INIAP EN LA LOCALIDAD DE SALACHE, COTOPAXI**” encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad de Agronomía, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2021- Agosto 2021

Finalización de la carrera: Octubre 2024 – Marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 12 de diciembre del 2024

Tutor: Ing. Carlos Javier Torres Miño, Ph.D.

Tema: grado “**EVALUACIÓN DE LÍNEAS PROMISORAS DE CHOCHO F6 Y F7 (Lupinus mutabilis) INIAP EN LA LOCALIDAD DE SALACHE, COTOPAXI**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando parte del tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su revista institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador

derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en excepción al derecho patrimonial

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por **CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contado desde la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento escrito de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás normas jurídicas que resulten aplicables.

Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. Las tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual tenor en la ciudad de Latacunga, a los 21 días del mes de febrero del 2025



Gabriela Clemencia Del Rosario Chicaiza

LA CEDENTE

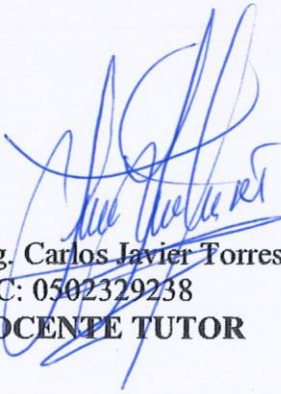
Dra. Idalia Pacheco Tigselema,

LA CESIONARIA

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“EVALUACIÓN DE LÍNEAS PROMISORAS DE CHOCHO F6 Y F7 (*mutabilis*) INIAP EN LA LOCALIDAD DE SALACHE, COTOPAXI” de D^{ca} Chicaiza Gabriela Clemencia, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y procedimientos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones en la pre-defensa.

Latacunga 21 de febrero de 2018

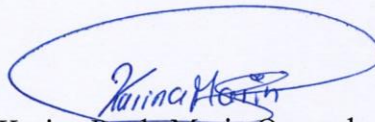


Ing. Carlos Javier Torres Miño, Ph.D.
C.C: 0502329238
DOCENTE TUTOR

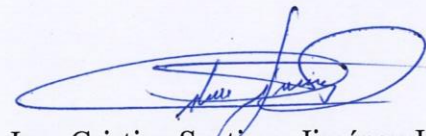
En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la poseedora Rosario Chicaiza Gabriela Clemencia con el título del Proyecto de Investigación “**EVALUACIÓN DE LÍNEAS PROMISORAS DE CHOCHO F6 Y F7 (*mutabilis*) INIAP EN LA LOCALIDAD DE SALACHE, COTOPAXI**” ha cumplido con las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser autorizada en el acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD conforme a la normativa institucional.

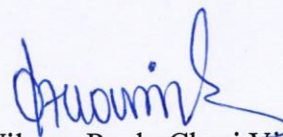
Latacunga, 21 de febrero de 2016



Ing. Karina Paola Marin Quevedo, Mg.
C.C: 0502672934
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Cristian Santiago Jiménez J.
C.C: 0501946263
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.
CC: 0502409725
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas y entidades que me han apoyado en el desarrollo de este proyecto de investigación, en primer lugar, a mi tutor de tesis el Ing. Carlos Torres por toda su ayuda, guía y apoyo en la realización del presente trabajo, la Ing. Karina Marin por la confianza que me ha brindado y su acompañamiento en mi formación académica, al Ing. Diego Rodríguez, a la Ing. Laura Vega y a la Ing. Victoria López investigadores e ingenieros del Instituto Nacional De Investigaciones agropecuarias que me compartieron sus conocimientos en todo este proceso de formación y que lo considero muy valioso además que me han ayudado a crecer, gracias por cada una de sus palabras. Agradezco también a la Universidad Técnica De Cotopaxi por darme la oportunidad de realizar el presente trabajo, a los miembros del tribunal por todas sus recomendaciones que enriquecieron este estudio Asimismo, quiero agradecer a mi familia a mi Madre y a mis Tías que siempre ha estado apoyándome en cada parte de mi vida, preocupándose por mí, a mis amigos Sebas, Jhordy y José que me acompañaron siempre e hicieron de mi vida como foránea menos solitaria. A todos muchísimas gracias.

Gabriela Clemencia Del Rosario Chicaiza

DEDICATORIA

A Dios y a mi Madre Yolanda Chicaiza que me dieron la oportunidad de estar en el mundo y darme la fortaleza y sabiduría para alcanzar siempre mis metas, acompañándome siempre en cada uno de mis logros y fracasos, además de siempre darme su incondicional apoyo y cariño a mis tías Aida y Marta por ayudarme siempre con lo que han podido con cualquier problema que he tenido o alguna dificultad en cualquier momento u ocasión de mi vida , a mis Hermanos Carolina y Alberto que me han guiado con el ejemplo y dado consejos y ánimos siempre en cualquier momento que los he necesitado

Gabriela Clemencia Del Rosario Chicaiza

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LÍNEAS PROMISORAS DE CHOCHO F6 Y F7
(*Lupinus mutabilis*) INIAP EN LA LOCALIDAD DE SALACHE, COTOPAXI”**

Autora:

Del Rosario Chicaiza Gabriela Clemencia

RESUMEN

El cultivo de *Lupinus mutabilis*, conocido como tarwi, es una especie importante para la seguridad alimentaria y la agricultura sostenible en los Andes debido a su alto valor nutricional, contenido proteico y adaptación a condiciones adversas; sin embargo, su potencial productivo aún no ha sido completamente explotado por la falta de variedades mejoradas que combinen características bioquímicas y agronómicas deseables. En este contexto, el presente estudio evaluó 51 líneas promisorias F6 y F7 y 5 parentales de *Lupinus mutabilis* Sweet, con el fin de identificar materiales genéticos superiores y evaluar el comportamiento de las líneas promisorias F6 y F7 en comparación con sus parentales para determinar el grado de mejora genética logrado, se consideró tres parámetros clave: biometría, fenología y morfología. Además, el experimento se llevó a cabo bajo un diseño experimental Alfa Látice (8x7), con dos repeticiones, lo que permitió controlar la variabilidad ambiental y aumentar la precisión de las evaluaciones. Se analizaron 13 parámetros relacionados con características agronómicas, tales como altura del eje central, número de ramas, días a floración y rendimiento de grano, entre otros, siguiendo protocolos estandarizados para garantizar la consistencia de los datos. Los análisis estadísticos incluyeron análisis de varianza (ANOVA), gráfico de cajas y prueba de Tukey al 5%. Los resultados obtenidos identificaron a la línea promisoría LP13 (andxd31) como la mejor con una ponderación de 20, sobresaliendo en los parámetros número de vainas en los órdenes, peso en gramos en los órdenes, número de vainas total y rendimiento promedio, destacando un claro avance respecto a sus progenitores y evidenciando el éxito del proceso de mejoramiento genético. En la comparación realizada de las líneas promisorias con los parentales, el único progenitor que se destacó fue el PROINPA Ceja Café con una ponderación de 15. Se recomienda continuar con la evaluación de las líneas promisorias LP13 (andxd31), LP3 (andxd7), LP47 (100xd13) y LP34 (11xd6), en nuestro campus y en diferentes ambientes para validar su estabilidad y adaptabilidad.

Palabras clave: Chocho, evaluación, líneas promisorias, sostenibilidad, *Lupinus mutabilis*, rendimiento.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “EVALUATION OF PROMISING LINES OF CHOCHO F6 AND F7 (*Lupinus mutabilis*) INIAP IN THE LOCALITY OF SALACHE, COTOPAXI”.

Author:

Del Rosario Chicaiza Gabriela Clemencia

ABSTRACT

The cultivation of *Lupinus mutabilis*, known as tarwi, is an important species for food security and sustainable agriculture in the Andean area due to its high nutritional value, protein content, and adaptation to adverse conditions; however, its productive potential has not yet been fully exploited because of the lack of improved varieties that combine desirable biochemical and agronomic characteristics. Therefore, this study evaluated 51 promising F6 and F7 lines and 5 parental lines of *Lupinus mutabilis* Sweet, to identify superior genetic materials and evaluate the behavior of the promising F6 and F7 lines compared to their parents to determine the degree of genetic improvement achieved; three key parameters were considered: biometry, phenology, and morphology.

In addition, the experiment was carried out under an Alfa Lattice experimental design (8x7), with two repetitions, which allowed controlling environmental variability and increasing the precision of the evaluations. 13 parameters related to agronomic characteristics were analyzed, such as the height of the central axis, number of branches, days to flowering, and grain yield, following standardized protocols to ensure data consistency.

Statistical analyses included analysis of variance (ANOVA), box plot, and Tukey test at 5%. The results obtained identified the promising line LP13 (andxd31) as the best with a weight of 20, standing out in the parameters number of pods in the orders, weight in grams in the orders, total number of pods, and average yield, highlighting a clear advance concerning its parents and evidencing the success of the genetic improvement process. In the comparison made of the promising lines with the parents, the only parent that stood out was PROINPA "Ceja Café," which weighed 15. It is recommended to continue with the evaluation of the promising lines LP13 (andxd31), LP3 (andxd7), LP47 (100xd13), and LP34 (11xd6) on our campus and in different environments to validate their stability and adaptability.

.Keywords: Chocho, evaluation, promising lines, sustainability, *Lupinus mutabilis*, yield.

INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORIA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INDICE DE CONTENIDOS	xii
1 INFORMACIÓN GENERAL	1
1.1 Título del proyecto:	1 2
INTRODUCCIÓN	3 3
JUSTIFICACIÓN	4
4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4.1 Beneficiarios directos	4
4.2 Beneficiarios indirectos	4 5
PROBLEMÁTICA	4
6 OBJETIVOS	5
6.1 Objetivo General	5
Evaluar 51 líneas promisorias F6 Y F7 y 5 parentales de chocho (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet) en la localidad de Salache - Cotopaxi.	5
6.2 Objetivos Específicos	5
Seleccionar las mejores líneas promisorias de chocho en relación a los parámetros fenológicos, morfológicos y biométricos	5
Comparar las mejores líneas promisorias de chocho con las líneas parentales que presenten resultados significativos	5
7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
Seleccionar las mejores líneas promisorias de chocho en relación a los parámetros fenológicos, morfológicos y biométricos	6
Comparar las mejores líneas promisorias de chocho con las líneas parentales que presenten resultados significativos	7

8	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICO	7
8.1	Introducción al cultivo de chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)	7
8.2	Características botánicas y morfológicas del chocho	9
8.3	Historia del mejoramiento genético en chocho	10
8.4	Fases de mejoramiento genético	10
8.4.1	Conceptos de mejoramiento en leguminosas	10
8.4.2	Selección de líneas: criterios y métodos	11
8.4.3	Proceso de avance generacional: Líneas F6 YF7	12
8.4.4	Avances genéticos previos en <i>Lupinus mutabilis</i>	14
8.5	Manejo agronómico del Chocho.....	14
8.5.1	Requerimientos agroclimáticos para cultivar chocho	14
8.5.2	Generalidades en el manejo del cultivo	14
8.5.3	Plagas y enfermedades	15
		9 HIPÓTESIS
		17
10	METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	17
10.1	AREA DE ESTUDIO	17
10.2	Datos meteorológicos del área de estudio	18
10.3	Factores en estudio	18
10.4	Tratamientos	19
10.5	Diseño experimental y análisis de datos	20
10.6	Variables y métodos de evaluación	20
10.6.1	Días al inicio de la floración del eje central:	20
10.6.2	Número de ramas primarias	20
10.6.3	Número de vainas en el eje central:	21
10.6.4	Número de vainas por órdenes de las ramas de la planta:	21
10.6.5	Días a la cosecha del eje central:	21
10.6.6	Días a la cosecha de órdenes:	21
10.6.7	Rendimiento de grano del eje central:	21
10.6.8	Rendimiento de grano por órdenes de las ramas:	21
10.6.9	Altura de la planta	21

10.6.10	Largo del pedúnculo	21
10.6.11	Numero de vainas total por unidad experimental	21
10.6.12	Rendimiento promedio	21
10.6.13	Días a la cosecha	22
10.7	Ponderación de resultados	22
11	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	22
11.1	Días a la floración	22
11.1.1	Cuadro de analisis de la varianza	22
11.1.2	Test Tukey al 5% para días a la floración	22
11.2	Numero de vainas eje central	24
11.2.1	Cuadro de analisis de la varianza	24
11.2.2	Test Tukey al 5% para número de vainas	25
11.3	Altura del eje central	27
11.3.1	Cuadro de analisis de la varianza	27
11.3.2	Test Tukey al 5% para la variable altura del eje central	27
11.4	Días a la madurez eje central	29
11.4.1	Cuadro de analisis de la varianza	29
11.4.2	Test Tukey al 5% para la variable días a la madurez eje central	30
11.5	Peso en gramos eje central	31
11.5.1	Cuadro de analisis de la varianza	31
11.5.2	Test Tukey al 5% para la variable peso en gramos eje central	32
11.6	Número de ramas primarias	34
11.6.1	Cuadro de analisis de la varianza	34
11.6.2	Test Tukey al 5% para la variable número de ramas primarias	34
11.7	Largo del pedúnculo	36
11.7.1	Cuadro de analisis de la varianza	36
11.7.2	Test Tukey al 5% para la variable largo del pedúnculo	37
11.8	Numero de vainas en los ordenes	38
11.8.1	Cuadro de analisis de la varianza	38
11.8.2	Test Tukey al 5 % para la variable número de vainas por orden	39
11.9	Días de madurez en los ordenes	40
11.9.1	Cuadro de analisis de la varianza	40

11.9.2	Test Tukey al 5% para la variable días a la madurez de los ordenes.....	41
11.10	Peso en gramos de los ordenes	43
11.10.1	Cuadro de analisis de la varianza	43
11.10.2	Gráfico de cajas para la variable peso en gramos	43
11.11	Numero de vainas total por unidad experimental	44
11.11.1	Cuadro de analisis de la varianza	44
11.11.2	Test Tukey al 5% para a variable	45
11.12	Rendimiento promedio	46
11.12.1	Cuadro de analisis de la varianza	47
11.12.2	Gráfico de cajas para la variable de rendimiento promedio	48
11.13	Días a la cosecha	48
11.13.1	Cuadro de analisis de la varianza	49
11.13.2	Gráfico de cajas para la variable Días a la cosecha	49
11.14	Cuadro de ponderación de acuerdo a las variables con mas relevancia	51
11.15	Lista de mejores líneas	52
	CONCLUSIONES	Y
		RECOMENDACIONES
	53
13	BIBLIOGRAFIAS	53

INDICE DE GRÁFICOS	Gráfico 1. Distribución de Lupinus mutabilis S. georreferenciados.....	¡Error! Marcador no definido.
	Gráfico 2. Formas de crecimiento de Lupinus mutabilis	9
	Gráfico 3. Variación fenotípica de flores y semillas de L. mutabilis	9
	Gráfico 4. Método de pedigrí utilizado en el programa de mejoramiento del INIAP. Fuente (Rodríguez-Ortega et al., 2023).....	12
	<i>Gráfico 5. Ubicación geográfica de la localidad en las que se instalara el ensayo de líneas de chocho.....</i>	<i>18</i>
	Gráfico 6 Ensayo implementado en campo. Elaborado por: Del Rosario Gabriela	20
	Gráfico 7. Orden de las ramas en plantas de chocho de acuerdo al color de la descripción del cuadro. Fuente (Agropecuarias & Andinos. (Ecuador), 2022).....	21
	Gráfico 8 Grafico de cajas para la variable peso en gramos de los ordenes	47
	Gráfico 9 Gráfico de cajas para la variable rendimiento promedio	52
	Gráfico 10 Gráfico de cajas para la variable días a la cosecha	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sistema de tareas en relación a los objetivos.	7
Tabla 2. Parentales de chocho que fueron cruzadas en los años 2018 y2019	13
Tabla 3. Poblaciones de chocho evaluadas en el año 2022.	13
Tabla 4. Tipos de siembra. Elaborado por: Del Rosario Gabriela Fuente :(Peralta I. et al., 2014)	15
Tabla 5. Datos meteorológicos del área de estudio	18
Tabla 6. Líneas F6 Y F7 de (Lupinus mutabilis) a ser evaluadas.....	19
Tabla 7 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable días a la floración .	22
Tabla 8 Prueba Tukey al 5% para la variable días a la floración	24
Tabla 9 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable número de vainas eje central	24
Tabla 10 Prueba tukey al 5% para la variable número de vainas eje central	26
Tabla 11 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable altura del eje central	27
Tabla 12 Prueba Tukey al 5% para la variable altura del eje central	28
Tabla 13 analisis de la varianza y coeficiente de uniformidad de la variable días a la madurez eje central	29
Tabla 14 Prueba Tukey al 5% para la variable días a la madurez del eje central.....	31
Tabla 15 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable peso en g eje central	32
Tabla 16 Prueba Tukey al 5% para la variable peso en gramos eje central	33
Tabla 17 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable número de ramas primarias	34
Tabla 18 Prueba Tukey al 5% para la variable número de ramas primarias	36
Tabla 19 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable largo del pedúnculo	36
Tabla 20 Prueba Tukey al 5% para la variable largo del pedúnculo	38
Tabla 21 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable número de vainas por orden	38
Tabla 22 Prueba Tukey al 5% para la variable número de vainas por orden	40
Tabla 23 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable días de la madurez en los ordenes	41
Tabla 24 Prueba Tukey al 5% para la variable días a la madurez en los ordenes	42
Tabla 25 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable peso en gramos de los ordenes	43
Tabla 26 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable número de vainas.	44
Tabla 27 Prueba Tukey al 5% para la variables numero de vainas	46
Tabla 28 Analisis de la varianza y coeficiente de variacion de la variable rendimiento promedio.....	47
Tabla 29 Analisis de la varianza y coeficiente de variacion de la variable dias a la cosecha ..	49
Tabla 30 Ponderación de variables	51
Tabla 31 mejores líneas con ponderación total	52

1 INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Título del proyecto:

“EVALUACIÓN DE LÍNEAS PROMISORAS DE CHOCHO F6 Y F7 (Lupinus mutabilis) INIAP EN LA LOCALIDAD DE SALACHE, COTOPAXI”

Fecha de inicio: 29 febrero del 2024

Fecha de finalización: 10 de septiembre de 2024

Lugar de ejecución: Universidad Tecnica De Cotopaxi – Unidad de desarrollo tecnológico Iniap-Cotopaxi

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencia Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Carrera de Agronomía **Equipo de trabajo:**

Autor	
Nombre	Gabriela Clemencia del Rosario Chicaiza
Cédula	175522467-0
Institución a la que pertenece	Universidad Técnica de Cotopaxi
Correo electrónico	<u>gabriela.delrosario4670@utc.edu.ec</u>
Teléfono	0984163561

Tutor	
Nombre	Dr. Carlos Javier Torres Miño, Ph.

