

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA AGROPECUARIA



**TEMA: “EFECTO DE COLORES DE COBERTURA PLÁSTICA EN LA PRODUCCIÓN
DE DOS VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) EN CHALTURA, IMBABURA”**

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTORA

María del Carmen Lastra Morales

DIRECTORA

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

Ibarra - Ecuador 2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**“EFECTO DE COLORES DE COBERTURA PLÁSTICA EN LA PRODUCCIÓN DE
DOS VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) EN CHALTURA, IMBABURA”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como
requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

DIRECTORA

FIRMA

Ing. Juan Pable Aragón Suárez MSc

ASESOR

FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004704696		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Lastra Morales María Del Carmen		
DIRECCIÓN:	Imbabura-San Miguel de Urcuqui-Urcuqui		
EMAIL:	mdlastram@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	N/G	TELÉFONO MÓVIL:	0985416624

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“EFECTO DE COLORES DE COBERTURA PLÁSTICA EN LA PRODUCCIÓN DE DOS VARIEDADES DE ARVEJA (<i>Pisum sativum</i> L.) EN CHALTURA, IMBABURA”
AUTORA:	Lastra Morales María Del Carmen
FECHA DE APROBACIÓN:	19 de enero del 2026
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Agropecuaria
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Juan Pable Aragón Suárez MSc Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 19 días del mes de enero de 2026

LA AUTORA:

.....

María Del Carmen Lastra Morales

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por María Del Carmen Lastra Morales bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 19 días del mes de enero de 2026

Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.
DIRECTORA DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 19 días del mes de enero del 2026

María Del Carmen Lastra Morales: “EFECTO DE COLORES DE COBERTURA PLÁSTICA EN LA PRODUCCIÓN DE DOS VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) EN CHALTURA, IMBABURA” /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 19 días del mes de enero del 2026, con 100 páginas.

DIRECTORA: Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la producción de dos variedades de arveja (*Pisum Sativum* L.) bajo acolchado, en la Granja Experimental “La Pradera”.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

1. Caracterizar el efecto de la utilización de colores distintos de coberturas plásticas sobre el comportamiento agronómico del cultivo de arveja.
2. Determinar el rendimiento del cultivo de arveja como efecto de la utilización de dos colores de cobertura plástica distinto al suelo.
3. Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

.....
Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD.

Directora de Trabajo de Grado

.....
María Del Carmen Lastra Morales

Autora

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de titulación culmina una etapa fundamental de mi formación profesional. En este sentido, deseo expresar mi más profundo y sentido agradecimiento a las personas e instituciones que hicieron posible su realización.

En primer lugar, doy gracias a Dios por ser mi guía y fortaleza en todo momento. A mi madre, Mercedes Lastra, a quien debo todo. Sin su amor inquebrantable, su apoyo constante y su fe en mí, este logro jamás habría sido posible. Gracias por ser mi pilar fundamental.

A mi hermano Roberto y a toda mi familia, por su respaldo incondicional, por creer en mí y por acompañarme en cada paso de este camino, incluso en los momentos más desafiantes.

A la Universidad Técnica del Norte, institución a la que pertenezco, expreso mi gratitud por la formación integral recibida durante estos años y por las oportunidades académicas que me han permitido alcanzar este logro.

Extiendo mi más sincera gratitud al programa Korea Partnership for Innovation of Agriculture (KOPIA) y al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), específicamente al Programa de maíz de la Estación Experimental Santa Catalina, por proporcionar los medios y el apoyo técnico indispensables para la ejecución de este estudio. Su contribución fue fundamental en el desarrollo de la investigación.

Expreso mi gratitud a la totalidad del cuerpo docente por el conocimiento compartido y el apoyo brindado durante mi formación. Agradezco de manera particular a la Ing. Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD., directora de este trabajo, por su experta dirección, indispensable asesoría y dedicación, base del rigor de esta investigación. Un reconocimiento especial también para el Ing. Juan Pablo Aragón, la Dra. Julia Prado y la Dra. Magali Cañarejo, cuyas enseñanzas y guía fueron determinantes en mi camino académico.

A mis compañeros y amigos de la carrera, quienes se convirtieron en familia. Gracias por su apoyo emocional en los momentos cruciales y por su ayuda desinteresada en las actividades académicas; sin ustedes, este viaje no habría sido el mismo. Conservaré siempre los buenos recuerdos y aprendizajes compartidos.

María Del Carmen Lastra Morales

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVI
RESUMEN.....	XVII
1. INTRODUCCIÓN.....	19
1.1 Antecedentes.....	19
1.2 Problema.....	20
1.3 Justificación.....	21
1.4 Objetivos.....	22
1.4.1 Objetivo general.....	22
1.4.2 Objetivos específicos.....	22
1.5 Hipótesis.....	22
1.5.1 Hipótesis nula (Ho).....	22
1.5.2 Hipótesis alternativa (Ha).....	22
2. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1 Generalidades.....	23
2.2 Descripción botánica.....	23
2.2.1 Identificación taxonómica.....	23
2.2.2 Raíz.....	24
2.2.3 Los tallos.....	24
2.2.4 Las hojas.....	25
2.2.5 Inflorescencia.....	25