Institución a la que pertenece	Universidad Técnica de Cotopaxi
---------------------------------------	--

cédula	050232923-8
Correo electrónico	<u>carlos.torres@utc.edu.ec</u>
teléfono	0995870044
Co-Tutor	
Nombre	Ing. Diego Geovanny Rodríguez Ortega
Institución a la que pertenece	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
Correo electrónico	<u>diego.rodriguez@iniap.gob.ec</u>
teléfono	0984375735

Área de Conocimiento:

Agricultura, silvicultura y Pesca – Producción agropecuaria Líneas

de investigación:

ANÁLISIS, CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD LOCAL

La biodiversidad forma parte intangible del patrimonio nacional: en la agricultura, en la medicina, en actividades pecuarias, incluso en ritos, costumbres y tradiciones culturales. Esta línea está enfocada en la generación de conocimiento para un mejor aprovechamiento de la biodiversidad local, basado en la caracterización agronómica, morfológica, genómica, física, bioquímica y usos ancestrales de los recursos naturales locales. Esta información será fundamental para establecer planes de manejo, de producción y de conservación del patrimonio natural.

LÍNEA DE VINCULACION UTC

Gestión de recursos naturales, en conjunto con el instituto de nacional de investigaciones agropecuarias para el desarrollo humano y social a través de la investigación relacionada con las diferentes densidades del chocho

Línea de vinculación de la carrera:

Mejora Genética vegetal

Nombre: Gabriela Clemencia Del Rosario Chicaiza

Teléfonos: 0984163561

Correo electrónico: gabriela.delrosario4670tc.edu.ec

2 INTRODUCCIÓN

El chocho (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa de grano comestible domesticadas desde épocas preincaicas por las culturas antiguas del nuevo mundo que estaban en América del Sur en las regiones andinas de Perú, Bolivia, y Ecuador es una planta nativa que ha sido cultivada tradicional mente y sus formas de conservación y utilización aún conservan conocimientos ancestrales que son transmitidos por generaciones. A lo largo de los años, el chocho a sido un elemento importante en la dieta de comunidades andinas tiene varios nombres comunes como tauri, tarwi y chocho (Chalampunte Flores, 2021) (Rodríguez-Ortega et al., 2023).

Su importancia radica en que las semillas que se obtienen son usadas en la alimentación humana ocupando los primeros lugares entre alimentos nativos con elevado contenido de proteínas y aceites (Jacobsen & Mujica, 2006), el *Lupinus mutabilis* es considerando el grano de mayor calidad entre todos los lupinos que se cultivan a nivel mundial el contenido de proteínas que posee oscila entre el 44 % y el 51 % y un contenido de aceites del 18% asimilándose a la soja en términos de valor nutricional y potencial industrial (Gulisano et al., 2019)

Además, el cultivo de chocho aporta esencialmente en la conservación y sostenibilidad de sistemas agroecológicos de partes altas, gracias a que los nódulos que tienen sus raíces por la bacteria *Rhizobium* fijan entre 120 y 160 kg ha⁻¹ de Nitrógeno (N) en el suelo por año mejorando así la fertilidad del suelo y reduciendo la utilización de fertilizantes sintéticos. (Jacobsen & Mujica, 2008).

Sin dejar de lado la amplia adaptación ecológica en grandes altitudes y condiciones duras, en climas templados y fríos así también como su capacidad de crecer en suelos poco fértiles como se presentan en la zona andina (Gulisano et al., 2019), además (Chalampunte Flores, 2021) comenta que el chocho o tarwi posee una gran variabilidad genética lo que facilita su mejora a través de selección de líneas con características deseables.

Todos estos aportes que brinda esta leguminosa han despertado el interés de la Unión Europea y diversos centros de investigación internacional y se podría decir que el chocho tiene la posibilidad de trascender las frontera andinas (Gulisano et al., 2019) y existen varias investigaciones en la que la gran variabilidad genética en el germoplasma del chocho ha

permitido seleccionar plantas con características deseadas como altura de planta, número de vainas, resistencia a algunas plagas y enfermedades y en el rendimiento por varios años obteniendo variedades y líneas promisorias de este cultivo (Rodríguez-Ortega et al., 2023) Por tal razón el objetivo de la siguiente investigación es evaluar, seleccionar y comparar con los parentales a las mejores líneas promisoras de chocho que se han ido obteniendo durante ya varios años por parte del programa de leguminosas del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Recursos Naturales, utilizando métodos de hibridación y selección por pedigrí.

3 JUSTIFICACIÓN

Lupinus mutabilis, es un grano andino comestible tan beneficioso en varios aspectos y muy importante en las regiones andinas de América del sur, por su alto valor nutricional y la gran capacidad de adaptabilidad en diferentes condiciones agroclimáticas (Clements et al., 2008) por tal razón trabajar en su mejoramiento genético a través de la identificación de líneas promisoras ayudaría a que el cultivo se pueda tecnificar, además de aumentar su productividad (RodríguezOrtega et al., 2023).

Y es que a pesar de su gran aporte y potencial *Lupinus mutabilis* enfrenta varios desafíos y limitaciones ya que es ignorada por el campo de la investigación y la industria debido a su baja importancia económica en el mercado mundial (Gulisano et al., 2019) sin embargo los esfuerzos de mejoramiento en curso se han ido enfocando en objetivos como desarrollar variedades de alto rendimiento, resistentes a las enfermedades y aptas para la cosecha mecanizada.(Rodríguez-Ortega et al., 2023)

Esta investigación permitirá identificar y caracterizar líneas promisorias de chocho F6 Y F7 con las mejores características morfológicas, biométricas y fenológicas, tomando en cuenta las sugerencias para mejoramiento de (Gulisano et al., 2019). Los resultados aportaran a las investigaciones que continúan los programas de investigación por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1 Beneficiarios directos

Los beneficiaros directos de presente proyecto de investigación son el Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Universidad Tecnica De Cotopaxi

4.2 Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos son los agricultores de la provincia de Cotopaxi

5 PROBLEMÁTICA

El chocho enfrenta varios desafíos que no permiten que este cultivo deje de considerarse subvalorado y es que a pesar de su alto valor no es cultivado ampliamente en su región natal, su área de producción aproximada es de 6.000 ha a pesar de que su área aprovechable es de 45.000 (Rodríguez-Ortega et al., 2023), (López Guerrero et al., 2023).

En la actualidad sigue siendo un cultivo poco estudiado, incorrectamente caracterizado y subutilizado, una de las limitaciones es la presencia de alcaloides tóxicos que tienen sus semillas, además que enfrenta varios retos agronómicos ya que no existen variedades de alto rendimiento y que sean aptas para la cosecha mecanizada por su forma indeterminada de crecer. (Gulisano et al., 2022)

De igual manera presenta susceptibilidad a enfermedades como la antracnosis que pueden afectar a la mayoría de partes de la planta,(Falconí & Yáñez-Mendizábal, 2022) sin embargo si se realiza una desinfección correcta de semilla en conjunto con practicas integradas, como la rotación de cultivos se puede evitar. (Guilengue et al., 2022)

6 OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

Evaluar 51 líneas promisorias F6 Y F7 y 5 parentales de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en la localidad de Salache - Cotopaxi.

6.2 Objetivos Específicos Seleccionar las mejores líneas promisorias de chocho en relación a los parámetros

fenológicos, morfológicos y biométricos

Comparar las mejores líneas promisorias de chocho con las líneas parentales que presenten resultados significativos

7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

OBJETIVO ESPECIFICO	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	RESULTADOS
---------------------	-------------	-------------	------------

<p>Seleccionar las mejores líneas promisorias de chocho en relación a los parámetros fenológicos, morfológicos y biométricos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Labores culturales <input type="checkbox"/> Siembra del cultivo <input type="checkbox"/> Toma de datos: Selección y etiquetado de 5 plantas de la mitad por unidad experimental <input type="checkbox"/> Analizar y ponderar a las líneas promisorias según los parámetros fenológicos, morfológicos y biométricos <input type="checkbox"/> Seleccionar la mejor o las mejores líneas promisorias <input type="checkbox"/> 	<p>Se establecerá en un Diseño Alfa Lattice 8 tratamientos x 7 bloques, con dos repeticiones</p> <p>Basado en un modelo de analisis de varianza ADEVA</p> <p>Variables</p> <p>Inicio de floración eje central</p> <p>Numero de ramas principales</p> <p>Numero de vainas eje central y ordenes</p> <p>Días a la madurez eje central y ordenes</p> <p>Altura eje central</p> <p>Altura del pedúnculo</p>	<p>Base de datos con sus respectivos cálculos, promedios de cada dato tomado.</p> <p>Datos en los que se visualiza diferencias significativas o no entre las líneas promisoras</p>
--	--	---	--

<p>Comparar las mejores líneas promisorias de chocho con las líneas parentales que presenten resultados significativos</p>	<p>□ Elaborar un cuadro en el que se encuentre las mejores líneas seleccionadas y verificar si existe algún parental entre ellas</p>	<p>Ponderación asignada según criterios de selección por caracteres de 1 a 5 donde 1 no es relevante y 5 es muy relevante</p>	<p>Determinar la</p>
--	--	---	----------------------

Tabla 1 Sistema de tareas en relación a los objetivos.

Elaborado por: Del Rosario Gabriela

8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICO

8.1 Introducción al cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis*)

En el mundo el género lupinus cuenta con un sin número de especies las cuales pueden ser anuales, bienales y perennes, las especies del mediterráneo de este género son considerados importantes en la economía y en su aporte a la fertilidad del suelo.(Ačko et al., 2023) De igual manera en la zona andina existe una gran variedad genética de cultivos andinos, uno de ellos es el chocho (Quelal Tapia, 2019). Esta leguminosa comestible fue cultivada desde épocas preincaicas, evidencia de semilla encontrada en tumbas de diferentes culturas y se pudo identificar que las culturas que conocían de este grano aplicaban procesos de maceración y lavado para eliminar los alcaloides y permitir que este producto pueda ser consumible.(Chalampunte Flores, 2021)

El chocho andino es un cultivo de gran importancia mundial, y (Jacobsen & Mujica, 2008) comentan que es originario de la zona andina de América del Sur y es el único tipo americano del género *Lupinus* domesticado y cultivado desde Colombia hasta el norte de Argentina. Es conocido como tarwi, tauri, Andean lupin, chuchus muti dependiendo del lugar en el que se encuentre (Quelal Tapia, 2019)

Según (Jacobsen & Mujica, 2008) la mayor producción de lupino de los andes se encuentra en la región andina de América del sur donde se puede aumentar la producción y desarrollar mercados. Ecuador es el que más ha realizado seguido de Perú y Bolivia, tal es el caso que comenta que el lupinus es considerado un cultivo menor, pero con mayor potencial.

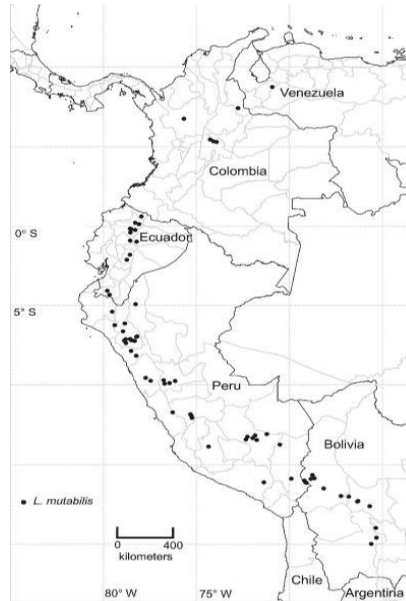


Gráfico 1. Distribución de *Lupinus mutabilis* S. georreferenciados Fuente:
(Chalampunte Flores, 2021)

En el Ecuador existe alrededor de 45000 ha con potencialidad para este cultivo ubicados en la provincia de Pichincha, Imbabura, Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi y el Carchi (López Guerrero et al., 2023) y es de gran importancia en sistemas agrícolas que son utilizados para la subsistencia ya que contribuye a la generación de ingresos económicos y la seguridad alimentaria de la población especialmente a rural. (Huaranga-Joaquin et al., 2023)

La superficie sembrada de chocho en el año 2015 fue de 7825.59 ha con una producción de 3217.49 t este fue un rendimiento bajo para (López Guerrero et al., 2023) ya que menciona que uno de los factores que influye es la falta de conocimiento de los productores sobre el manejo óptimo del cultivo.

Sin embargo posee una importancia agroecológica fundamental ya que tiene un sistema radicular que fija nitrógeno atmosférico mejorando la fertilidad del suelo.(López Guerrero et al., 2023), mediante una relación simbiótica con las bacterias en el suelo, así reduciendo el uso de fertilizantes sintéticos, es por ello que es utilizado en prácticas de agricultura sostenible en sistemas de rotación de cultivos (Biswas et al., 2023)

El chocho se puede adaptar a zonas agroecológicas y zonas secas con temperaturas de 7 y 14 °C además el suelo recomendado para su siembra es el arenoso y franco arenoso con ph de 5,5 y 7,6 (Peralta I. & Caicedo V., 2000)

8.2 Características botánicas y morfológicas del chocho

Algunas características botánicas que posee la planta es que posee una raíz pivotante y sus ramificaciones poseen nódulos fijan nitrógeno, su tallo es cilíndrico con un promedio de altura de 1,8 m, tiene hojas de tipo digitada, sus inflorescencias formadas por pétalos de varios colores dependiendo la variedad y por último las vainas o frutos de 5 a 12 cm, que en su interior contienen de 3 a 9 granos con colores variados desde blanco hasta negro. (Quelal Tapia, 2019)

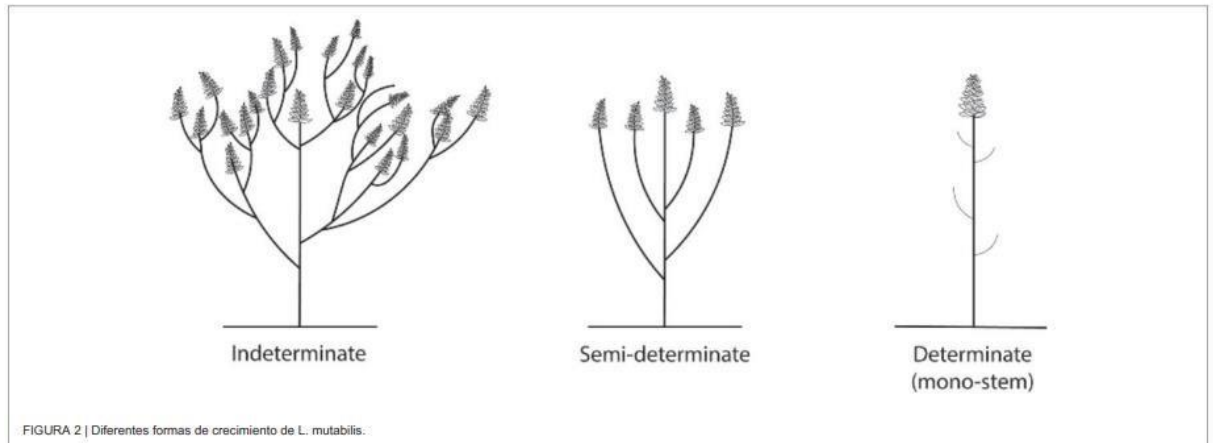


Gráfico 2. Formas de crecimiento de *Lupinus mutabilis*

Fuente: (Gulisano et al., 2019)



Gráfico 3. Variación fenotípica de flores y semillas de *L. mutabilis*

Fuente: (Gulisano et al., 2019)

8.3 Historia del mejoramiento genético en chocho

Desde ya varias décadas se han realizado trabajos de investigación científica en especies altoandinas “olvidadas” en las que su centro de origen y domesticación es la zona andina en

países como Bolivia, Perú y Ecuador uno de estos denominados cultivos andinos es el chocho o tarwi. (Peralta I. et al., 2015)

Sin embargo el género lupinus cuenta con 300 a 400 especies con varios centros de diversidad, y presenta una gran variabilidad genética y morfológica ya que tienen una amplia adaptación ecológica en la zona andina, (Chalampunte Flores, 2021)

En el mundo se cultivan actualmente 4 especies de lupinus: *L. albus* L., *L. angustifolius* L., *L. luteus* L. y *L. mutabilis* Sweet., las cuales han sido mejoradas para el consumo de animales y humanos. (Lagunes-Espinoza et al., 2012)

Las características que se desean conseguir en chocho según (Gulisano et al., 2019) y (Rodríguez-Ortega et al., 2023) son la precocidad, arquitectura de la planta, rendimiento, adaptación, color de la semilla, contenido de alcaloides, contenido de proteínas y aceites y tolerancia a la antracnosis.