2.2.6 Vaina y Semillas.....	25
2.3 Hábitos de crecimiento	26
2.4 Ciclo de cultivo de la arveja.....	26
2.4.1 Etapas de desarrollo del cultivo	27
2.5 Importancia de la distancia de siembra.....	27
2.6 Variedades de arveja	28
2.6.1. Características agronómicas y morfológicas	28
2.7 Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de arveja	28
2.7.1 Suelos.....	28
2.7.2 Clima.....	29
2.7.3 Temperatura	29
2.7.4 Requerimiento hídrico	29
2.7.5 Luminosidad	30
2.8 Acolchado plástico.....	30
2.9 Costos de producción del cultivo de arveja	31
2.9.1 Indicadores Financieros	33
2.10 MARCO LEGAL.....	33
3. MARCO METODOLÓGICO	35
3.1 Caracterización del área de estudio.....	35
3.1.1 Características de la ubicación de la investigación.....	36
3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas	36
3.3 Métodos.....	37
3.3.1 Factor en estudio	37
3.3.2 Tratamientos.....	37

3.3.3. Diseño experimental	37
3.3.4 Características del experimento	38
3.3.5 Caracterización de la unidad experimental	39
3.3.6 Análisis estadístico.....	39
3.4 Variables evaluadas y su medición	39
3.4.1 Días a la emergencia	39
3.4.2 Porcentaje de germinación.....	40
3.4.3 Número de días a la floración	40
3.4.4 Duración de la floración.....	40
3.4.5 Días a la formación de vainas	41
3.4.6 Duración del llenado de vaina.....	41
3.4.7 Días a la cosecha	41
3.4.8 Número de vainas	41
3.4.9 Longitud de las vainas	41
3.4.10 Ancho de la vaina.....	42
3.4.11 Número de granos por vaina	42
3.4.12 Humedad del suelo.....	42
3.4.13 Temperatura del suelo	42
3.4.14 Incidencia.....	42
3.4.15 Rendimiento	42
3.5 Análisis Beneficio-Costo	42
3.6 Manejo específico del experimento	43
3.6.1 Preparación del suelo	43
3.6.2 Delimitación de parcelas experimentales.....	43

3.6.3 Siembra	44
3.6.4 Control de arvenses.....	44
3.6.5 Control de plagas	45
3.6.7 Cosecha en fresco	45
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1 Humedad del suelo (%).....	46
3.2 Temperatura del suelo	48
3.3 Días a la Emergencia	50
3.4 Porcentaje de germinación.....	52
3.5 Incidencia de plagas y enfermedades.....	54
3.5.1 Incidencia de trozador (Agrotis ipsilon)	54
3.5.2 Incidencia de pudrición de raíz	56
3.6 Días a la floración	58
3.7 Duración de la floración.....	60
3.8 Duración del llenado de la vaina.....	63
3.9 Vainas por planta.....	65
3.10 Peso en vaina fresco.....	67
3.11 Peso de grano en fresco.....	69
3.12 Peso de 100 granos en fresco	71
3.13 Longitud de la vaina.....	73
3.14 Ancho de la vaina.....	75
3.15 Grosor de la vaina	76
3.16 Número de granos por vaina.....	78
3.17 Largo del grano	80

3.18	Ancho del grano	82
3.19	Grosor del grano	83
3.20	Análisis beneficio costo del cultivo de arveja.....	85
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
5.1	Conclusiones.....	88
5.2	Recomendaciones	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación Geográfica de la Granja Experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.	35
Figura 2	Croquis de ensayo Diseño en Bloques Completos al Azar en Franjas.....	38
Figura 3	Plántula de arveja en fase de emergencia.....	40
Figura 4	Etapas de floración en arveja: inflorescencias blancas	40
Figura 5	Vaina inicial en la fase de fructificación del cultivo de arveja (<i>Pisum sativum</i>).....	41
Figura 6	<i>Preparación de terreno para el cultivo de arveja: labranza con arado y rastra de discos, seguida de riego.</i>	43
Figura 7	Proceso de siembra en campo de arveja (<i>Pisum sativum</i>).....	44
Figura 8	<i>Control manual de arvenses en cultivo de arveja (<i>Pisum sativum</i>) durante la fase de desarrollo vegetativo.</i>	45
Figura 9	Manejo fitosanitario del cultivo de arveja.....	45
Figura 10	Dinámica del porcentaje de humedad del suelo bajo diferentes colores de acolchado plástico (campaña septiembre 2024 – enero 2025).....	47
Figura 11	Variación de la temperatura en el suelo durante el cultivo de arveja (campaña septiembre 2024 – enero 2025)	49
Figura 12	Días a la emergencia de dos variedades de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico (campaña septiembre 2024 – enero 2025).....	51

Figura 13 Porcentaje de germinación del cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico durante la campaña septiembre 2024 – enero 2025.....	53
Figura 14 Días a la floración en el cultivo de arveja: efecto del color de la cobertura plástica y de la variedad.....	59
Figura 15 Duración de la floración en las diferentes variedades de arveja	62
Figura 16 Duración del período de llenado de vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.	64
Figura 17 Vainas de arveja por planta en acolchado plástico	66
Figura 18 Peso fresco de vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de cobertura plástica.	68
Figura 19 Peso del grano de arveja en los distintos colores de cobertura plástica	70
Figura 20 Peso fresco de 100 granos de arveja en función del color de la cobertura plástica y de la variedad.....	72
Figura 21 Longitud de la vaina de arveja en los diferentes colores de cobertura plástica.....	74
Figura 22 Ancho de vaina fresca en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de cobertura plástica	76
Figura 23 Grosor de vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de cobertura plástica.....	77
Figura 24 Número de granos por vaina de arveja en cobertura plástica.....	79
Figura 25 Longitud del grano en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de cobertura plástica.	81
Figura 26 Ancho del grano en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de cobertura plástica.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Identificación taxonómica de la arveja (<i>Pisum sativum</i> L.).....	24
Tabla 2 Fenología del cultivo de arveja: fases de desarrollo, características y duración estimada en días	27

Tabla 3 Características agronómicas y morfológicas de las variedades de arveja INIAP-432 (Lojanita) e INIAP-436 (Lilianita).....	28
Tabla 4 Descripción indicadores financieros	33
Tabla 5 Ubicación geográfica y climática de área de estudio.	36
Tabla 6 Materiales y equipos de trabajo para el desarrollo del experimento.	36
Tabla 7 Descripción de los tratamientos implementados en el proyecto	37
Tabla 8 Características Generales del Diseño Experimental.....	38
Tabla 9 Características de la Unidad Experimental (Parcela).....	39
Tabla 10 Análisis de varianza (ANOVA) del efecto de la semana, el color del acolchado y su interacción sobre la humedad del suelo en el cultivo de arveja (<i>Pisum sativum</i>).....	46
Tabla 11 Análisis de varianza (ANOVA) del efecto del color del acolchado plástico en la temperatura del suelo en el cultivo de arveja.....	49
Tabla 12 Análisis de varianza (ANOVA) del efecto del color del acolchado plástico en los días requeridos para la emergencia en el cultivo de arveja.	51
Tabla 13 Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de germinación bajo diferentes colores de acolchado plástico en el cultivo de arveja.....	52
Tabla 14 Análisis de varianza (ANOVA) del efecto del color del acolchado plástico en la incidencia de <i>Agrotis ipsilon</i> en el cultivo de arveja.	54
Tabla 15 Incidencia de trozador en los diferentes colores de cobertura plástica	55
Tabla 16 Incidencia de trozador en las diferentes variedades de arveja	55
Tabla 17 Incidencia de pudrición de raíz causada por <i>Fusarium</i> spp. en diferentes tratamientos de acolchado plástico en el cultivo de arveja.....	56
Tabla 18 Incidencia de pudrición de raíz (<i>Fusarium</i> * spp.) bajo diferentes colores de cobertura plástica.	57
Tabla 19 Incidencia de pudrición de raíz (<i>Fusarium</i> * spp.) en diferentes variedades de arveja evaluadas.....	57

Tabla 20 Análisis de varianza (ANOVA) para los días a la floración en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.....	58
Tabla 21 Análisis de varianza (ANOVA) para la duración del período de floración en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.	60
Tabla 22 Duración de la floración con cobertura plástica.....	61
Tabla 23 Análisis de varianza (ANOVA) para la duración del período de llenado de vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.	63
Tabla 24 Análisis de varianza (ANOVA) para el número de vainas por planta en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.	65
Tabla 25 Análisis de varianza (ANOVA) para el peso fresco de vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.....	68
Tabla 26 Análisis de varianza (ANOVA) para el peso fresco de grano en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.....	70
Tabla 27 Análisis de varianza (ANOVA) para el peso fresco de 100 granos en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.	71
Tabla 28 Longitud de la vaina en los distintos tratamientos	73
Tabla 29 Análisis de varianza (ANOVA) para el ancho de vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.....	75
Tabla 30 Análisis de varianza (ANOVA) para el grosor de vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.....	77
Tabla 31 Análisis de varianza (ANOVA) para el número de granos por vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.....	78
Tabla 32 Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud del grano en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.....	80
Tabla 33 Análisis de varianza (ANOVA) para el ancho del grano en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.....	82

Tabla 34 Análisis de varianza (ANOVA) para el grosor del grano en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.....	83
Tabla 35 Grosor de grano por color de acolchado	84
Tabla 36	84
Tabla 37 Análisis económico de los tratamientos evaluados en el cultivo de arveja.....	85

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Costo de producción por hectárea (USD/ha) para el cultivo de arveja de ciclo corto en la parroquia Chaltura, cantón Antonio Ante (Imbabura) (campana septiembre 2024 – enero 2025).	99
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

“EFECTO DE COLORES DE COBERTURA PLÁSTICA EN LA PRODUCCIÓN DE DOS VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) EN CHALTURA, IMBABURA”

Autor: Lastra Morales María Del Carmen

Universidad Técnica del Norte

Correo: mdlastram@utn.edu.ec

RESUMEN

El estudio evaluó el efecto de coberturas plásticas de color blanco, negro y un testigo sin cobertura en el comportamiento agronómico, rendimiento y rentabilidad de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.), Lilianita y Lojanita, en Chaltura, Imbabura. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en franjas, registrándose variables microclimáticas, fenológicas, de establecimiento, rendimiento, sanidad y análisis económico. Los resultados evidenciaron una interacción significativa ($p < 0.05$) entre el color de la cobertura y la variedad. El acolchado negro incrementó la humedad y la temperatura del suelo, favoreciendo una emergencia y floración más tempranas respecto al testigo, mientras que el acolchado blanco generó condiciones más frescas y estables. Ambas coberturas adelantaron el desarrollo fenológico en comparación con el suelo descubierto. La variedad Lojanita presentó mayor precocidad y mejor germinación con acolchado blanco, mientras que Lilianita alcanzó mayor número de vainas y mejor respuesta productiva bajo acolchado negro. El rendimiento de vaina fresca aumentó significativamente con el uso de acolchado, con un rango de 12 342 a 14 198 kg ha⁻¹, lo que representa entre 2.1 y 5.3 veces más que los testigos sin cobertura (2 661 a 5 982 kg ha⁻¹). No se observaron diferencias significativas en la incidencia de plagas y enfermedades entre tratamientos. El análisis económico evidenció que todos los tratamientos con acolchado fueron rentables, con relaciones beneficio/costos superiores a 1.6, siendo la combinación de acolchado negro con la variedad Lilianita la de mayor rentabilidad, mientras que el testigo con Lilianita sin cobertura presentó pérdidas económicas.