Sin embargo este cultivo sigue siendo muy poco estudiado ya que posee una historia de mejoramiento muy joven y fragmentada (Gulisano et al., 2019)

El mejoramiento genético en esta leguminosa para fines comerciales se ha realizado seleccionando de manera masiva a variedades autóctonas locales y adaptándolas a entornos específicos así liberando y seleccionando al menos 25 ecotipos en 40 años (Rodríguez-Ortega et al., 2023)

El instituto nacional de investigaciones agropecuarias (Iniap) crea en 1967 un programa que encaminado a encontrar nuevas fuentes de proteína para la alimentación humana y fija su enfoque en cultivos como el chocho y en 1975 el Programa de Leguminosas y Granos Andinos de la Estación Experimental Santa Catalina comienza la recolección y creación del banco de germoplasma. (Peralta I., 2016)

8.4 Fases de mejoramiento genético

8.4.1 Conceptos de mejoramiento en leguminosas

Es muy necesario conceptualizar y tener claro que es mejoramiento, y (AgroSpray, 2021) nos da a conocer que es la unión de varias operaciones que nos permiten fijar características óptimas de genotipo y que a través de una población se obtiene otra con la capacidad de reproducirse.

8.4.2 Selección de líneas: criterios y métodos

Las leguminosas poseen la característica de tener varios impactos en el mundo ya sea utilizados para la alimentación humana o animal, como materia prima o como renovador de suelo (Biswas et al., 2023). A pesar de los varios beneficios que posee, la producción de leguminosas es

obstruida por factores externos que limitan su rendimiento o dañan tejidos de la planta. (Limenie, 2025)

Sin embargo, la mejora genética ha revolucionado la productividad minimizando los problemas que las leguminosas poseen (Limenie, 2025). Y se ha podido evidenciar notables avances en la genética, genómica y mejoramiento de esta familia, algunas de las técnicas de mejoramiento en leguminosas destacadas mencionadas por (Biswas et al., 2023) y (Rodríguez-Ortega et al., 2023) son:

8.4.2.1 Mejoramiento híbrido

El método de reproducción híbrida trata sobre el cruzamiento de poblaciones de líneas puras genéticamente diferentes y así obtener una progenie híbrida también conocida como (F1) que muestra atributos superiores debido a la heterosis. (Zhang & Wang, 2023). Además, con este método se reduce cruces innecesarios optimizando las estrategias de reproducción. (T & Hampannavar, 2018)

8.4.2.2 Mejoramiento participativo por planta

El mejoramiento participativo por planta o fitomejoramiento participativo se basa en la participación de los agricultores para realizar procesos de mejoramiento tomando en cuenta las condiciones o preferencias que ellos tengan de tal manera que los dos actores tanto Fito mejorador y agricultor trabajen de manera conjunta. (Moreno et al., 2009)

8.4.2.3 Selección genómica

El mejoramiento realizado por la selección genómica (GS) es un método en el que se utiliza los datos de los marcadores de todo el genoma y así conocer si tiene algún valor genético el individuo y el potencial que abordan los rasgos a lo largo de todo su ADN. (Varshney et al., 2017)

8.4.2.4 Selección asistida por marcadores

La selección asistida por marcadores (MAS) analiza únicamente los marcadores que tiene alguna relación con algunos aspectos de interés que se tenga y así poder seleccionar líneas con alelos superiores y desarrollar unas líneas mejoradas a pesar de ello está limitado a aspectos simples ya que no maneja rasgos completos. (Varshney et al., 2017)

8.4.2.5 Selección masal

El método de selección masal o masiva consiste en seleccionar a los individuos que tengan los mejores rasgos que se desean obtener de una población considerando los rasgos fenotípicos y de tal manera mejorando las características deseables a lo largo de generaciones. (El-Shaieny, 2017)

8.4.2.6 Selección mediante el método de pedigrí

La selección de pedigrí o el método genealógico es una técnica que utiliza la ascendencia de manera individual y así tomar decisiones de reproducción informadas de tal manera que se mejoran los rasgos a lo largo de las generaciones.(El- Seidy et al., 2023)

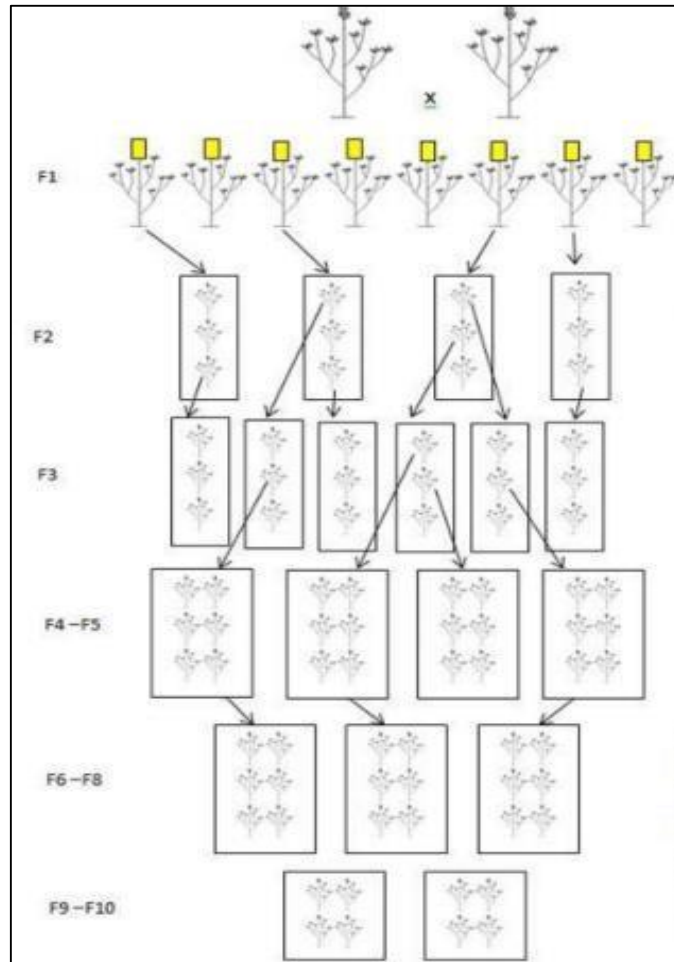


Gráfico 4. Método de pedigrí utilizado en el programa de mejoramiento del INIAP. Fuente (Rodríguez-Ortega et al., 2023)

8.4.3 Proceso de avance generacional: Líneas F6 YF7

Entre los años 2017 y 2018 el Programa de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG) del INIAP empieza a realizar cruzamientos entre el parental masculino que tiene bajo contenido de alcaloides y 6 parentales femeninos con alto contenido de alcaloides. (Agropecuarias & Andinos. (Ecuador), 2022)

Parental	Descripción	Nivel de alcaloides ¹
INIAP Andino	450 Variedad mejorada del INIAP	Alto

LFR9	Líneas promisorias generadas	Alto
LFR11	en el PRONALEG	Alto
Proinpa	Variedad donada al INIAP por el PROINPA-Bolivia	Bajo
Acc 2668	Accesiones seleccionadas y	Alto
Acc 2729	purificadas del banco de germoplasma de <i>Lupinus</i> del INIAP	Alto

Tabla 2. Parentales de chocho que fueron cruzadas en los años 2018 y2019

Fuente: (Agropecuarias & Andinos. (Ecuador), 2022)

Las poblaciones resultantes de los 7 genotipos de chocho (Tabla 1) han sido evaluadas en campo en la EESC-INIAP aproximadamente por 3 y 4 años y se obtuvieron 6 poblaciones segregantes (Tabla 2)(Agropecuarias & Andinos. (Ecuador), 2022). Las nuevas poblaciones fueron llevadas mediante el método genealógico o de pedigrí.(Rodríguez-Ortega et al., 2023)

Cruza	ID de la Población	Filial
INIAP 450 Andino x Proinpa	ANDxd	F ₅
LFR9 x Proinpa	FR9xd	F ₄
LFR11 x Proinpa	FR11xd	F ₄
Acc 2668 x Proinpa	a100xd	F ₄
Acc 2729 x Proinpa	a151xd	F ₄
Acc 12010 x Proinpa	a223xd	F ₄

Tabla 3. Poblaciones de chocho evaluadas en el año 2022.

Fuente: (Agropecuarias & Andinos. (Ecuador), 2022)

8.4.4 Avances genéticos previos en *Lupinus mutabilis*

8.5 Manejo agronómico del Chocho

(Ačko et al., 2023) nos comenta que en el manejo agronómico adecuado de chocho se debe tener algunas consideraciones como seleccionar las especies apropiadas de acuerdo al tipo de

suelo, el ph, preparación del suelo aplicando abonos y realizar rotaciones para evitar la polinización y enfermedades

8.5.1 Requerimientos agroclimáticos para cultivar chocho

8.5.1.1 Textura del suelo

En el caso de la especie andina *L. mutabilis* requiere de algunos factores importantes, uno de ellos es la textura del suelo que según (Peralta I. et al., 2008) debe ser franco arenosa o arenosa con un buen drenaje y un ph de 5.5 a 7 para evitar acumulación de agua.

8.5.1.2 Precipitación

El chocho es recomendado cultivar entre precipitaciones de 300 a 600 milímetros anuales y altitudes ubicadas entre los 2600 y 3400 msnm.(Peralta I. & Caicedo V., 2000)

8.5.1.3 Altitud

Esta leguminosa es cultivada en zonas agroecológicas situadas entre los 2800 y 3400 m de altitud específicamente en zonas de la Sierra ecuatoriana(López Guerrero et al., 2023)

8.5.1.4 Época de siembra

La época de siembra va a variar de acuerdo a la localidad, si se trata de variedades nativas en la cual el ciclo del cultivo es de 10 a 12 meses (López Guerrero et al., 2023) sugiere sembrar en octubre a noviembre y si se trata de variedades mejoradas que tienen un ciclo más corto el mismo autor recomienda sembrar de diciembre a marzo.

8.5.2 Generalidades en el manejo del cultivo

8.5.2.1 Preparación del suelo

Para poder preparar el suelo es muy importante tener en cuenta la topografía, que cultivo se estableció anteriormente y que tipo de suelo presenta ya que (Peralta I. et al., 2014) comenta que en suelos arenosos con dos pasadas de rastra es suficiente para realizar el surcado, pero si se trata de suelos más pesados es necesario arar cruzar y rastrar para poder realizar el surcado

8.5.2.2 Siembra

Para un sistema de unicultivo la siembra puede ser de manera manual y mecánica, pero con diferentes aspectos como se muestran a continuación.(Peralta I. et al., 2014)

	Distancia entre surco	Distancia entre sitio	# de semilla por sitio	Plantas x ha esperadas	Cantidad de semilla/ ha
Manera manual	60 o 80 cm	30 cm	3	170.000 o 127.000	53 o 40 kg/ha

Manera mecánica	60 0 80 cm	20 cm	2	167.000 125.000	o	52 o 38 kg/ha
-----------------	------------	-------	---	--------------------	---	---------------

Tabla 4. Tipos de siembra. Elaborado por: Del Rosario Gabriela Fuente :(Peralta I. et al., 2014)

La profundidad de siembra depende de aspectos como el tamaño de la semilla y el tipo de suelo, además en el caso de suelos más pesados la profundidad debe ser mas superficial que en suelos ligeros. (Ačko et al., 2023)

8.5.2.3 Rotación de cultivos

Consiste en la siembra sucesiva de diferentes cultivos en un mismo lugar, es considerada una práctica de conservación tradicional de los suelos, dirigida a recuperar y mantener su fertilidad (López Guerrero et al., 2023). Además ayuda a evitar complicaciones en el cultivo como pudriciones de la raíz que son causadas por hongos del suelo y para disminuir la presencia de plagas; es recomendable rotar con cereales, quinua, hortalizas y tubérculos (Peralta I. et al., 2014)

8.5.3 Plagas y enfermedades

El genero lupinus es muy susceptible a infección por diversos patógenos es por ello que se sugiere considerar la práctica de rotación de cultivos (Ačko et al., 2023). A continuación se muestra algunas plagas y enfermedades muy comunes en el género lupinus específicamente en *Lupinus mutabilis*.(Peralta I. et al., 2014)

8.5.3.1 Plagas

8.5.3.1.1 Mosca de la semilla (*Delia platura Meigen*)

Como su nombre lo menciona ataca a la semilla de lupinus y este daño puede ser total específicamente en la emergencia de la planta, limitando demasiado su rendimiento y ocasionando perdidas(López Guerrero et al., 2023)

8.5.3.1.2 Cutzo (*Barotheus castaneus*)

Este insecto en su etapa adulta realiza túneles profundos con su patas y ovipositan los huevos, los que después se convierten en larvas que se alimentan del sistema radicular de las plántulas, causando daño en las fases iniciales del desarrollo vegetativo, cortándolos a la altura del cuello (López Guerrero et al., 2023)

8.5.3.1.3 Chinche (*Rhinocloa sp.*)

Este hemíptero tiene un aparato bucal picador chupador provocando severos daños en las hojas, peciolos y flores ya que este insecto succiona la sabia de la hoja de tal manera que se atrofia por y produce decoloración(López Guerrero et al., 2023)

8.5.3.1.4 Barrenador del ápice (Díptera: *Anthomyiidae*)

Este tipo de moscas son de color negro y franjas de color gris, en este caso las hembras depositan los huevos en el ápice de la planta, el ataque de este patógeno empieza cuando la planta alcanza los 20 y 30 cm atrofiando el crecimiento normal del tallo principal (López Guerrero et al., 2023)

8.5.3.1.5 Barrenador del tallo (*Melanagromyza sp.*)

Esta mariposa pequeña deposita sus huevos en la base de la planta, la larva se introduce en el tallo y cubre el orificio con una seda, si el ataque es severo crecimiento se ve afectado además de producir marchitamiento e inclusive enanismo (Moreno et al., 2009)

8.5.3.1.6 Trips (*Frankliniella sp.*)

Se encuentran dentro de las flores y en el envés de las hojas, este insecto raspa tanto flores y hojas y así consumiendo la savia, transmitiendo enfermedades virales y afectando a los órganos de reproducción de las plantas por ende afectando a la formación de vainas (Moreno et al., 2009)

8.5.3.1.7 Polilla del chocho (*Crociosema aporema*)

Es una larva que se alimenta del grano cuando la cosecha no se realiza a tiempo, ya que por lo general no se cosecha la parte baja hasta que la parte media se encuentre madura (López Guerrero et al., 2023)

8.5.3.2 Enfermedades

8.5.3.2.1 Antracnosis (*Colletotrichum acutatum*)

Es causada por un hongo y es una de las enfermedades más importantes en el cultivo de chocho ya que ocasiona pérdidas en el rendimiento inclusive del 100 % cuando existen épocas de alta precipitación, es transmitida a través de la semilla y en campo se dispersa con la lluvia, viento, insectos y herramientas (López Guerrero et al., 2023). Los síntomas se presentan en tallos hojas, inflorescencias, vainas y semillas, como manchas deformes cloróticas de tonalidad rojiza y arrugamiento (Moreno et al., 2009)

8.5.3.2.2 Quemado del tallo (*Ascochyta sp.*)

Los síntomas son similares a la antracnosis pero el hongo *Ascochyta* provoca manchas de color negro tal cual si estuviera quemado y en medio de la mancha presenta una esporulación de color blanco (Moreno et al., 2009).

8.5.3.2.3 Cercosporosis (*Cercospora sp.*)

Es un hongo que provoca manchas foliares circulares de 2 cm en el chocho causando defoliación en toda la planta y lesiones en tallos vainas y frutos, en condiciones de altas temperaturas puede

llegara a ser destructiva, dispersándose por el viento, salpicado por luvias o en semilla infectada (Moreno et al., 2009)

8.5.3.2.4 Roya (*Uromyces lupini*)

Esta enfermedad no afecta a gran escala el rendimiento ya que presenta ataques tardíos, se pueden presentar al inicio de la floración causando daños en vainas verdes, se caracteriza por ser un polvillo de color anaranjado inicialmente aparecen pequeñas pústulas, pero se pueden extender provocando secado (López Guerrero et al., 2023)

8.5.3.2.5 Pudrición de la raíz

El chocho tiende a ser muy susceptible a daños ocasionados por *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Phythium sp.* y *Sclerotinia sclerotiorum* hongos que se encuentran en el suelo sin embargo estas pueden ser prevenidas utilizando semilla de calidad, rotando cultivos y evitando encharcamientos. (López Guerrero et al., 2023)

9 HIPÓTESIS

Ha: Las líneas promisorias F6 y F7 presentan diferencias estadísticas significativas entre ellas y son mejores que las líneas parentales

Ho. Las líneas promisorias F6 y F7 no presentan diferencias estadísticas significativas entre ellas y no son mejores que las líneas parentales

10 METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

10.1 AREA DE ESTUDIO

La evaluación y selección de las líneas promisoras obtenidas de la Estación Experimental Santa Catalina, se realizó en la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), en la Unidad de Desarrollo Iniap- Cotopaxi ya que según (Quelal Tapia, 2019) la provincia de Cotopaxi es uno de los centros de mayor producción con un 48% a nivel nacional líneas promisoras en la provincia para su producción sin embargo un aspecto a considerar es la cantidad de agua que recibe el cultivo de chocho durante su ciclo ya que es determinante para la arquitectura de la planta, lo que está relacionado con la altura, número de ramas y número de órdenes de ramas y por ende su rendimiento.