Palabras claves: arveja, variedad Liliana, acolchado plástico, rentabilidad, rendimiento agrícola

**EFFECT OF PLASTIC MULCH COLORS ON THE PRODUCTION OF TWO PEA
VARIETIES (*Pisum sativum* L.) IN CHALTURA, IMBABURA**

Author: Lastra Morales María Del Carmen

University: Universidad Técnica del Norte

Email: mdlastram@utn.edu.ec

ABSTRACT

The study evaluated the effect of white and black plastic mulches, and a control without mulch, on the agronomic behavior, yield, and profitability of two pea varieties (*Pisum sativum* L.), Lilianita and Lojanita, in Chaltura, Imbabura. A randomized complete block design in strips was used, recording microclimatic, phenological, establishment, yield, plant health, and economic analysis variables. The results showed a significant interaction ($p < 0.05$) between mulch color and variety. Black mulch increased soil moisture and temperature, promoting earlier emergence and flowering compared to the control, while white mulch created cooler and more stable conditions. Both mulches advanced phenological development compared to bare soil. The Lojanita variety exhibited greater earliness and better germination with white mulch, while Lilianita achieved a higher number of pods and a better productive response under black mulch. Fresh pod yield increased significantly with the use of mulch, ranging from 12,342 to 14,198 kg ha⁻¹, which represents between 2.1 and 5.3 times more than the uncovered controls (2,661 to 5,982 kg ha⁻¹). No significant differences in pest and disease incidence were observed among treatments. The economic analysis showed that all mulching treatments were profitable, with benefit/cost ratios higher than 1.6. The combination of black mulch with the Lilianita variety was the most profitable, while the control with unmulched Lilianita resulted in economic losses.

Keywords: pea, Lilianita variety, plastic mulch, profitability, agricultural yield

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La arveja (*Pisum sativum* L.) es una leguminosa de importancia global, que ocupa el tercer lugar en superficie destinada a legumbres secas a nivel mundial (Saavedra, 2012), con una producción liderada por China, India, Estados Unidos y el Reino Unido (FAOSTAT, 2023). En Ecuador, su cultivo es fundamental para la seguridad alimentaria, especialmente en provincias de la sierra como Imbabura, donde numerosos hogares la producen (Mena, 2013). Su valor nutricional, caracterizado por un alto contenido de proteína (23.8 g/100 g) y fibra dietética (25.5 g/100 g), la consolida como un alimento de alto valor (Osorio y Méndez, 2023).

Para alcanzar una producción óptima y de calidad, es necesario garantizar un crecimiento vegetativo vigoroso y un manejo nutricional adecuado, destacándose la aplicación de fertilizantes fosfatados (Mera et al., 2015). No obstante, el cultivo enfrenta desafíos agronómicos significativos, como la alta incidencia de plagas, enfermedades y estrés abiótico, factores exacerbados por la variabilidad climática (Ocampo, 2011). En este contexto, la implementación de tecnologías que moderen el microclima del suelo y mejoren la eficiencia en el uso de recursos hídricos se vuelve crucial.

El acolchado plástico es una de estas tecnologías. Su utilización mejora la eficiencia en el uso del agua, mitiga la evaporación, conserva la humedad del suelo y modera su temperatura, creando un entorno más favorable para el desarrollo de los cultivos (Zhang et al., 2024; Kishore et al., 2022). Estudios a nivel global han documentado incrementos considerables en el rendimiento con el uso de acolchados, como los registrados en maíz (*Zea mays* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Zhang et al., 2024; Kishore et al., 2022).

Investigaciones locales en la provincia de Imbabura confirman estos beneficios. En un estudio con maíz en San José de Chaltura, los acolchados biodegradable y liso produjeron los mayores valores de germinación (>94%) y rendimiento (hasta 10.93 t ha⁻¹), mostrando además mayor rentabilidad económica en comparación con el testigo sin cubrir (Ávila y Cevallos, 2025). De forma paralela, un ensayo con arveja bajo acolchado plástico reportó un incremento en el rendimiento (hasta 3.90

t ha⁻¹), una menor incidencia de plagas y enfermedades, y una relación beneficio-costo favorable (Vinocunga y Aragón, 2024).

La evidencia global y local consolida al acolchado plástico como una práctica eficaz para mejorar la productividad agrícola en la sierra ecuatoriana. Sin embargo, la investigación existente en la zona no ha abordado el efecto de un factor fundamental: el color del plástico. Diferentes colores modifican el espectro de luz que llega al cultivo, lo que puede influir en procesos fisiológicos clave como la fotosíntesis y la morfogénesis. Por lo tanto, se desconoce el efecto interactivo entre el color de la cobertura y el genotipo de variedades de arveja en las condiciones agroclimáticas específicas de Chaltura. Para generar evidencia sobre esta interacción, el presente estudio evaluó el efecto de distintos colores de cobertura plástica en la producción de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.).