Gráfico 5. Ubicación geográfica de la localidad en las que se instalara el ensayo de líneas de chocho

10.2 Datos meteorológicos del área de estudio

Provincia:	Cotopaxi
Cantón:	Latacunga
Parroquia:	Eloy Alfaro
Sitio:	Universidad Tecnica de Cotopaxi
Altitud:	2757 m
Latitud:	00° 9'47'' N
Longitud:	78° 7'19 'E
Pluviosidad*:	480 mm

Tabla 5. Datos meteorológicos del área de estudio

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI, s/f)

El ensayo se implementó el 29 de febrero de 2024

10.3 Factores en estudio Líneas promisorias de chocho.

10.4 Tratamientos

Los tratamientos resultarán de la combinación de las de 51 líneas de chocho más los cinco testigos (Tabla 6) con la localidad presentada de la (Tabla 5). Los testigos son los parentales de los cruzamientos que iniciaron en el año 2018

Nro.	Nombre	450 Andino x Proinpa (F6)	Nro.	Nombre	FR 9 x Proinpa (F6)	Nro.	Nombre	FR 11 x Proinpa (F6)	Nro.	Nombre	Accession 100 x Proinpa (F6)	Nombre	Testigos
1	LP1	andxd1	20	LP20	9xd1	32	LP32	11xd2	44	LP44	100xd4	T1	INIAP 450 Andino**
2	LP2	andxd3	21	LP21	9xd5	33	LP33	11xd4	45	LP45	100xd7	T2	FR 11**
3	LP3	andxd7	22	LP22	9xd6	34	LP34	11xd6	46	LP46	100xd8	T3	FR 9**
4	LP4	andxd9	23	LP23	9xd15	35	LP35	11xd9	47	LP47	100xd13	T4	Accession 100**
5	LP5	andxd10	24	LP24	9xd19	36	LP36	11xd10	48	LP48	100xd16	T5	Proinpa*
6	LP6	andxd11	25	LP25	9xd24	37	LP37	11xd15	49	LP49	100xd17		
7	LP7	andxd13	26	LP26	9xd26	38	LP38	11xd18	50	LP50	100xd19		
8	LP8	andxd17	27	LP27	9xd27	39	LP39	11xd19	51	LP51	151xD s6p2		
9	LP9	andxd19	28	LP28	9xd33	40	LP40	11xd22					
10	LP10	andxd20	29	LP29	9xd34	41	LP41	11xd23					
11	LP11	andxd24	30	LP30	9xd35	42	LP42	11xd28					
12	LP12	andxd29	31	LP31	9xd39	43	LP43	11xd29					
13	LP13	andxd31											
14	LP14	andxd38											
15	LP15	andxd39											
16	LP16	andxd41											
17	LP17	andxd42											
18	LP18	andxd48											
19	LP19	andxd51											

Tabla 6. Líneas F6 Y F7 de (*Lupinus mutabilis*) a ser evaluadas

Elaborado por: Del Rosario Gabriela

La unidad experimental para la localidad de la Universidad Técnica de Cotopaxi estará constituida por una parcela de 1 surco de 2 m de longitud, separados a 0.7 m. con 2 repeticiones.



Gráfico 6 Ensayo implementado en campo. Elaborado por: Del Rosario Gabriela

10.5 Diseño experimental y análisis de datos

Se establecerá en un Diseño Alfa Latice 8 x 7, que se caracteriza por tratamientos alojados al azar sobre las unidades experimentales teniendo un solo conjunto de estos por ello es conocido como un diseño de bloques incompletos (Gabriel et al., 2020) con dos repeticiones

10.6 Variables y métodos de evaluación

Para la evaluación de todas las variables se tomarán al azar 5 plantas de la parte central de cada surco y se registrarán los siguientes datos siguiendo la metodología de (Gulisano et al., 2022)

10.6.1 Días al inicio de la floración del eje central:

Registro del número de días después de la siembra, hasta que las plantas presenten las primeras flores en el eje central.

10.6.2 Número de ramas primarias

Consiste en dividir a la planta de chocho en estratos (Figura 1); las ramas del primer orden son aquellas que se originan a partir del tallo principal, las de segundo orden, se originan de las ramas de primer orden y las de tercer orden, nacen de las ramas del segundo orden. Se realizará en el estado de madurez fisiológica (Rodríguez et al., 2024).

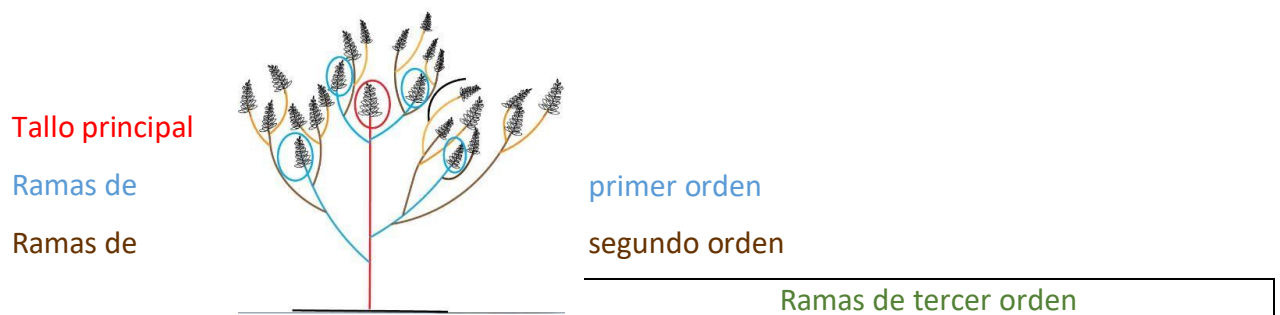


Gráfico 7. Orden de las ramas en plantas de chocho de acuerdo al color de la descripción del cuadro.
Fuente (Agropecuarias & Andinos. (Ecuador), 2022)

10.6.3 Número de vainas en el eje central:

Se cuantificará el número de vainas del eje central en el estado de madurez fisiológica.

10.6.4 Número de vainas por órdenes de las ramas de la planta:

En el estado de madurez fisiológica, se cuantificará el número de vainas presenten en ramas de primer, segundo y tercer orden (Figura 1).

10.6.5 Días a la cosecha del eje central:

Se contabilizarán los días transcurridos desde la fecha de siembra hasta cuando el eje central se cosecha.

10.6.6 Días a la cosecha de órdenes:

Se contabilizará los días transcurridos desde la siembra hasta la cosecha de los órdenes establecidos.

10.6.7 Rendimiento de grano del eje central:

Luego de la cosecha, trilla y limpieza del grano, se registrará en gramos, el rendimiento de grano y se lo reportará como rendimiento por planta.

10.6.8 Rendimiento de grano por órdenes de las ramas:

Luego de la cosecha, trilla y limpieza del grano, se registrará en gramos, el rendimiento de grano y se lo reportará como rendimiento por planta.

10.6.9 Altura de la planta

Se medirá con un metro en centímetros desde la base del suelo hasta el ápice de la planta en el eje central, en la etapa de floración en 5 plantas.

10.6.10 Largo del pedúnculo

Se medirá con un metro en centímetros desde la base de la primera ramificación a partir de la parte superior de la planta hasta en ápice de la planta en el eje central

10.6.11 Numero de vainas total por unidad experimental

Se contabilizará el total de vainas obtenida tanto en el eje central como en los órdenes de la planta

10.6.12 Rendimiento promedio

Se contabilizará el rendimiento total obtenido entre el rendimiento del eje central y el de los órdenes de la planta

10.6.13 Días a la cosecha

Se contabilizará los días trascurridos desde la siembra hasta la cosecha total de las plantas.

10.7 Ponderación de resultados

Las metodologías para la ponderación en los procesos de toma de decisiones varían significativamente en los diferentes campos, cada uno adaptado a aplicaciones específicas en esta investigación hemos utilizado una ponderación aditiva simple (Simatupang, 2018)

11 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se muestran resultados obtenidos en las variables de interés

11.1 Días a la floración

11.1.1 Cuadro de analisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Prom
DF	112	0,85	0,66	5,74	73,62732
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Genotipo	4913,38	54	90,99	5,09	0.0001 **
Repetición	2,90	1	2,90	0,16	0.6887 ns
Bloque	103,97	6	17,33	0,97	0.4552 ns
Error	893,23	50	17,86		
Total	5913,47	111			

Tabla 7 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable días a la floración

El análisis de varianza (ANOVA) reveló diferencias significativas entre los genotipos en estudio ($p < 0,05$) (Ver Tabla 7) lo que indica la existencia de variabilidad genética en la población analizada en la presente investigación. La media general del carácter analizado “días a la floración” fue de 73,62, con un coeficiente de variación (CV) de 5,74% (Ver tabla.7), lo que sugiere que los datos presentan alta homogeneidad y que el experimento fue controlado adecuadamente. Además, se corrobora para este parámetro evaluado que existe diferencias entre genotipos que se atribuyen a la diversidad genética intraespecífica.

11.1.2 Test Tukey al 5% para días a la floración

Genotipo	Medias	N	E.E.				
100xd13	59,50	2	2,99	A			
PROINPA ceja café	60,00	1	4,23	A	B		
PROINPA ceja cefé	60,00	1	4,23	A	B		
9xd26	62,10	2	2,99	A	B	C	
11xd6	63,50	2	2,99	A	B	C	D

11xd28 84,08 2 2,99	G H I J andxd29 84,70 2 2,99	H I J 9xd39
86,50 2 2,99	I J andxd24 87,05 2 2,99	J

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 8 Prueba Tukey al 5% para la variable días a la floración

En la prueba de Tukey (Ver tabla. 8) para el parámetro días a la floración, se identificaron 19 grupos homogéneos. La línea promisoría más destacada fue la LP47 (100xd13), la cual registró el menor número de días a la floración con una media de 59,50 días, un carácter clave para programas de mejoramiento orientados a la precocidad. El grupo con el mayor número de líneas promisorias fue el 10, con 25 líneas que mostraron ser homogéneos para este parámetro en estudio. Los días a la floración en este grupo oscilaron entre 68,70 y 77,38 días, reflejando un rango de adaptabilidad media dentro de las líneas seleccionadas. Por otro lado, la línea promisoría con el mayor número de días a la floración fue la línea promisoría LP11 (andxd24). El error experimental fue de 17,8 con 50 grados de libertad (gl), lo que confirma una precisión aceptable en el diseño experimental.

Los resultados concuerdan con estudios previos, como el de [Islam, 2019](#), donde también se destacó la importancia de la variabilidad genética en líneas promisorias para la selección de rasgos como la floración temprana, en el estudio se valoraron líneas de *Brassica napus*, las mismas que también mostraron diferencias significativas en cuanto a los días de floración, y la línea avanzada HS-98 obtuvo mejores resultados que las variedades comerciales.

11.2 Numero de vainas eje central

11.2.1 Cuadro de analisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Prom
Nvec		112 0,81	0,58	15,99	12,24741

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Genotipo	806,45	54	14,93	3,90	0.0001 **
Repetición	1,51	1	1,51	0,39	0.5327 Ns
Bloque	20,33	6	3,39	0,88	0.5135 Ns
Error	191,65	50	3,83		
Total	1019,95	111			

Tabla 9 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable número de vainas eje central

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado al carácter número de vainas por eje central reveló diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos evaluados ($p < 0,0001$) (Ver tabla. 9), lo que confirma una heterogeneidad genética altamente relevante en la población bajo estudio. La

media general del carácter fue de 12,24 vainas/eje, con un coeficiente de variación (CV) de 15,99% (Ver tabla. 9.). Este CV, considerado moderado-alto (superior al 10%), sugiere una dispersión significativa en los datos, lo que podría atribuirse a la interacción entre factores genéticos y ambientales, o a una mayor diversidad intrínseca en la expresión del carácter entre genotipos. A pesar de ello, la significancia estadística ($p < 0,0001$) respalda que las diferencias observadas son robustas y no aleatorias, destacando el potencial para seleccionar genotipos superiores.

11.2.2 Test Tukey al 5% para número de vainas

<u>Genotipo</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>				
andxd38	6,68	2	1,38	A	B		
9xd1	8,10	2	1,38	A	B		
11xd10	8,28	2	1,38	A	B	C	
11xd4	8,60	2	1,38	A	B	C	
9xd39	8,65	2	1,38	A	B	C	
100xd8	8,67	2	1,38	A	B	C	
9xd27	8,70	2	1,38	A	B	C	
PROINPA ceja café	8,80	1	1,96	A	B	C	
151xD	8,84	2	1,38	A	B	C	
s6p2					B	C	
11xd2	9,35	2	1,38	A	B	C	
9xd24	9,38	2	1,38	A	B	C	
andxd24	9,88	2	1,38	A			
andxd10	10,15	2	1,38	A	B	C	D
PROINPA ceja cefe	10,25	1	1,96	A	B	C	D
andxd48	10,30	2	1,38	A	B	C	D
9xd5	10,30	2	1,38	A	B	C	D
100xd19	10,50	2	1,38	A	B	C	D
100xd17	10,65	2	1,38	A	B	C	D
andxd42	10,70	2	1,38	A	B	C	D
andxd17	10,70	2	1,38	A	B	C	D
100xd7	10,85	2	1,38	A	B	C	D
100xd13	10,90	2	1,38	A	B	C	D
AND 450	11,13	4	0,98	A	B	C	D
9xd6	11,38	2	1,38	A	B	C	D
andxd31	11,38	2	1,38	A	B	C	D
11xd19	11,55	2	1,38	A	B	C	D
andxd29	11,63	2	1,38	A	B	C	D
andxd39	12,00	2	1,38	A	B	C	D
<u>9xd19</u>	<u>12,25</u>	<u>2</u>	<u>1,38</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>

11xd9	12,43	2	1,38	A	B	C	D
9xd35	12,59	2	1,38	A	B	C	D
andxd11	12,80	2	1,38	A	B	C	D
PROINPA	12,98	2	1,38	A	B	C	D
andxd19	13,00	2	1,38	A	B	C	D
andxd1	13,16	4	0,98	A	B	C	D
11xd28	13,38	2	1,38	A	B	C	D
100xd16	13,40	2	1,38	A	B	C	D
9xd34	13,50	2	1,38	A	B	C	D
11xd15	13,60	2	1,38	A	B	C	D
100xd4	13,97	2	1,38	A	B	C	D
9xd15	14,00	2	1,38	A	B	C	D
andxd9	14,30	2	1,38	A	B	C	D
11xd22	14,37	2	1,38	A	B	C	D
11xd23	14,48	2	1,38	A	B	C	D
11xd18	15,00	2	1,38	A	B	C	D
9xd26	15,10	2	1,38	A	B	C	D
11xd29	15,50	2	1,38		B	C	D
andxd20	15,88	2	1,38		B	C	D
andxd51	16,10	2	1,38		B	C	D
andxd41	16,13	2	1,38		B	C	D
andxd13	16,20	2	1,38		B	C	D
andxd3	16,30	2	1,38		B	C	D
andxd7	16,80	2	1,38			C	D
9xd33	17,00	2	1,38			C	D
<u>11xd6</u>	<u>18,65</u>	<u>2</u>	<u>1,38</u>				<u>D</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Tabla 10 Prueba tukey al 5% para la variable número de vainas eje central

Mediante la prueba de Tukey, se diferenciaron 7 grupos homogéneos estadísticamente. La línea promisoría más destacada fue la LP 34 (11xd6) (Ver tabla. 10), la cual registró el mayor número de vainas por eje central con 18,65, un rasgo crítico para maximizar el rendimiento en cultivos de leguminosas. El grupo con la mayor concentración de líneas promisorias correspondió al 4, donde se identificaron 24 líneas con valores similares a la media. En este grupo, el número de vainas por eje osciló entre 10,15 vainas/eje y 15,10 vainas/eje (Ver tabla. 10), evidenciando una amplia plasticidad fenotípica dentro de genotipos genéticamente relacionados. El error experimental (3,8330) con 50 grados de libertad (gl) refleja un diseño experimental preciso, aunque el CV moderado-alto sugiere que factores no controlados (ej: microambientes, manejo agronómico) podrían estar influyendo en la expresión del carácter.

Estos datos tienen relación con el estudio de (احمدى مهرزاد et al., 2017), donde evalúa las líneas mutantes de canola en comparación con sus padres, la investigación mostró diferencias significativas en el eje central de las vainas, y las líneas mutantes específicas mostraron rasgos

superiores. Así mismo, el estudio destacó la importancia de estos parámetros a la hora de seleccionar líneas de colza prometedoras para la reproducción.

11.3 Altura del eje central

11.3.1 Cuadro de analisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Prom
AEC		112 0,94	0,87	5,02	86,15268

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Genotipo	14792,69	54	273,94	14,65	0.0001 **
Repetición	42,74	1	42,74	2,29	0.1368 Ns
Bloque	390,59	6	65,10	3,48	0.0059 **
Error	934,65	50	18,69		
Total	16160,68	111			

Tabla 11 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable altura del eje central

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado al carácter altura del eje central reveló diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos evaluados ($p < 0,0001$) (Ver tabla 11), lo que confirma una heterogeneidad genética altamente relevante en la población bajo estudio. La media general del carácter fue de 86,15cm con un coeficiente de variación (CV) de 5,02% (Ver tabla 11). Este CV, considerado bajo (inferior al 10%), indica una alta homogeneidad en los datos, lo que sugiere que el experimento fue controlado adecuadamente, minimizando la influencia de factores ambientales o técnicos. La baja variabilidad observada respalda que las diferencias entre genotipos son atribuibles principalmente a su diversidad genética, un aspecto clave en procesos de selección vegetal.