1.2 Problema

La productividad y sostenibilidad del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en Ecuador se ven limitadas por factores tecnológicos y agronómicos interrelacionados. Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP] (2020), un aspecto crítico es la baja tecnificación, manifestada en el uso predominante de semillas convencionales (95%), con una adopción marginal de variedades mejoradas (4%) y semillas certificadas (1%). Esta situación se intensifica debido a la alta susceptibilidad del cultivo a perturbaciones ambientales y biológicas, las cuales, de acuerdo con la misma fuente, generan pérdidas considerables en la superficie cultivada, distribuidas de la siguiente manera: sequías y heladas (56%), plagas y enfermedades (29%), e inundaciones sumadas a factores económicos restrictivos (16%).

A estas restricciones se suma una deficiencia en la transferencia y aplicación de conocimientos técnicos específicos para el manejo del cultivo, tanto a nivel de agricultores como de profesionales del sector (González, 2018). Esta brecha de conocimiento afecta prácticas críticas como el control de arvenses, la gestión del suelo, la nutrición adecuada y la mitigación del estrés ambiental, lo que conduce a rendimientos subóptimos y a una calidad inconsistente del producto.

Este manejo agronómico inadecuado genera, además, un incremento en los costos de producción y puede alterar las condiciones edáficas, propiciando la proliferación de microorganismos fitopatógenos que afectan la sanidad del cultivo (Vásquez, 2018). En consecuencia, se configura un problema complejo que limita la eficiencia, la rentabilidad y la sostenibilidad de los sistemas

productivos de arveja. Por lo tanto, es necesario evaluar e implementar tecnologías accesibles que permitan optimizar el manejo del cultivo, mejorar la eficiencia en el uso de recursos y amortiguar el impacto de los factores ambientales adversos.

1.3 Justificación

La implementación del acolchado agrícola constituye una práctica tecnológica con beneficios documentados para incrementar el rendimiento de los cultivos, promover la sostenibilidad y mejorar la viabilidad económica de los sistemas productivos. Su acción como barrera física reduce la proliferación de malezas, disminuyendo la competencia por recursos como agua, nutrientes y radiación solar, lo que favorece un desarrollo más vigoroso de las plantas (Kasperbauer, 2000). Esta reducción en la incidencia de malezas limita la dependencia de métodos de control químicos o mecánicos, con el consiguiente ahorro en costos de producción y mitigación de impactos ambientales.

Un beneficio agronómico fundamental del acolchado es su capacidad para conservar la humedad del suelo al reducir la evaporación, lo que optimiza el uso del recurso hídrico y disminuye los requerimientos de riego (Kaur y Bons, 2017). Adicionalmente, su efecto regulador sobre la temperatura del suelo contribuye a crear un microclima radicular más estable, estimulando el desarrollo vegetativo en condiciones climáticas variables (Zhang et al., 2024).

Sin embargo, la eficacia de esta tecnología no depende únicamente de su presencia, sino también de sus propiedades ópticas específicas. El color del acolchado plástico modifica el espectro lumínico en el microambiente del cultivo, influyendo en procesos fisiológicos clave como la fotosíntesis, la morfogénesis y la termorregulación (Lamont, 2005). Aunque existen estudios sobre el uso general del acolchado, persiste un vacío de conocimiento respecto al efecto específico de diferentes colores de cobertura plástica sobre el comportamiento agronómico de variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) en las condiciones edafoclimáticas particulares de Chaltura, Imbabura.

Por lo tanto, esta investigación se justifica técnicamente por la necesidad de generar evidencia local y específica que permita determinar la configuración óptima de esta tecnología. Los resultados aportarán información cuantitativa sobre la interacción entre el color del acolchado y el genotipo, proporcionando a productores y técnicos una base científica para seleccionar la cobertura plástica más adecuada. Esto permitirá maximizar la eficiencia productiva, mejorar la rentabilidad

y fomentar la adopción de una práctica agrícola precisa y adaptada a las necesidades particulares del cultivo de arveja en la región.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la producción de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) bajo acolchado, en la Granja Experimental “La Pradera”.

1.4.2 Objetivos específicos

-Caracterizar el efecto de la utilización de colores distintos de coberturas plásticas sobre el comportamiento agronómico del cultivo de arveja.

-Determinar el rendimiento del cultivo de arveja como efecto de la utilización de dos colores de cobertura plástica distinto al suelo.

-Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis nula (H₀)

El uso de acolchado de plástico no influye en el comportamiento agronómico del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.).

1.5.2 Hipótesis alternativa (H_a)

El uso de acolchado de plástico influye en el comportamiento agronómico del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.).

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades

La arveja, también conocida comúnmente como guisante, chícharo o *petit pois*, es una leguminosa de gran relevancia agrícola y ecológica. Su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a través de la simbiosis con bacterias rizobias contribuye a reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos, lo cual favorece la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola. Esta característica, sumada a su adaptabilidad a diversas condiciones ambientales, convierte a la arveja en un cultivo fundamental para mejorar la productividad y fortalecer la seguridad alimentaria. De acuerdo con Mikic (2011), los guisantes se encuentran entre los primeros cultivos domesticados en el Cercano Oriente, hace aproximadamente 10 000 años. Desde entonces, su distribución se ha expandido ampliamente, consolidándose como uno de los granos más importantes dentro de las leguminosas de consumo humano.

2.2 Descripción botánica

La arveja es una planta anual, herbácea, con tallos trepadores y angulosos. Según Kof y Kondykov (2007), esta especie puede clasificarse en dos tipos principales de crecimiento: determinado e indeterminado. Estos hábitos de crecimiento influyen de manera significativa en la morfología de la planta, así como en su rendimiento y en la adaptación a distintas prácticas agrícolas. El crecimiento determinado se caracteriza por la detención del alargamiento del tallo una vez iniciada la floración, lo que da lugar a una estructura más compacta y uniforme. En contraste, el crecimiento indeterminado permite un alargamiento continuo del tallo y una floración prolongada, lo que puede favorecer una producción escalonada, aunque con mayores requerimientos de manejo agronómico.