11.3.2 Test Tukey al 5% para la variable altura del eje central

GENOTIP	MEDIAS	N	E.E.
---------	--------	---	------

9xd33	60,00	2	3,06	A
100xd19	60,13	2	3,06	A
PROINPA	64,00	1	4,32	A
ceja café 9xd26				
100xd17	65,13	2	3,06	A
100xd13	70,38	2	3,06	A
100xd4	71,38	2	3,06	A
PROINPA	72,00	2	3,06	A
9xd34	73,38	2	3,06	A
11xd15	74,13	2	3,06	A
100xd8	75,25	2	3,06	A
	75,42	2	3,06	A

B

B C

B C D

B C D E

B C D E

B C D E F H

B C D E F G

B C D E F G

B C D E F G H

PROINPA	76,67	1	4,32	
ceja café				
100xd16	77,00	2	3,06	
andxd29	77,09	2	3,06	
100xd7	77,50	2	3,06	
9xd24	78,34	2	3,06	
9xd27	78,75	2	3,06	
andxd51	78,75	2	3,06	
11xd19	80,00	2	3,06	
andxd10	80,50	2	3,06	
andxd38	80,75	2	3,06	
11xd28	81,46	2	3,06	
9xd35	82,09	2	3,06	
andxd1	82,61	4	2,16	
9xd6	82,75	2	3,06	
11xd29	83,25	2	3,06	
andxd42	84,50	2	3,06	
11xd6	88,13	2	3,06	
11xd18	88,75	2	3,06	
andxd39	89,00	2	3,06	

andxd48	90,00	2	3,06	A	B	C	D	E	F	G	H						
andxd17	90,00	2	3,06														
11xd4	90,13	2	3,06	A	B	C	D	E	F	G	H	IA	IA	B	C		
11xd9	91,50	2	3,06		C	D	E	F	G	H	I	JA	B	C			
9xd1	91,63	2	3,06		D	E	F	G	H	I	J	KA	B				
9xd15	92,00	2	3,06		C	D	E	F	G	H	I	J	K				
151xD s6p2	92,29	2	3,06	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J				
11xd22	92,34	2	3,06		KB	C	D	E	F	G	H	I	J				
andxd19	92,50	2	3,06		K	LB	C	D	E	F	G	H	I				
andxd9	92,75	2	3,06		J	K	LB	C	D	E	F	G	H				
andxd24	93,13	2	3,06		I	J	K	L	MB	C	D	E	F				
11xd23	93,34	2	3,06	B	G	H	I	J	K	L	MB	C	D				
andxd3	94,00	2	3,06		E	F	G	H	I	J	K	L	M				
andxd11	95,50	2	3,06		L	MB	C	D	E	F	G	H	I				
andxd13	96,00	2	3,06		J	K	L	MC	D	E	F	G	H				
andxd31	96,25	2	3,06		I	J	K	L	M								
9xd19	96,67	2	3,06														
9xd5	98,00	2	3,06														
AND 450	98,00	4	2,16														
andxd41	99,38	2	3,06														
andxd20	102,50	2	3,06														
11xd10	103,25	2	3,06														
9xd39	103,75	2	3,06														
andxd7	110,00	2	3,06														
11xd2	110,38	2	3,06														

D E F G H I J K L M N

D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	OD	E	F
	G	H	I	J	K	L	M	N	OD	E	F	G	H
	I	J	K	L	M	N	OE	F	G	H	I	J	K
	L	M	N	OE	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	OE	F	G	H	I	J	K	L	M	N	OF	G	H
	I	J	K	L	M	N	O	PF	G	H	I	J	K
	L	M	N	O	P	QF	G	H	I	J	K	L	M
	N	O	P	QG	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	QG	H	I	J	K	L	M	N	O	P	QG	H	I
	J	K	L	M	N	O	P	QG	H	I	J	K	L
	M	N	O	P	QH	I	J	K	L	M	N	O	P
	QH	I	J	K	L	M	N	O	P	QH	I	J	K
	L	M	N	O	P	QI	J	K	L	M	N	O	P
	QJ	K	L	M	N	O	P	QJ	K	L	M	N	O
	P	QK	L	M	N	O	P	QL	M	N	O	P	Q
L	M	N	O	P	QM	N	O	P	QN	O	P	QN	O
	P	QO	P	QP	Q								

Q

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) Tabla 12 Prueba Tukey al 5% para la variable altura del eje central. Mediante la prueba de Tukey (ver tabla 12), se diferenciaron 27 grupos homogéneos estadísticamente. La línea promisoría más destacada fue LP32 (**11xd2**) la cual registró la mayor altura del eje central, un rasgo asociado con una mayor capacidad fotosintética y potencial productivo en varios cultivos.

El grupo con la mayor concentración de líneas correspondió a la 3, donde se identificaron 13 líneas con valores similares a la media. En este grupo, la altura del eje central osciló entre 60cm y 103,75cm (ver tabla 12), evidenciando una amplia plasticidad fenotípica dentro de genotipos genéticamente relacionados. El error experimental muestra 18,6931 con 50 grados de libertad (gl) refleja un diseño experimental preciso, lo que refuerza la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Estos datos tienen relación con los encontrados en la investigación de (Guerra-Guzmán et al., 2021). En donde se estudiaron leguminosas asociadas con maíz y se reportó que la altura de las leguminosas variaba considerablemente entre diferentes variedades. Por ejemplo, la variedad Pritkar mostró una altura promedio de solo 131,1 cm, mientras que otras variedades alcanzaron hasta 424,7 cm, lo que evidencia que la altura está directamente relacionada con el genotipo de cada individuo.

11.4 Días a la madurez eje central
11.4.1 Cuadro de analisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Prom
Dmec		112 0,82	0,61	3,28	143,4696

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Genotipo	4613,93	54	85,44	3,86	0.0001 **
Repetición	329,53	1	329,53	14,87	0.0003 **
Bloque	273,50	6	45,58	2 ,06	0.0752 N s
Error	1107,91	50	22,16		
Total	6324,88	111			

Tabla 13 analisis de la varianza y coeficiente de uniformidad de la variable días a la madurez eje central

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado al carácter días a la madurez del eje central mostró diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos evaluados ($p < 0,0001$), (ver tabla 13)lo que evidencia una heterogeneidad genética altamente relevante en la población bajo estudio. La media general del carácter fue de 143,46 días, con un coeficiente de variación (CV) de 3,28%. Este CV, considerado muy bajo (inferior al 5%), indica una alta homogeneidad en los datos. La baja variabilidad observada respalda que las diferencias entre genotipos son atribuibles principalmente a su diversidad genética.

11.4.2 Test Tukey al 5% para la variable días a la madurez eje central

Genotipo	Medias	n	E.E.							
PROINPA ceja café	130,00	1	4,71	A						
100xd13	130,60	2	3,33	A						
9xd26	131,50	2	3,33	A	B					
PROINPA	134,00	2	3,33	A	B	C				
PROINPA ceja cefé	134,67	1	4,71	A	B	C	D			
11xd6	134,88	2	3,33	A	B	C	D			
andxd51	135,13	2	3,33	A	B	C	D			
100xd19	136,00	2	3,33	A	B	C	D	E		
9xd35	136,50	2	3,33	A	B	C	D	E		
11xd15	136,95	2	3,33	A	B	C	D	E	F	
9xd24	137,00	2	3,33	A	B	C	D	E	F	
100xd7	137,34	2	3,33	A	B	C	D	E	F	
andxd42	137,80	2	3,33	A	B	C	D	E	F	

11xd9	138,50	2	3,33	A	B	C	D	E	F
11xd22	138,67	2	3,33	A	B	C	D	E	F
9xd6	138,93	2	3,33	A	B	C	D	E	F
9xd27	139,13	2	3,33	A	B	C	D	E	F
100xd17	139,79	2	3,33	A	B	C	D	E	F
9xd34	140,00	2	3,33	A	B	C	D	E	F
andxd38	140,00	2	3,33	A	B	C	D	E	F
11xd10	141,25	2	3,33	A	B	C	D	E	F
11xd23	141,25	2	3,33	A	B	C	D	E	F
andxd3	141,30	2	3,33	A	B	C	D	E	F
andxd39	141,50	2	3,33	A	B	C	D	E	F
9xd33	141,63	2	3,33	A	B	C	D	E	F
11xd29	142,00	2	3,33	A	B	C	D	E	F
andxd9	142,13	2	3,33	A	B	C	D	E	F
100xd4	143,20	2	3,33	A	B	C	D	E	F
11xd19	143,50	2	3,33	A	B	C	D	E	F
9xd1	144,00	2	3,33	A	B	C	D	E	F
andxd20	144,00	2	3,33	A	B	C	D	E	F
151xD s6p2	144,07	2	3,33	A	B	C	D	E	F
100xd16	144,30	2	3,33	A	B	C	D	E	F
andxd7	144,70	2	3,33	A	B	C	D	E	F
andxd11	144,78	2	3,33	A	B	C	D	E	F
andxd31	145,00	2	3,33	A	B	C	D	E	F
9xd15	145,00	2	3,33	A	B	C	D	E	F
andxd17	145,25	2	3,33	A	B	C	D	E	F
<u>andxd13</u>	<u>145,30</u>	<u>2</u>	<u>3,33</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>	<u>E</u>	<u>F</u>

andxd48	145,50	2	3,33	A	B	C	D	E	F
100xd8	146,34	2	3,33	A	B	C	D	E	F
andxd19	146,40	2	3,33	A	B	C	D	E	F
9xd5	147,25	2	3,33	A	B	C	D	E	F
9xd19	147,84	2	3,33	A	B	C	D	E	F
andxd10	148,00	2	3,33	A	B	C	D	E	F
11xd4	148,70	2	3,33	A	B	C	D	E	F
andxd29	149,50	2	3,33	A	B	C	D	E	F
andxd1	150,28	4	2,35	A	B	C	D	E	F
11xd28	151,84	2	3,33		B	C	D	E	F
andxd24	152,00	2	3,33			C	D	E	F
11xd2	153,73	2	3,33			C	D	E	F
11xd18	153,79	2	3,33			C	D	E	F
9xd39	154,50	2	3,33				D	E	F
AND 450	155,98	4	2,35					E	F
<u>andxd41</u>	<u>157,25</u>	<u>2</u>	<u>3,33</u>						<u>F</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 14 Prueba Tukey al 5% para la variable días a la madurez del eje central

Mediante la prueba de Tukey, se diferenciaron 10 grupos que se diferenciaron entre sí. La línea más destacada fue T5 (PROINPA ceja café), la cual registró el menor número de días a la madurez de 130 días, un rasgo altamente deseable para programas de mejoramiento orientados a precocidad. El grupo con la mayor concentración de líneas promisorias correspondió al 6 donde se identificaron 39 líneas con valores relativamente deseables. En este grupo, los días a la madurez oscilaron entre 130 días y 157,25 días, evidenciando una amplia plasticidad fenotípica dentro de genotipos genéticamente relacionados. El error experimental (22,1581) con 50 grados de libertad (gl) refleja un diseño experimental preciso, lo que refuerza la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Los datos obtenidos en la presente investigación no difieren con los analizados por (Vinces, 2020), en donde estudia diferentes variedades de leguminosas y concluye que las mismas tienen distintos tiempos de maduración. Por ejemplo, la variedad de fréjol blanco Imbabura mostró días a floración y cosecha más tempranos (36 y 74 días, respectivamente) en comparación con otras variedades.

11.5 Peso en gramos eje central

11.5.1 Cuadro de analisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Prom
PGec		112 0,77	0,48	27,41	6,927143

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Genotipo	542,76	54	10,05	2,79	0.0002 **
Repetición	20,28	1	20,28	5,63	0.0216 Ns
Bloque	28,47	6	4,74	1,32	0.2673 Ns
Error	180,22	50	3,60		
Total	771,73	111			

Tabla 15 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable peso en g eje central

En lo referente al carácter peso en gramos del eje central el análisis de varianza (ANOVA), mostró diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos evaluados ($p < 0,0001$) (Ver tabla. 15), lo que evidencia una heterogeneidad genética relevante en la población en estudio. La media general del carácter fue de 6,92 gramos, con un coeficiente de variación (CV) de 27,41% (Ver tabla. 15). Este CV, considerado alto (superior al 20%), indica una dispersión significativa en los datos, lo que podría atribuirse a la interacción entre factores genéticos y ambientales, o a una mayor diversidad intrínseca en la expresión del carácter entre genotipos. A pesar de ello, la significancia estadística ($p < 0,0001$) respalda que las diferencias observadas son robustas y no aleatorias, destacando el potencial para seleccionar genotipos superiores.

11.5.2 Test Tukey al 5% para la variable peso en gramos eje central

Genotipo	Medias	n	E.E.			
100xd19	3,20	2	1,34	A	B	
9xd24	3,25	2	1,34	A	B	
andxd38	3,75	2	1,34	A	B	
11xd18	4,34	2	1,34	A	B	
andxd10	4,40	2	1,34	A	B	
100xd17	4,42	2	1,34	A		
11xd4	4,55	2	1,34	A	B	C
9xd27	4,63	2	1,34	A	B	C
9xd35	4,75	2	1,34	A	B	C
9xd34	4,93	2	1,34	A	B	C
9xd39	5,00	2	1,34	A	B	C
11xd10	5,05	2	1,34	A	B	C
11xd15	5,20	2	1,34	A	B	C
andxd24	5,21	2	1,34	A	B	C

PROINPA	5,33	1	1,90	A	B	C
ceja cefé						
100xd8	5,34	2	1,34	A	B	C
andxd39	5,40	2	1,34	A	B	C
9xd6	5,50	2	1,34	A	B	C
<u>100xd13</u>	<u>5,60</u>	<u>2</u>	<u>1,34</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
11xd2	5,65	2	1,34	A	B	C
11xd22	5,67	2	1,34	A	B	C
9xd1	5,73	2	1,34	A	B	C
andxd51	5,75	2	1,34	A	B	C
andxd29	5,92	2	1,34	A	B	C
100xd7	6,00	2	1,34	A	B	C
andxd48	6,00	2	1,34	A	B	C
11xd19	6,09	2	1,34	A	B	C
9xd5	6,23	2	1,34	A	B	C
100xd16	6,30	2	1,34	A	B	C
11xd28	6,34	2	1,34	A	B	C
151xD s6p2	6,34	2	1,34	A	B	C
9xd15	7,00	2	1,34	A	B	C
PROINPA	7,00	1	1,90	A	B	C
ceja café						
11xd9	7,40	2	1,34	A	B	C
andxd42	7,60	2	1,34	A	B	C
andxd11	7,80	2	1,34	A	B	C
9xd19	7,84	2	1,34	A	B	C
100xd4	7,84	2	1,34	A	B	C
11xd23	8,00	2	1,34	A	B	C
andxd1	8,08	4	0,95	A	B	C
9xd26	8,13	2	1,34	A	B	C
andxd3	8,30	2	1,34	A	B	C
11xd6	8,42	2	1,34	A	B	C
11xd29	8,45	2	1,34	A	B	C
andxd9	8,60	2	1,34	A	B	C
9xd33	8,90	2	1,34	A	B	C
andxd19	8,90	2	1,34	A	B	C
PROINPA	9,15	2	1,34	A	B	C
andxd20	9,75	2	1,34	A	B	C
andxd17	9,90	2	1,34	A	B	C
andxd7	10,00	2	1,34	A	B	C
andxd41	10,75	2	1,34	A	B	C
AND 450	11,05	4	0,95	A	B	C
andxd31	11,50	2	1,34		B	C
<u>andxd13</u>	<u>12,80</u>	<u>2</u>	<u>1,34</u>			<u>C</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 16 Prueba Tukey al 5% para la variable peso en gramos eje central

Mediante la prueba de Tukey, se diferenciaron grupos homogéneos estadísticamente. La línea promisoría más destacada fue la LP13 (andxd31), la cual registró el mayor peso en gramos del eje central 12.80 gramos, un rasgo directamente asociado con el potencial productivo en varios cultivos. El grupo con la mayor concentración de líneas promisorias correspondió al 3 donde se identificaron 47 líneas con valores relativamente aceptables. En este grupo, el peso en gramos del eje central osciló entre 4,55 gramos y 11,45 gramos, evidenciando una amplia plasticidad fenotípica dentro de genotipos genéticamente relacionados. El error experimental (3,6044) con 50 grados de libertad (gl) refleja un diseño experimental preciso, lo que refuerza la confiabilidad de los resultados obtenidos, a pesar del CV elevado.

11.6 Número de ramas primarias
11.6.1 Cuadro de análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Prom
NR	112	0,85	0,66	18,38	8,67375

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Genotipo	680,55	54	12,60	4,96	0.0001 **
Repetición	2,4E-03	1	2,4E-03	9,3E-04	0.9758 Ns
Bloque	23,81	6	3,97	1 ,56	0.178 N s
Error	127,03	50	2,54		
Total	831,39	111			

Tabla 17 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable número de ramas primarias

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado al carácter número de ramas primarias mostró diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos evaluados ($p < 0,0001$) (Ver tabla. 14), lo que evidencia una heterogeneidad genética relevante en la población bajo estudio. La media general del carácter fue de 8,67375 con un coeficiente de variación (CV) de 18,38% (Ver tabla. 17). Este CV, considerado moderado (entre 10% y 20%), indica una dispersión media en los datos, lo que podría atribuirse a la interacción entre factores genéticos y ambientales, o a una variabilidad intrínseca en la expresión del carácter entre genotipos. A pesar de ello, la significancia estadística mostrada anteriormente ($p < 0,0001$) respalda que las diferencias observadas son robustas y no aleatorias, destacando el potencial para seleccionar genotipos superiores.

11.6.2 Test Tukey al 5% para la variable número de ramas primarias

Genotipo	Medias	N	E.E.						
9xd35	4,38	2	1,13	A					
11xd6	4,50	2	1,13	A					
100xd19	4,50	2	1,13	A					
PROINPA ceja café	4,75	1	1,59	A					
11xd22	4,78	2	1,13	A	B				
151xD s6p2	5,07	2	1,13	A	B	C			
100xd13	5,50	2	1,13	A	B	C	D		
PROINPA ceja café	5,60	1	1,59	A	B	C	D	E	
11xd10	5,80	2	1,13	A	B	C	D	E	
100xd17	5,85	2	1,13	A	B	C	D	E	
11xd9	5,88	2	1,13	A	B	C	D	E	
9xd34	6,30	2	1,13	A	B	C	D	E	
9xd26	6,40	2	1,13	A	B	C	D	E	
11xd4	6,70	2	1,13	A	B	C	D	E	
9xd24	6,75	2	1,13	A	B	C	D	E	
9xd27	6,80	2	1,13	A	B	C	D	E	
andxd10	6,87	2	1,13	A	B	C	D	E	
9xd33	6,90	2	1,13	A	B	C	D	E	
PROINPA andxd19	7,13	2	1,13	A	B	C	D	E	F
andxd51	7,50	2	1,13	A	B	C	D	E	F
100xd16	7,50	2	1,13	A	B	C	D	E	F
100xd8	7,59	2	1,13	A	B	C	D	E	F
11xd29	7,70	2	1,13	A	B	C	D	E	F
9xd15	7,70	2	1,13	A	B	C	D	E	F
andxd38	7,90	2	1,13	A	B	C	D	E	F
11xd28	8,18	2	1,13	A	B	C	D	E	F
11xd23	8,30	2	1,13	A	B	C	D	E	F
9xd6	8,35	2	1,13	A	B	C	D	E	F
11xd15	8,70	2	1,13	A	B	C	D	E	F
100xd7	8,75	2	1,13	A	B	C	D	E	F
andxd11	9,30	2	1,13	A	B	C	D	E	F
11xd2	9,38	2	1,13	A	B	C	D	E	F
9xd5	9,40	2	1,13	A	B	C	D	E	F
9xd1	9,50	2	1,13	A	B	C	D	E	F
andxd9	9,60	2	1,13	A	B	C	D	E	F
andxd7	9,70	2	1,13	A	B	C	D	E	F
11xd19	9,78	2	1,13	A	B	C	D	E	F

andxd17	10,00	2	1,13	A	B	C	D	E	F
andxd3	10,10	2	1,13	A	B	C	D	E	F
andxd1	10,53	4	0,80	A	B	C	D	E	F
andxd20	11,00	2	1,13	A	B	C	D	E	F
9xd19	11,13	2	1,13	A	B	C	D	E	F
AND 450	11,13	4	0,80	A	B	C	D	E	F
andxd39	11,20	2	1,13	A	B	C	D	E	F
andxd29	11,20	2	1,13	A	B	C	D	E	F
andxd42	11,30	2	1,13	A	B	C	D	E	F
andxd48	11,70	2	1,13		B	C	D	E	F
andxd13	11,80	2	1,13			C	D	E	F
11xd18	12,00	2	1,13				D	E	F
andxd41	12,13	2	1,13				D	E	F
andxd31	12,38	2	1,13				D	E	F
<u>100xd4</u>	<u>12,40</u>	<u>2</u>	<u>1,13</u>				<u>D</u>	<u>E</u>	<u>F</u>

andxd24	12,50	2 1,13	E F
9xd39	14,13	2 1,13	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) Tabla 18 Prueba Tukey al 5% para la variable número de ramas primarias

Mediante la prueba de Tukey, se diferenciaron 11 grupos homogéneos estadísticamente. La línea promisoría más destacada fue de LP31 (9xd39), la cual registró el mayor número de ramas primarias 14,13, un rasgo directamente asociado con una mayor capacidad de producción y distribución de recursos en varios cultivos. El grupo con la mayor concentración de líneas promisorias correspondió al 6, donde se identificaron 28 líneas con valores cercanos a la media. En este grupo, el número de ramas primarias osciló entre 4,38 ramas y 14,13 ramas, evidenciando una amplia plasticidad fenotípica dentro de genotipos genéticamente relacionados. El error experimental (2,5407) con 50 grados de libertad (gl) refleja un diseño experimental preciso, lo que refuerza la confiabilidad de los resultados obtenidos, a pesar del CV moderado.

11.7 Largo del pedúnculo

11.7.1 Cuadro de análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Prom
LP	112	0,89	0,76	8,22	42,33357

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Genotipo	4891,18	54	90,58	7,48	0.0001 **
Repetición	2,62	1	2,62	0,22	0.6436 Ns
Bloque	77,01	6	12,83	1,06	0.3992 N s
Error	605,69	50	12,11		
Total	5576,50	111			

Tabla 19 Análisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable largo del pedúnculo

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para el carácter largo del pedúnculo reveló la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos analizados ($p < 0,0001$) (Ver tabla. 19). La media general del carácter fue de con un coeficiente de variación (CV) de 8,22% (Ver tabla. 19). Este CV, considerado bajo (inferior al 10%), indica una alta homogeneidad en los datos, lo que sugiere que el experimento fue controlado de manera rigurosa, minimizando la influencia de factores ambientales o técnicos. La baja variabilidad observada respalda que las diferencias entre genotipos son atribuibles principalmente a su diversidad genética, un aspecto clave para la selección de líneas superiores.

11.7.2 Test . Tukey al 5% para la variable largo del pedúnculo

Genotipo	Medias	n	E.E.												
andxd24	31,50	2	2,46	A											
9xd39	33,38	2	2,46	A	B										
100xd4	33,97	2	2,46	A	B	C									
11xd18	35,00	2	2,46	A	B	C	D								
andxd29	35,42	2	2,46	A	B	C	D								
11xd28	35,42	2	2,46	A	B	C	D								
AND 450	35,59	4	1,74	A	B	C	D	E							
andxd1	35,68	4	1,74	A	B	C	D	E							
100xd7	36,54	2	2,46	A	B	C	D	E							
100xd19	37,00	2	2,46	A	B	C	D	E	F						
andxd10	37,30	2	2,46	A	B	C	D	E	F						
andxd38	37,38	2	2,46	A	B	C	D	E	F						
andxd17	37,40	2	2,46	A	B	C	D	E	F						
andxd19	37,63	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G					
11xd19	37,75	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G					
9xd33	37,90	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G					
9xd26	38,08	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G					
andxd42	38,20	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G					
andxd31	38,25	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G					
andxd39	38,60	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G					
100xd8	38,67	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G					
11xd15	38,80	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G					
andxd13	38,90	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G					
9xd5	39,40	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G					
9xd27	40,38	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H				
andxd20	41,70	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H				
andxd3	42,00	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H				
andxd41	42,13	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H				
9xd15	42,60	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H				
11xd29	42,63	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H				
andxd51	42,75	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H	I			
andxd48	42,77	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H	I			
PROINPA ceja café	43,00	1	3,48	A	B	C	D	E	F	G	H	I			
11xd4	44,18	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
100xd13	44,50	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
100xd16	44,60	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
151xD s6p2	44,71	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		

PROINPA	44,90	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
9xd1	45,55	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
9xd6	45,58	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
andxd11	45,80	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
9xd19	45,92	2	2,46	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
100xd17	47,20	2	2,46		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
9xd34	47,43	2	2,46		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
11xd23	47,87	2	2,46		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
9xd35 andxd9	48,42	2	2,46		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
9xd24	49,00	2	2,46			C	D	E	F	G	H	I	J	K
PROINPA ceja cefé	49,17	2	2,46				D	E	F	G	H	I	J	K
11xd9	50,67	1	3,48					E	F	G	H	I	J	K
11xd2	51,70	2	2,46						F	G	H	I	J	K
11xd6	52,63	2	2,46							G	H	I	J	K
11xd10	55,29	2	2,46								H	I	J	K
11xd22 andxd7	57,88	2	2,46									I	J	K
	58,44	2	2,46										J	K
	61,20	2	2,46											K

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 20 Prueba Tukey al 5% para la variable largo del pedúnculo

Mediante la prueba de Tukey, se diferenciaron 11 grupos estadísticamente diferentes. La línea promisoría más destacada fue la LP3 (andxd7) (Ver tabla 20), la cual registró el mayor largo del pedúnculo 61,20 cm, un rasgo asociado con una mayor eficiencia en la distribución de recursos y la exposición de las estructuras reproductivas. El grupo con la mayor concentración de líneas correspondió al 7, donde se identificaron 11 líneas con valores significativamente superiores a la media. En este grupo, el largo del pedúnculo osciló entre 31,50 cm y 61,20 cm, evidenciando una amplia plasticidad fenotípica dentro de genotipos genéticamente relacionados. El error experimental (12,1139) con 50 grados de libertad (gl) refleja un diseño experimental preciso, lo que refuerza la confiabilidad de los resultados obtenidos.

11.8 Numero de vainas en los ordenes

11.8.1 Cuadro de analisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Prom
Nvpo		112 0,75	0,44	39,28	21,46018

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
------	----	----	----	---	---------

Genotipo	9590,82	54	177,61	2,50	0.0007	**
Repetición	435,17	1	435,17	6,13	0.0168	ns
Bloque	582,28	6	97,05	1,37	0.2466	ns
Error	3552,32	50	71,05			
Total	14160,59	111				

Tabla 21 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable número de vainas por orden

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado al carácter número de vainas en los órdenes detectó diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos evaluados ($p = 0,0007$) (Ver tabla. 21), lo que confirma una variabilidad genética sustancial en la población estudiada. La media general del carácter fue de **21,46**, con un coeficiente de variación (CV) de **39,28%** (Ver tabla. 21). Este CV, clasificado como muy alto (superior al 30%), sugiere una dispersión pronunciada en los datos, atribuible a la interacción entre factores genéticos y ambientales, así como a una amplia diversidad fenotípica entre genotipos. A pesar de la elevada variabilidad, la significancia estadística ($p < 0,001$) respalda que las diferencias observadas son consistentes y permiten identificar genotipos superiores.

11.8.2 Test Tukey al 5 % para la variable número de vainas por orden

Genotipo	Medias	n	E.E.	A	B	C
PROINPA	5,00	1	8,43			
ceja café				A		
151xD s6p2	7,35	2	5,96	A		
100xd17	7,63	2	5,96	A	B	
andxd51	9,88	2	5,96	A	B	
11xd28	10,13	2	5,96	A	B	
11xd2	11,30	2	5,96	A	B	
PROINPA	11,33	1	8,43			
ceja café				A	B	
11xd22	11,34	2	5,96	A	B	
PROINPA	11,38	2	5,96	A	B	
9xd27	12,50	2	5,96	A	B	
11xd9	13,27	2	5,96	A	B	
11xd10	13,38	2	5,96	A	B	
100xd16	13,70	2	5,96	A	B	
11xd4	14,08	2	5,96			
9xd5	14,50	2	5,96	A	B	C
9xd34	14,58	2	5,96	A	B	C

100xd19	14,63	2	5,96	A	B	C
andxd10	15,10	2	5,96	A	B	C
andxd39	15,10	2	5,96	A	B	C
100xd4	16,97	2	5,96	A	B	C
andxd7	17,00	2	5,96	A	B	C
andxd19	17,20	2	5,96	A	B	C
11xd29	17,45	2	5,96	A	B	C
andxd41	17,88	2	5,96	A	B	C
9xd35	18,38	2	5,96	A	B	C
9xd26	18,38	2	5,96	A	B	C
100xd13	18,75	2	5,96	A	B	C
9xd24	19,21	2	5,96	A	B	C
9xd39	19,63	2	5,96	A	B	C
andxd38	19,63	2	5,96	A	B	C
<u>11xd19</u>	<u>20,00</u>	<u>2</u>	<u>5,96</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
<hr/>						
andxd42	20,40	2	5,96	A	B	C
andxd48	22,09	2	5,96	A	B	C
100xd8	23,34	2	5,96	A	B	C
9xd1	23,40	2	5,96	A	B	C
11xd15	23,65	2	5,96	A	B	C
andxd3	24,10	2	5,96	A	B	C
andxd9	24,60	2	5,96	A	B	C
11xd18	24,63	2	5,96	A	B	C
9xd15	25,53	2	5,96	A	B	C
andxd17	25,65	2	5,96	A	B	C
11xd6	26,29	2	5,96	A	B	C
AND 450	26,85	4	4,21	A	B	C
11xd23	27,10	2	5,96	A	B	C
100xd7	28,04	2	5,96	A	B	C
9xd6	28,23	2	5,96	A	B	C
andxd1	28,39	4	4,21	A	B	C
9xd33	28,70	2	5,96	A	B	C
andxd13	31,50	2	5,96	A	B	C
andxd29	35,10	2	5,96	A	B	C
andxd24	37,13	2	5,96	A	B	C
andxd20	38,50	2	5,96	A	B	C
andxd11	39,60	2	5,96	A	B	C
9xd19	44,59	2	5,96		B	C
<u>andxd31</u>	<u>50,75</u>	<u>2</u>	<u>5,96</u>			<u>C</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 22 Prueba Tukey al 5% para la variable número de vainas por orden

Mediante la prueba de Tukey, se distinguieron 5 grupos homogéneos estadísticamente. La línea más destacada fue la LP 13 (andxd31) (Ver tabla. 22), la cual presentó el mayor número de vainas en los órdenes 50,75 vainas/orden, un rasgo crítico para maximizar el rendimiento en

cultivos como el chocho. El grupo con la mayor densidad de líneas promisorias correspondió al 3, donde se identificaron 39 líneas. En este grupo, el número de vainas osciló entre 14,5 vainas/orden y 39,60 vainas/orden, reflejando una notable plasticidad fenotípica dentro de genotipos relacionados. El error experimental (71,0463) con 50 grados de libertad (gl) indica una precisión aceptable en el diseño, aunque el CV elevado señala la necesidad de considerar factores ambientales en futuros ensayos. Los resultados obtenidos son similares a los analizados en (Ye et al., 2017)

11.9 Días de madurez en los ordenes
11.9.1 Cuadro de analisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Prom
Dmpo		112 0,71	0,35	4,93	160,66

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Genotipo	6797,65	54	125,88	2,00	0.007 **
Repetición	132,70	1	132,70	2,11	0.1523 ns
Bloque	711,75	6	118,63	1,89	0.1011 ns
Error	3139,41	50	62,79		
Total	10781,52	111			

Tabla 23 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable días de la madurez en los ordenes

11.9.2 Test Tukey al 5% para la variable días a la madurez de los ordenes

Genotipo	Medias n	E.E.				
PROINPA	145,00	1	7,92	A		
ceja café						
100xd8	145,92	2	5,60	A	B	
9xd26	148,50	2	5,60	A	B	
11xd15	152,00	2	5,60	A	B	
andxd20	152,34	2	5,60	A	B	
11xd23	152,67	2	5,60	A	B	
11xd6	153,34	2	5,60	A	B	
11xd22	154,50	2	5,60	A	B	
9xd35	154,63	2	5,60	A		
andxd17	155,75	2	5,60	A	B	C
100xd7	155,77	2	5,60	A	B	C
PROINPA	156,00	1	7,92	A	B	C
ceja café						
andxd51	156,00	2	5,60	A	B	C
andxd3	156,30	2	5,60	A	B	C

11xd9	156,54	2	5,60	A	B	C
100xd13	156,70	2	5,60	A	B	C
PROINPA	157,00	2	5,60	A	B	C
11xd19	157,17	2	5,60	A	B	C
100xd17	157,17	2	5,60	A	B	C
andxd42	157,50	2	5,60	A	B	C
andxd13	157,63	2	5,60	A	B	C
9xd33	157,80	2	5,60	A	B	C
andxd11	158,13	2	5,60	A	B	C
9xd27	158,50	2	5,60	A	B	C
100xd16	158,63	2	5,60	A	B	C
151xD s6p2	158,80	2	5,60	A	B	C
andxd38	159,17	2	5,60	A	B	C
9xd6	159,30	2	5,60	A	B	C
andxd7	159,30	2	5,60	A	B	C
andxd48	159,30	2	5,60	A	B	C
andxd39	159,40	2	5,60	A	B	C
9xd1	159,40	2	5,60	A	B	C
<u>9xd34</u>	<u>159,50</u>	<u>2</u>	<u>5,60</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>

11xd29	159,65	2	5,60	A	B	C
andxd9	159,90	2	5,60	A	B	C
100xd4	160,00	2	5,60	A	B	C
andxd31	160,00	2	5,60	A	B	C
9xd24	160,25	2	5,60	A	B	C
andxd19	160,50	2	5,60	A	B	C
11xd10	161,13	2	5,60	A	B	C
andxd10	161,75	2	5,60	A	B	C
9xd15	162,00	2	5,60	A	B	C
9xd19	162,34	2	5,60	A	B	C
andxd1	163,35	4	3,96	A	B	C
100xd19	163,35	2	5,60	A	B	C
11xd4	163,59	2	5,60	A	B	C
11xd28	163,75	2	5,60	A	B	C
andxd24	166,67	2	5,60	A	B	C
andxd29	169,75	2	5,60	A	B	C
andxd41	170,00	2	5,60	A	B	C
9xd5	171,34	2	5,60	A	B	C
11xd18	174,09	2	5,60	A	B	C
AND 450	177,50	4	3,96	A	B	C
11xd2	180,63	2	5,60		B	C
9xd39	189,50	2	5,60			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 24 Prueba Tukey al 5% para la variable días a la madurez en los ordenes

La prueba de Tukey permitió identificar grupos homogéneos y clasificar las líneas promisorias según su desempeño en días a la madurez. Se formaron 5 grupos significativamente diferentes entre sí. Dentro de estos, no fue una línea promisorio la mejor para este parámetro sino destacó el parental PROINPA ceja café, que mostró el menor número de días a la madurez, con un valor de 145 días, lo que la posiciona a este parental como de interés para procesos de hibridización en futuros programas de mejoramiento.