2.2.1 Identificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la arveja (*Pisum sativum* L.) constituye la base para su estudio desde una perspectiva científica, ya que permite ubicarla dentro del reino vegetal y diferenciarla de otras especies con características similares. Según Mihailović et al. (2004), esta leguminosa se enmarca en la familia Fabaceae y presenta diversas denominaciones comunes dependiendo de la región, lo que resalta su importancia y amplia distribución como cultivo de interés agrícola (ver Tabla 1).

Tabla 1*Identificación taxonómica de la arveja (Pisum sativum L.)*

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino:	Vegetal
Clase:	Angiosperma
Subclase:	Dicotiledónea
Orden:	Rosales
Familia:	Leguminosas
Subfamilia:	Papilionaceas
Tribu:	Viciae
Género:	<i>Pisum</i>
Especie:	<i>sativum</i> L.
Nombre científico:	<i>Pisum sativum</i> L.
Nombre vulgar:	Arveja, guisantes, chícharo, tito, poas, arveyos, galbana, pitipúa, tacon.

Nota. Adaptado de *Botanic and agronomic classification of fodder pea, Pisum sativum L., por Mihailović et al. (2004)*. Elaboración propia (2025).

2.2.2 Raíz

La elongación de la raíz primaria en este cultivo presenta una tasa variable, condicionada por la disponibilidad de reservas en la semilla. Las raíces secundarias se diferencian de manera acropétala a partir de la raíz primaria, y su potencial de crecimiento queda parcialmente determinado durante el proceso inicial de formación radicular (Yorke y Sagar, 1970). En la absorción de nutrientes cumple una función crucial el desarrollo de pelos radicales, los cuales son prolongaciones tubulares de células epidérmicas especializadas. La presencia de proteínas específicas en estas estructuras confirma sus funciones fisiológicas especializadas (Röhm y Werner, 1986).

2.2.3 Los tallos

Los tallos de las plantas de arveja presentan una variedad de formas y hábitos de crecimiento influenciados por factores genéticos y ambientales. Estas plantas se caracterizan por su naturaleza trepadora, con tallos débiles y enrevesados, y por la presencia de zarcillos que facilitan el sostén. El crecimiento y la forma de los tallos también están sujetos a mutaciones genéticas que pueden alterar sus características típicas y provocar variaciones como el enanismo o el alargamiento de los entrenudos. Estas variaciones se controlan mediante la regulación hormonal y factores

genéticos, que desempeñan un papel crucial en el desarrollo general de la planta (Sattell et al., 1998).

2.2.4 Las hojas

Las dos primeras brácteas trifidas se desarrollan sobre el nudo cotiledonar, pueden ser subterráneas o aéreas, y presentan hasta seis folíolos ovalados, generalmente de margen entero. Estas hojas compuestas incluyen estructuras especializadas como folíolos, zarcillos (simples o ramificados), pulvínulos y estípulas (Moreau et al., 2018).

2.2.5 Inflorescencia

La ontogenia floral sigue una secuencia jerárquica de iniciación orgánica, comenzando por los sépalos, seguidos por los pétalos y carpelos y, posteriormente, por los estambres. Esta progresión es característica de las flores papilionoides (Tucker, 1989). Las características distintivas de las flores de los guisantes incluyen la presencia de cuatro primordios comunes que preceden a la aparición de los primordios discretos asociados a los pétalos y estambres. Este fenómeno conduce a una superposición significativa de las iniciaciones de órganos entre los verticilos, lo que es atípico en otros taxones de plantas (Ferrándiz et al., 1998). Las flores suelen presentar tonalidades de blanco, rosa o morado, mientras que las vainas son notablemente grandes y casi esféricas, y contienen semillas que muestran una gama de colores que van del blanco al marrón (Sattell et al., 1997).

2.2.6 Vaina y Semillas

La vaina del guisante consiste en dos capas fotosintéticas distintas: el clorénquima externo del mesocarpio y la epidermis interna que contiene cloroplastos. Estas capas participan en la captura y asimilación del CO₂, que es crucial para la actividad fotosintética de la vaina. La pared de la vaina presenta una cutícula gruesa y estomas en la epidermis externa, con venas que se proyectan hacia adentro en el mesocarpio, lo que contribuye a su integridad estructural y funcional (Atkins et al., 1977). Las variaciones en la humectabilidad y permeabilidad de las vainas se deben a la configuración de las ceras epicuticulares y al grosor de la pared de la vaina y la capa de pergamino, lo que afecta a la absorción y retención de agua (Miles, 1992).

Las semillas de arveja muestran una variedad de características morfológicas, incluidas diferencias en la forma, la textura de la superficie y el color. Estos rasgos están influenciados por la diversidad genética entre los cultivares (Zhao et al., 2020). Las semillas suelen ser grandes, casi esféricas y

pueden ser de color blanco, gris, verde o marrón (Sattell et al., 1997). El proceso de desarrollo de las semillas se caracteriza por fases de tasas de crecimiento altas y bajas, que no están estrictamente correlacionadas con etapas fisiológicas específicas (Hedley y Ambrose, 1980).

2.3 Hábitos de crecimiento

La arveja presenta variaciones en los hábitos de crecimiento. Por ejemplo, los mutantes enanos tienen entrenudos cortos, mientras que los mutantes delgados tienen entrenudos alargados. Estos patrones de crecimiento están regulados por hormonas como las giberelinas (GA) y el ácido indol-3-acético (AIA) (Kof y Kondykov, 2006).