Por otro lado, el grupo con el mayor número de líneas fue el grupo 3, el cual incluyó 44 líneas. Los valores de días a la madurez dentro de este grupo oscilaron entre 155,75 días y 177,5 días (Ver tabla 24) lo que refleja una amplia variabilidad en el comportamiento de estas líneas. Estos resultados resaltan la importancia de seleccionar genotipos específicos que combinen características deseables, como un ciclo corto, para optimizar la producción en condiciones agrícolas. El error experimental (62.7882) con 50 grados de libertad (gl) indica una precisión aceptable en el diseño, aunque el CV elevado señala la necesidad de considerar posiblemente factores ambientales en futuros ensayos.

11.10 Peso en gramos de los ordenes
11.10.1 Cuadro de analisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Prom
Pgpo	112	0,68	0,28	69,44	6,585089

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Genotipo	1918,61	54	35,53	1,70	0.0301 ns
Repetición	32,29	1	32,29	1,54	0.2198 ns
Bloque	240,21	6	40,04	1,91	0.0967 ns
Error	1045,54	50	20,91		
Total	3236,66	111			

Tabla 25 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable peso en gramos de los ordenes

11.10.2 Gráfico de cajas para la variable peso en gramos

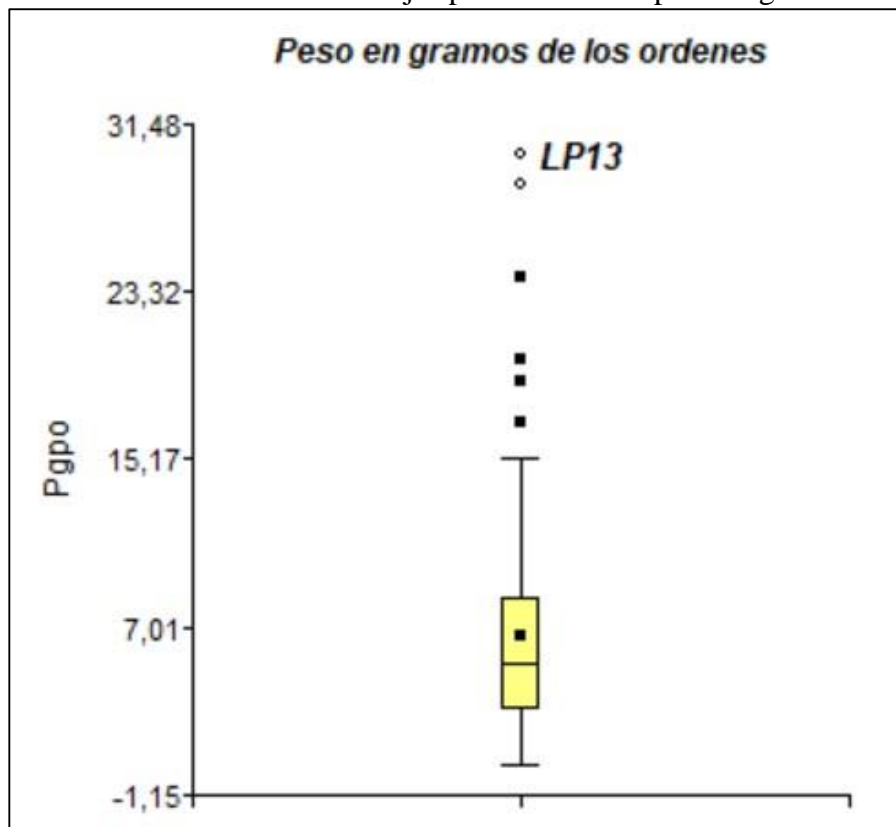


Gráfico 8 Grafico de cajas para la variable peso en gramos de los ordenes

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar el peso en gramos mostró diferencias significativas globales ($p=0.0301$), lo que sugiere variabilidad entre los 56 genotipos

analizados. Sin embargo, la prueba de Tukey no logró detectar diferencias significativas entre pares específicos, posiblemente debido al alto coeficiente de variación ($CV = 69.44\%$) y al error experimental reportado ($CME = 20.9109$) con solo 50 grados de libertad (Ver tabla. 25). A pesar de esta limitación estadística, el análisis gráfico permitió identificar patrones relevantes. Las medias oscilaron entre 0.83 g y 20 g, destacándose un grupo de líneas con valores extremos que se encuentran fuera de los bigotes del boxplot, lo que indica comportamientos atípicos o sobresalientes. En particular, el genotipo con un peso de 20 g se posiciona como el mejor desempeño dentro del conjunto evaluado (Ver gráfico.8)., representando una ventaja significativa en términos de rendimiento en peso. Este hallazgo podría ser clave para seleccionar materiales con mayor productividad en programas de mejoramiento.

Los datos de la presente investigación tienen relación con el estudio realizado por (Guaytarrilla & Falconí, 2014) en donde se estudiaron diferentes genotipos de *Lupinus mutabilis*, y se encontró que el peso de 100 semillas varió entre 29 y 42 gramos. Por ejemplo, el genotipo ECU722 mostró un peso de 36.26 gramos, mientras que el genotipo ECU-450 ANDINO tuvo un peso menor de 29.26 gramos. Estos resultados presentan diferencias, ya que en nuestra investigación el valor más alto fue de 20 gramos, mientras que en este estudio se identificaron variaciones de 29 y 42 gramos.

11.11 Numero de vainas total por unidad experimental
11.11.1 Cuadro de analisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Prom
NV	112	0,76	0,46	26,69	34,21598

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Genotipo	11813,25	54	218,76	2,62	0.0004 **
Repetición	439,24	1	439,24	5,27	0.026 ns
Bloque	697,12	6	116,19	1,39	0.2359 ns
Error	4169,84	50	83,40		
Total	17119,45	111			

Tabla 26 Analisis de la varianza y coeficiente de variación de la variable número de vainas

El análisis del ANOVA al carácter número de vainas en los órdenes reveló diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos evaluados ($p = 0,0004$), lo que demuestra una diversidad genética significativa en la población analizada. La media general del carácter

fue de 34,21 vainas/orden, con un coeficiente de variación (CV) de 26,69%. Este CV, clasificado como moderado-alto (entre 20% y 30%), indica una dispersión pronunciada en los datos, vinculada probablemente a interacciones genotipo-ambiente o a una amplia variabilidad intrínseca en la expresión del carácter. A pesar de esta variabilidad, la alta significancia estadística ($p < 0,001$) respalda la robustez de las diferencias observadas, permitiendo identificar genotipos con potencial superior para procesos de Mejoramiento Genético.

11.11.2 Test Tukey al 5% para a variable

Genotipo	Medias n	E.E.				
PROINPA ceja café	13,80	1 9,13	A	B		
151xD s6p2	17,49	2 6,46	A	B	C	
100xd17	18,28	2 6,46	A	B	C	
11xd2	20,65	2 6,46	A	B	C	
PROINPA ceja cefé	21,58	1 9,13	A	B	C	
11xd10	21,65	2 6,46	A	B	C	
9xd27	22,00	2 6,46	A			
11xd4	22,68	2 6,46	A	B	C	D
11xd28	23,50	2 6,46	A	B	C	D
PROINPA	24,35	2 6,46	A	B	C	D
9xd5	24,80	2 6,46	A	B	C	D
andxd10	25,25	2 6,46	A	B	C	D
11xd9	25,69	2 6,46	A	B	C	D
11xd22	25,70	2 6,46	A	B	C	D
100xd19	25,73	2 6,46	A	B	C	D
andxd51	25,98	2 6,46	A	B	C	D
andxd39	27,10	2 6,46	A	B	C	D
100xd16	27,10	2 6,46	A	B	C	D
9xd34	28,08	2 6,46	A	B	C	D
9xd39	28,53	2 6,46	A	B	C	D
9xd24	28,96	2 6,46	A	B	C	D
100xd13	29,95	2 6,46	A	B	C	D
andxd38	30,05	2 6,46	A	B	C	D
andxd19	30,20	2 6,46	A	B	C	D
100xd4	30,94	2 6,46	A	B	C	D
11xd19	31,55	2 6,46	A	B	C	D
9xd35	31,96	2 6,46	A	B	C	D
100xd8	32,00	2 6,46	A	B	C	D
andxd42	32,10	2 6,46	A	B	C	D
andxd48	32,39	2 6,46	A	B	C	D

11xd29	32,95	2	6,46	A	B	C	D
9xd26	33,48	2	6,46	A	B	C	D
9xd1	34,13	2	6,46	A	B	C	D
andxd7	34,20	2	6,46	A	B	C	D
andxd41	34,63	2	6,46	A	B	C	D
andxd17	36,35	2	6,46	A	B	C	D
11xd15	37,25	2	6,46	A	B	C	D
<u>AND 450</u>	<u>38,63</u>	<u>4</u>	<u>4,57</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>
<hr/>							
9xd15	39,53	2	6,46	A	B	C	D
100xd7	39,59	2	6,46	A	B	C	D
9xd6	39,60	2	6,46	A	B	C	D
11xd18	39,93	2	6,46	A	B	C	D
andxd3	40,40	2	6,46	A	B	C	D
11xd23	41,58	2	6,46	A	B	C	D
andxd9	42,00	2	6,46	A	B	C	D
andxd1	42,88	4	4,57	A	B	C	D
11xd6	44,94	2	6,46	A	B	C	D
9xd33	45,70	2	6,46	A	B	C	D
andxd24	47,00	2	6,46	A	B	C	D
andxd13	47,70	2	6,46	A	B	C	D
andxd29	50,98	2	6,46	A	B	C	D
andxd11	53,40	2	6,46	A	B	C	D
andxd20	55,63	2	6,46		B	C	D
9xd19	57,71	2	6,46			C	D
<u>andxd31</u>	<u>62,13</u>	<u>2</u>	<u>6,46</u>				<u>D</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Tabla 27 Prueba Tukey al 5% para la variables numero de vainas

Mediante la prueba de Tukey, se establecieron 7 grupos heterogéneos estadísticamente. La línea promisoría más destacada fue la LP13 (andxd31), la cual mostró el mayor número de vainas en los órdenes 62,13 vainas/orden, un rasgo clave para optimizar la productividad en cultivos. El grupo con la mayor acumulación de líneas promisorias correspondió al 4, donde se detectaron líneas similares a la media. En este grupo, el número de vainas fluctuó entre 22,68 vainas/orden y 53,40 vainas/orden, evidenciando una amplia adaptabilidad fenotípica dentro de genotipos genéticamente afines. El error experimental (83,3968) con 50 grados de libertad (gl) refleja un diseño experimental consistente, aunque el CV moderado-alto sugiere la necesidad de profundizar en el control de factores externos en futuros estudios.

Estos datos se asemejan a los mostrados por Perales, en el informe sobre Legumbres, Nutrición y Salud, donde determina que las diferencias en peso entre líneas o variedades es una característica que refleja la variabilidad genética. Determina que algunas leguminosas pueden tener un peso seco que varía considerablemente, lo que influye en su rendimiento y calidad. Por

ejemplo, el frijol negro puede tener un peso promedio de aproximadamente 364 gramos por cada 100 semillas.

11.12 Rendimiento promedio

El análisis de rendimiento promedio de los 56 genotipos evaluados reveló diferencias significativas globales según el ANOVA ($p=0.0425$) (Ver tabla. 28), lo que sugiere variabilidad en el comportamiento de los genotipos respecto a su rendimiento. Aunque la prueba de Tukey no detectó diferencias significativas entre pares específicos, posiblemente debido al alto cuadrado medio del error ($CME = 51.5786$) y al tamaño de muestra reducido ($n=2$ para la mayoría de los genotipos), el gráfico de cajas permitió identificar patrones relevantes. En particular, varias líneas promisorias destacaron por presentar medianas significativamente más altas y consistencia en su rendimiento, posicionándose como las mejores opciones dentro del conjunto evaluado la línea LP13 (andxd31). Esta línea podría ser seleccionadas para futuros estudios o programas de mejoramiento, ya que representan el potencial para maximizar el rendimiento bajo las condiciones estudiadas. Además, se observaron valores atípicos altos en algunos genotipos, lo que podría indicar adaptación a condiciones específicas o rendimientos excepcionales que merecen ser investigados en mayor profundidad. El Coeficiente de Variación fue de 49,48 y la media fue de 14,51gramos (Ver tabla. 28).

11.12.1 Cuadro de analisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Prom
Rend.Prom		11 2 0,6	6 0,2	4 49,48	14,51509

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Genotipo	4524,79	54	83,79	1,62	0.0425 ns
Repetición	83,52	1	83,52	1,62	0.2091 ns
Bloque	319,03	6	53,17	1 ,03	0.4165 ns
Error	2578,93	50	51,58		
Total	7506,27	111			

Tabla 28 Analisis de la varianza y coeficiente de variacion de la variable rendimiento promedio
11.12.2 Gráfico de cajas para la variable de rendimiento promedio

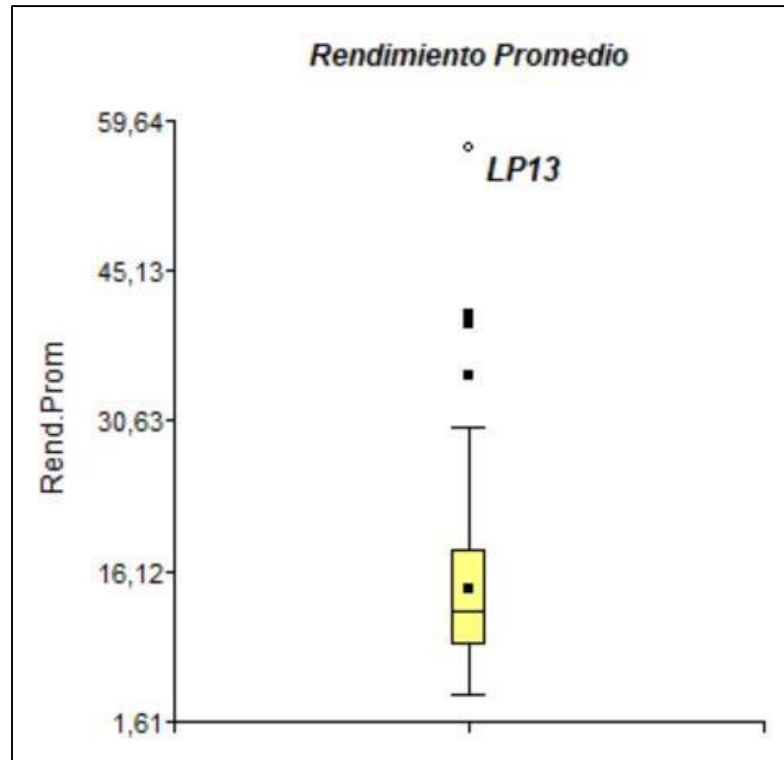


Gráfico 9 Gráfico de cajas para la variable rendimiento promedio

11.13 Días a la cosecha

El análisis de varianza (ANOVA) para el indicador días a la cosecha reveló diferencias significativas globales ($p=0.4711$), lo que indica variabilidad en el comportamiento de los 56 genotipos evaluados. Sin embargo, la prueba de Tukey no detectó diferencias significativas entre pares específicos, posiblemente debido al coeficiente de variación moderado ($CV = 11,03\%$) y al alto cuadrado medio del error ($CME = 343,2854$) con 50 grados de libertad. A pesar de esta limitación estadística, el análisis gráfico permitió identificar patrones importantes relacionados con la precocidad. Las medias de los genotipos oscilaron entre 145,00 y 200,50 días, destacándose un grupo de líneas con valores por fuera de los bigotes del boxplot, lo que sugiere rendimientos extremos o comportamientos atípicos. En particular, el genotipo con 145,00 días fue el progenitor PROINPA ceja café, que se mostró como el más precoz dentro del conjunto evaluado, representando una ventaja significativa en términos de reducción del ciclo de cultivo. Este hallazgo es clave para programas de mejoramiento orientados a la selección de materiales precoces como progenitores, optimizando el uso de recursos y adaptándose a condiciones climáticas cambiantes.

El estudio de esta variable y la importancia de la misma se identifica en varios estudios uno de ellos es el de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres en donde se ha

documentado que más del 50% del aumento en la productividad de cultivos se debe a mejoras genéticas, incluyendo la selección de variedades precoces. Además, manifiesta que este enfoque ha permitido liberar al mercado cultivares adaptados a las condiciones locales, lo que mejora tanto el rendimiento como la calidad del producto.