2.4 Ciclo de cultivo de la arveja

Este grano leguminoso en el país presenta un ciclo vegetativo breve que va desde la siembra hasta la cosecha, aproximadamente cuatro meses para la variedad tierna y cinco meses para la variante seca. Tiene un doble propósito en la nutrición humana y animal, además de sus aplicaciones en los sectores agroindustriales. Su inclusión en la rotación de cultivos es muy beneficiosa, ya que mejora significativamente la fijación del nitrógeno atmosférico, enriqueciendo así el suelo, y al mismo tiempo actúa como un aumento nutricional para las especies de plantas adyacentes (Pineda, 2020).

2.4.1 Etapas de desarrollo del cultivo

En la Tabla 2 se describen las principales etapas fenológicas del cultivo de arveja.

Tabla 2

Fenología del cultivo de arveja: fases de desarrollo, características y duración estimada en días

Fases	Descripción	Duración (días)
Emergencia	Tras la germinación, la plántula emerge del suelo. Esta etapa se caracteriza por la aparición de los cotiledones por encima de la superficie del suelo, algo esencial para que la planta inicie la fotosíntesis	4-15 días
Botón floral	El cambio a la etapa reproductiva se caracteriza por el inicio de la floración. Los capullos florales iniciales se pueden observar en la sección superior del tallo de la planta.	25-30 días
Floración	Las estructuras florales iniciales comienzan a florecer. El fenómeno delineado se produce de manera sistemática, progresando secuencialmente desde el nudo reproductor primordial hasta el terminal, manifestado por el organismo dentro de su eje principal.	40-45 días
Fructificación	Los cuerpos fructíferos alcanzan una longitud aproximada de 1 cm, las estructuras florales posteriormente se descomponen y se desprenden, dando como resultado una vaina diminuta que exhibe vestigios de la estructura reproductiva en su cima.	60-125 días
Maduración	Esta etapa final implica la disminución gradual de las funciones fisiológicas, lo que lleva a la maduración y el secado de las semillas. La planta reasigna los recursos para garantizar el desarrollo y la dispersión exitosos de las semillas	140-150 días

Nota. Adaptado de *A key for stages of development of the pea (Pisum sativum)*, Knott, 1987. Fuente: Elaboración propia, 2025.

2.5 Importancia de la distancia de siembra

La densidad de siembra de la arveja es un factor crítico que influye en su rendimiento y desempeño agronómico. Las investigaciones indican que densidades que oscilan entre 70 y 140 plantas por metro cuadrado son generalmente eficaces para maximizar el rendimiento en cultivares de arvejas sin hojas. Este rango permite un crecimiento compensatorio, en el que el número de vainas por planta aumenta a medida que disminuye la densidad, manteniendo unos rendimientos cercanos al máximo (Heath et al., 1991).

2.6 Variedades de arveja

La variedad INIAP-432 (Lojanita) fue desarrollada con la participación de agricultores y se caracteriza por su precocidad, con un ciclo que varía entre 80 y 120 días dependiendo de la altitud y las condiciones del área de cultivo. Se adapta adecuadamente a sistemas de intercalado o rotación con otros cultivos, prospera entre los 2 400 y 3 200 m s.n.m. en distintos agroecosistemas y suele establecerse en zonas de riego limitado o de temporal. Su principal atractivo radica en la rentabilidad obtenida por la comercialización en estado tierno (Peralta et al., 1997).

Por su parte, la línea ECU-436 (Lilianita) destaca por su amplia adaptabilidad, buen rendimiento y tolerancia a enfermedades foliares. Presenta granos de calidad, con tamaño grande y color crema en estado seco, además de un ciclo medianamente precoz y una favorable aceptación en el mercado tanto en grano tierno como seco (Murillo et al., 2010).

2.6.1. Características agronómicas y morfológicas

A continuación, en la tabla 3 se detallan las principales características agronómicas y morfológicas de ambas variedades:

Tabla 3

Características agronómicas y morfológicas de las variedades de arveja INIAP-432 (Lojanita) e INIAP-436 (Lilianita)

Características	INIAP-432 Lojanita	INIAP-436 Lilianita
Días a la floración femenina	68	68
Días a la cosecha en verde	85 – 95	92
Días a la cosecha en seco	115 – 120	121
Altura de la planta	51 cm	113 cm
Largo de la vaina	7 cm	7.6 cm
Número de vainas/planta	10	16
Número de granos/vaina	5	5
Rendimiento promedio en grano tierno	2 496 kg/ha	6 673 kg/ha
Rendimiento promedio en seco	-	1 668 kg/ha

Nota. Adaptado de Peralta et al. (1997) y Murillo et al. (2010). Elaboración propia (2025).

2.7 Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de arveja

2.7.1 Suelos

La arveja prospera en suelos bien drenados y con buena aireación. Los suelos franco-arenosos son particularmente adecuados debido a su equilibrio entre la capacidad de drenaje y la retención de

nutrientes. Un pH neutro o ligeramente alcalino es beneficioso para el cultivo, ya que reduce la toxicidad del aluminio y favorece una mejor disponibilidad de nutrientes (Ete et al., 2024).

2.7.2 Clima

La arveja se cultiva tradicionalmente en climas templados, donde las condiciones de estación fría son adecuadas debido a su preferencia por temperaturas moderadas que favorecen las fases vegetativa y reproductiva sin el estrés que suponen el calor o el frío extremos. Se adapta bien en alturas sobre el nivel del mar que van desde los 1 800 a los 2 800 metros (Windsor et al., 2024).