11.13.1 Cuadro de analisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Prom
DC	112	0,56	0,03	11,03	167,9136

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Genotipo	18934,77	54	350,64	1,02	0.4711 ns
Repetición	132,31	1	132,31	0,39	0.5375 ns
Bloque	2900,91	6	483,48	1,41	0.23 ns
Error	17164,27	50	343,29		
Total	39132,26	111			

Tabla 29 Analisis de la varianza y coeficiente de variacion de la variable dias a la cosecha

11.13.2 Gráfico de cajas para la variable Días a la cosecha

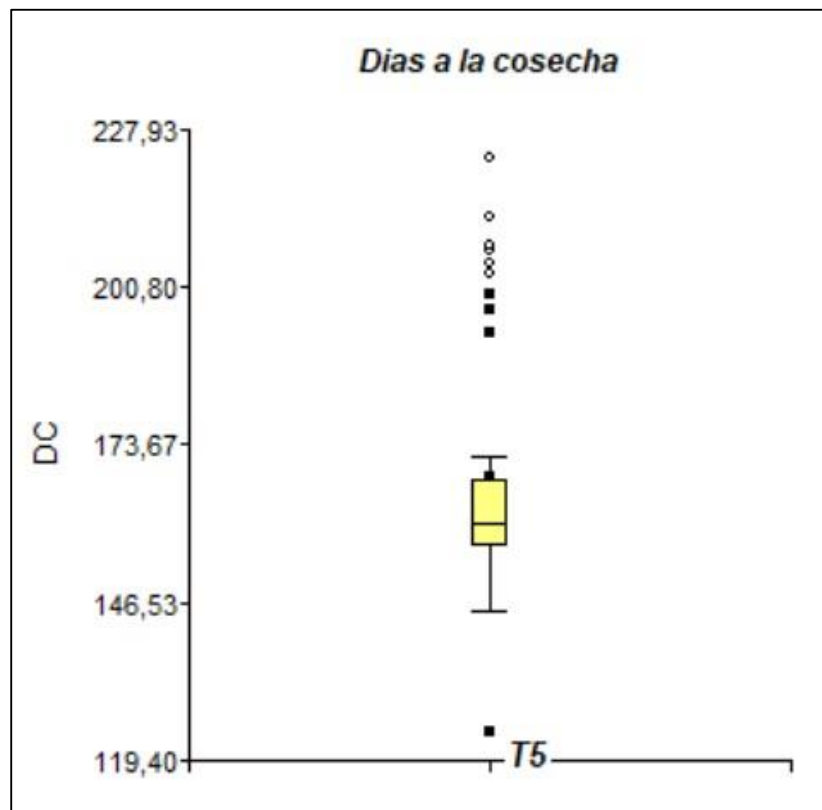


Gráfico 10 Gráfico de cajas para la variable días a la cosecha

El análisis de varianza (ANOVA) para el indicador días a la cosecha reveló diferencias significativas globales ($p=0.4711$), lo que indica variabilidad en el comportamiento de los 56 genotipos evaluados. Sin embargo, la prueba de Tukey no detectó diferencias significativas entre pares específicos, posiblemente debido al coeficiente de variación moderado ($CV = 11,03\%$) y al alto cuadrado medio del error ($CME = 343,2854$) con 50 grados de libertad. A pesar de esta limitación estadística, el análisis gráfico permitió identificar patrones importantes relacionados con la precocidad. Las medias de los genotipos oscilaron entre 145,00 y 200,50 días, destacándose un grupo de líneas con valores por fuera de los bigotes del boxplot, lo que sugiere rendimientos extremos o comportamientos atípicos. En particular, el genotipo con 145,00 días fue el progenitor PROINPA ceja café, que se mostró como el más precoz dentro del conjunto evaluado, representando una ventaja significativa en términos de reducción del ciclo de cultivo. Este hallazgo es clave para programas de mejoramiento orientados a la selección de materiales precoces como progenitores, optimizando el uso de recursos y adaptándose a condiciones climáticas cambiantes.

El estudio de esta variable y la importancia de la misma se identifica en varios estudios uno de ellos es el de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres en donde se ha documentado que más del 50% del aumento en la productividad de cultivos se debe a mejoras genéticas, incluyendo la selección de variedades precoces. Además, manifiesta que este enfoque ha permitido liberar al mercado cultivares adaptados a las condiciones locales, lo que mejora tanto el rendimiento como la calidad del producto.

Variable	Línea Promisoria	Codificación	Resultado	Ponderación
Días a la floración	LP47	100xd13	59,50	5
Número de vainas eje central	LP34	11xd6	18,65	5
Altura del eje central	LP3	andxd7	110,00	3
Días a la madurez eje central	T5	PROINPA CEJA CAFÉ	130,00	5
Peso en gramos eje central	LP7	andxd13	12,80	4
Número de ramas primarias	LP31	9xd39	14,13	3
Largo del pedúnculo	LP3	andxd7	61,20	3
Número de vainas en los órdenes	LP13	andxd31	50,75	5
Días de madurez en los órdenes	T5	PROINPA CEJA CAFÉ	145,00	4
Peso en gramos de los ordenes	LP13	andxd31	20,00	5
Número de vainas total por unidad experimental	LP13	andxd31	62,13	5
Rendimiento promedio	LP13	andxd31	31,50	5
Días a la cosecha	T5	PROINPA CEJA CAFÉ	145,00	4

Tabla 30 Ponderación de variables

NOMBRE	GENOTIPO	Ponderación total
LP13	andxd31	20
T5	Proinpa	13
LP3	andxd7	6
LP34	11xd6	5
LP47	100xd13	5
LP7	Andxd13	4

Tabla 31 mejores líneas con ponderación total

En la investigación, se destacaron varios genotipos basados en su ponderación y rendimiento en indicadores clave como rendimiento promedio, número de vainas total, número de vainas en los órdenes y peso en gramos de los órdenes. El genotipo LP13 (andxd31) obtuvo la mayor ponderación (20),(tabla 31) demostrando ser el más promisorio al superar en todos los indicadores evaluados. Este genotipo debe considerarse prioritario para futuros estudios y desarrollo de variedades comerciales. En segundo lugar, el progenitor Proinpa Ceja Café (ponderación 13)(tabla31) se posiciona como un material valioso para procesos de hibridación, especialmente como parental precoz, lo que lo hace clave para programas de mejoramiento genético.

Los genotipos LP3 (andxd7), LP34 (11xd6) y LP47 (100xd13) presentaron ponderaciones de 6, 5 y 5, respectivamente, mostrando un rendimiento moderado pero promisorio, lo que los convierte en candidatos adecuados para continuar su estudio y potencial mejora. Por último, LP7 (andxd13), con una ponderación de 4, aunque con el rendimiento más bajo entre los destacados, aún representa una línea promisoriosa que podría ser útil en investigaciones futuras, especialmente si se buscan características específicas.

Como vemos, estas líneas, especialmente LP13, son promisorias y deberían seguir siendo investigadas, mientras que el progenitor Proinpa Ceja Café debe ser considerado como un recurso clave para hibridación. Este análisis refuerza la importancia de continuar explorando estas líneas para optimizar su potencial agronómico y genético.

12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusión 1

Selección de la Mejor Línea Promisoria:

De las 51 líneas promisorias (F6 y F7) evaluadas y 5 parentales, la línea LP13 (andxd31) se posiciona como la mejor, al obtener la mayor ponderación (20) y destacarse en todos los parámetros fenológicos, morfológicos y biométricos analizados (rendimiento promedio, número de vainas total, número de vainas en los órdenes y peso en gramos de los órdenes). Esta línea demuestra un potencial superior y debe ser priorizada para futuros estudios y desarrollo de variedades mejoradas de chocho.

Conclusión 2

Comparación con los Parentales y Potencial de Hibridación:

Al comparar las líneas promisorias con los 5 parentales, el progenitor Proinpa Ceja Café (ponderación 13) emerge como un material genético de alto valor, destacándose por su precocidad y su potencial para procesos de hibridación. Aunque no supera a LP13, su rendimiento lo convierte en un parental clave para programas de mejoramiento genético. Su uso en cruces con líneas promisorias como LP13, LP3, LP34 y LP47 podría generar combinaciones con características agronómicas mejoradas, lo que sugiere una estrategia prometedora para el desarrollo de nuevas variedades.

Recomendaciones

Se sugiere seguir avanzando en el programa de mejoramiento genético con las líneas promisorias identificadas, especialmente con LP13 (andxd31), debido a su alto rendimiento y excelentes características agronómicas. Además, se debe continuar trabajando con LP3 (andxd7), LP34 (11xd6) y LP47 (100xd13), evaluando su comportamiento en campo y seleccionando aquellas que muestren mayor estabilidad y adaptabilidad para futuros ciclos de mejoramiento.

13 BIBLIOGRAFÍAS

- Ačko, D. K., Flajšman, M., Ačko, D. K., & Flajšman, M. (2023). Production and Utilization of *Lupinus* spp. En *Production and Utilization of Legumes—Progress and Prospects*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.110227>
- Agropecuarias, I. N. de I., & Andinos. (Ecuador), E. E. S. C. P. de L. y G. (2022). *Informe Anual 2022 del Programa de Leguminosas y Granos Andinos del INIAP*.
- AgroSpray. (2021, diciembre 15). Mejoramiento genético de cultivos: Ventajas del fitomejoramiento de precisión -. *AgroSpray Blog*.

- <https://agrospray.com.ar/blog/mejoramiento-genetico-de-cultivos/>
- Biswas, M. K., Patil, A., & Sunkad, G. (2023). Enhancing Legume Cultivars through Agronomy, Breeding, and Genetics. *Agronomy*, *13*(4), Article 4.
<https://doi.org/10.3390/agronomy13041035>
- Chalampunte Flores, D. S. (2021). *Estudio de la diversidad morfológica y eco-geográfica en tres cultivos andinos del Ecuador: El caso del tarwi (Lupinus mutabilis Sweet.), jícama (Smallanthus sonchifolius [Poepp. & Endl.] H. Robinson), Y miso (Mirabilis expansa Ruiz & Pav. Standley.)*. <http://hdl.handle.net/10347/27229>
- Clements, J., Sweetingham, M. W., Smith, L., Francis, G., Thomas, G., & Sipsas, S. (2008). Crop improvement in *Lupinus mutabilis* for Australian agriculture-progress and prospects. *Crop Improvement in Lupinus Mutabilis for Australian Agriculture Progress and Prospects*, 244–250. <https://researchrepository.uwa.edu.au/en/publications/crop-improvement-in-lupinus-mutabilis-foraustralian-agriculture->
- El- Seidy, E.-S., Abdel-Hafez, A.-A., Rashwan, E. E.-D., Darwesh, A., & Abdel-Hafez, A. (2023). *Pedigree Selection in Two Egyptian Cotton Crosses for Some Traits* (SSRN Scholarly Paper 4368932). Social Science Research Network.
<https://papers.ssrn.com/abstract=4368932>
- El-Shaieny, A.-H. A. H. (2017). Mass selection for enhancement fruit yield in Edkawy cultivar of tomato under different irrigation intervals in southern of Egypt. *African Journal of Agricultural Research*, *12*(23), 1993–2001.
<https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12396>
- Falconí, C. E., & Yáñez-Mendizábal, V. (2022). Available Strategies for the Management of Andean Lupin Anthracnose. *Plants*, *11*(5), Article 5.
<https://doi.org/10.3390/plants11050654>

- Gabriel, J., Castro, C., Valderde, A., & Indacochea, B. (2020). *Diseños Experimentales*.
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2064>
- Guaytarrilla, P., & Falconí, C. (2014). Selección pro arquitectura de la planta y resistencia a la Antracnosis de 7 Genotipos de Chocho (*Lupinus mutabilis*). *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*, 9(1), 63–70.
<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/cienciaytecnologia/article/view/86/84>
- Guerra-Guzmán, D. G., Guevara-Ohara, J. E., Morazán-Nuñez, H. J., Guerra-Guzmán, D. G., Guevara-Ohara, J. E., & Morazán-Nuñez, H. J. (2021). Selección de leguminosas de hábito trepador tipo iv en asocio con maíz para alimentación bovina. *Agronomía Costarricense*, 45(1), 129–141.
- Guilengue, N., Silva, M. do C., Talhinhos, P., Neves-Martins, J., & Loureiro, A. (2022). Subcuticular–Intracellular Hemibiotrophy of *Colletotrichum lupini* in *Lupinus mutabilis*. *Plants*, 11(22), Article 22. <https://doi.org/10.3390/plants11223028>
- Gulisano, A., Alves, S., Martins, J. N., & Trindade, L. M. (2019). Genetics and Breeding of *Lupinus mutabilis*: An Emerging Protein Crop. *Frontiers in Plant Science*, 10.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01385>
- Gulisano, A., Alves, S., Rodriguez, D., Murillo, A., van Dinter, B.-J., Torres, A. F., Gordillo-Romero, M., Torres, M. de L., Neves-Martins, J., Paulo, M.-J., & Trindade, L. M. (2022). Diversity and Agronomic Performance of *Lupinus mutabilis* Germplasm in European and Andean Environments. *Frontiers in Plant Science*, 13.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.903661>
- Huaranga-Joaquin, A. W., García-Bendezú, S., Pinedo-Taco, R., & Camarena-Mayta, F. (2023). CHARACTERIZATION OF TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet) PRODUCTION UNITS. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26(3), Article 3.
<https://doi.org/10.56369/tsaes.4722>

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI.* (s/f). Recuperado el 15 de mayo de 2024, de <https://www.inamhi.gob.ec/>
- Jacobsen, S.-E., & Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de los andes centrales*, 28(1), 458–482.
- Jacobsen, S.-E., & Mujica, A. (2008). Geographical distribution of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Plant Genet. Res. Newslett*, 155, 1–8.
- Lagunes-Espinoza, L. del C., López-Upton, J., García-López, E., Jasso-Mata, J., DelgadoAlvarado, A., & García de Los Santos, G. (2012). Diversidad morfológica y concentración de proteína de *Lupinus* spp. En la región centro-oriental del estado de Puebla, México. *Acta botánica mexicana*, 99, 73–90.
- Limenie, A. D. (2025). Advancement of genetic engineering applications for enhancing legume crop improvement in agriculture. *Cogent Food & Agriculture*, 11(1), 2446652. <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2446652>
- López Guerrero, V., Rodríguez, M., Murillo, Á., Vega, L., & Rodríguez, D. (2023). *Guía para Facilitar el Aprendizaje en el Manejo Integrado del Cultivo de Chocho*. Quito, EC: INIAP-EESC, 2023. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6152>
- Moreno, I., Ríos, H., & Puldón, V. (2009). El Fitomejoramiento Participativo y la selección participativa de variedades de arroz. *Cultivos Tropicales*, 30(2), 00–00.
- Peralta I., E. (2016). *El chocho en Ecuador “estado del arte”*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3938>
- Peralta I., E., & Caicedo V., C. (2000). *El chocho: Proteína vegetal y potencial económico*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2767>
- Peralta I., E., Mazón, N., Murillo I., A., Rivera M., M., & Monar B., C. (2008). *Manual agrícola de granos andinos: Chocho, quinua, amaranto y ataco. Cultivos, variedades y costos de producción*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/833>

- Peralta I., E., Mazón, N., Murillo I., A., & Rodríguez Ortega, D. G. (2014). *Manual agrícola de granos andinos: Chocho, quinua, amaranto y ataco. Cultivos, variedades, costos de producción*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2418>
- Peralta I., E., Murillo I., A., & Mazón, N. (2015). *Línea del tiempo. Mejoramiento genético de los granos andinos en Ecuador: Quinua, chocho, amaranto y ataco*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2726>
- Quelal Tapia, M. B. (2019). *Estudio de la comercialización del chocho desamargado (Lupinus mutabilis Sweet) en el Distrito Metropolitano de Quito* [masterThesis, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador]. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/6650>
- Rodríguez-Ortega, D., Zambrano, J. L., Pereira-Lorenzo, S., Torres, A., & Murillo, Á. (2023). *Lupinus mutabilis* Breeding in the Andes of Ecuador, Peru, and Bolivia: A Review. *Agronomy*, 14(1), 94. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010094>
- Simatupang, J. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Karyawan Terbaik Menggunakan Metode SAW Studi Kasus AMIK Mahaputra Riau. *Journal Intra Tech*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.37030/jit.v2i1.27>
- T, J. S. G., & Hampannavar, M. R. (2018). Concept of heterotic groups and reciprocal recurrent selection in hybrid breeding. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5), 2504–2507.
- Varshney, R. K., Roorkiwal, M., & Sorrells, M. E. (2017). Genomic Selection for Crop Improvement: An Introduction. En R. K. Varshney, M. Roorkiwal, & M. E. Sorrells (Eds.), *Genomic Selection for Crop Improvement: New Molecular Breeding Strategies for Crop Improvement* (pp. 1–6). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63170-7_1
- Vinces, R. (2020). Comportamiento morfo-agroproductivo de diferentes cultivares de frejol común (*Phaseolus vulgaris*) en las condiciones edafoclimáticas de la granja santa Inés.

Trabajo de titulación Agronomía, 18–19.

Ye, J., Yang, Y., Chen, B., Shi, J., Luo, M., Zhan, J., Wang, X., Liu, G., & Wang, H. (2017).

An integrated analysis of QTL mapping and RNA sequencing provides further insights and promising candidates for pod number variation in rapeseed (*Brassica napus* L.).

BMC Genomics, 18(1), 71. <https://doi.org/10.1186/s12864-016-3402-y>

Zhang, Z., & Wang, L. (2023). A simulation framework for reciprocal recurrent selection based

hybrid breeding under transparent and opaque simulators. *Frontiers in Plant*

Science, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1174168>

بوشهری نجات شاه اکبر علی & علیزاده بهرام ، امیددی منصور ، احمدی مهرزاد (2017). Evaluation of canola

mutant lines (*Brassica napus*. L) comparing to their parents in order to select superior

lines. *فقهف فقهف فقهف فقهف فقهف*, 12(2), 157–166.