2.7.3 Temperatura

La temperatura óptima para la germinación de la arveja se encuentra entre los 15 °C y 25 °C, siendo 25 °C la temperatura en la que se observa el mayor rendimiento, ya que este rango favorece el desarrollo vigoroso de raíces y brotes, fundamentales para un crecimiento saludable de las plántulas (Kende et al., 2024).

En términos generales, un rango de temperatura entre 14 °C y 21 °C se considera ideal para el crecimiento, ya que acelera la emergencia de las plantas y reduce el tiempo hasta la floración (Galindo et al., 2009). En cuanto a la floración y el desarrollo reproductivo, la arveja muestra una alta sensibilidad a la temperatura. Se ha observado que temperaturas elevadas, como 25 °C, pueden afectar negativamente a ciertos genotipos, y que en algunos casos es necesario un cambio entre temperaturas bajas y altas para que se forme correctamente la flor (Gottschalk, 1984).

Durante el llenado de semillas, un régimen de 25/20 °C favorece una mayor concentración de nitrógeno en las semillas, mientras que temperaturas más bajas, como 15/10 °C, reducen tanto la disponibilidad como la tasa de acumulación de este nutriente (Larmure et al., 2005). Finalmente, en la etapa de maduración, una temperatura de 18/10 °C es óptima para maximizar el cuajado de frutos y la absorción de minerales, lo que se traduce en un mejor rendimiento y calidad del cultivo (Herath, 1969).

2.7.4 Requerimiento hídrico

En un clima templado, el requerimiento total de agua para la arveja durante el período de cultivo es de 239.9 mm. Los coeficientes del cultivo (Kc) variaron según las diferentes etapas de crecimiento: 0.50 durante la etapa inicial, 0.80 durante el desarrollo, 1.15 a mitad de temporada y 1.10 al final de la temporada (Pandey et al., 2023).

2.7.5 Luminosidad

La disponibilidad de una luminosidad óptima mejora significativamente los mecanismos de fotosíntesis y transpiración de las plantas, lo que requiere una exposición de 5 a 9 horas de luz solar al día. En el contexto nacional, se cultiva en un amplio espectro de altitud que oscila entre los 2 000 y los 3 000 metros sobre el nivel del mar (Paspuel, 2013).

2.8 Acolchado plástico

El acolchado plástico es una tecnología agrícola que modifica el microclima de la rizosfera al cubrir el suelo con láminas sintéticas, principalmente de polietileno de baja densidad (LDPE). Su implementación busca optimizar la producción mediante el manejo de factores críticos como la temperatura y humedad del suelo (Lamont, 2017). Además, facilita el control de arvenses y mejora la eficiencia en el uso de recursos hídricos y nutricionales.

La elección del color de la lámina determina sus propiedades ópticas y térmicas, dirigiendo su aplicación hacia objetivos agronómicos específicos. Entre las opciones más comunes, el acolchado negro y el blanco presentan características contrastantes que los hacen aptos para condiciones y cultivos distintos (Lamont, 2017).

El acolchado plástico negro se caracteriza por su alta capacidad de absorción de la radiación solar. Esta propiedad provoca un calentamiento significativo del perfil superficial del suelo (Kasperbauer y Hunt, 1998). El incremento térmico puede oscilar entre 3 °C y 5 °C por encima de un suelo desnudo, lo que es decisivo para adelantar siembras en temporadas frías y acelerar el desarrollo vegetativo (Lamont, 2017).

Su principal ventaja es el control casi total de arvenses anuales, ya que la opacidad de la lámina impide el paso de la luz fotosintéticamente activa (PAR). Esto inhibe la emergencia de plántulas, reduciendo drásticamente la dependencia de herbicidas (Hannah et al., 2021). No obstante, esta absorción de radiación acelera su degradación foto-oxidativa, comprometiendo su durabilidad tras una temporada intensiva (Espí et al., 2006).

Por otro lado, el acolchado plástico blanco se diseña para reflejar una alta proporción de la radiación solar. Esta alta reflectividad modera la temperatura del suelo, manteniéndola entre 2 °C y 4 °C más fresca que bajo un acolchado negro en condiciones de alta insolación (Kasperbauer y Hunt, 1998). Esta característica es esencial para cultivos en climas cálidos, protegiendo las raíces del estrés por calor.

Además, la luz reflejada interfiere con la capacidad de orientación de insectos voladores como áfidos y mosca blanca, reduciendo su incidencia y la transmisión de virosis (Zhao et al., 2019). Sin embargo, su eficacia para el control de arvenses es inferior, por lo que a menudo se usa en formato bicolor o se combina con herbicidas (Hannah et al., 2021). Su mayor durabilidad es otra ventaja clave (Espí et al., 2006).

Desde una perspectiva agronómica, la selección implica un análisis de costo-beneficio. El acolchado negro ofrece una solución robusta para control de arvenses y acumulación de calor en climas templados-fríos. El acolchado blanco, con una inversión inicial mayor, se justifica en regiones de alta temperatura o presión de plagas (Li et al., 2021).

En ambos casos, su uso eficiente requiere considerar el cultivo específico, el clima local y las prácticas de riego. También es crucial un plan para la disposición final del plástico, dada la preocupación ambiental por la acumulación de residuos en los agroecosistemas (Zhao et al., 2019)

2.9 Costos de producción del cultivo de arveja

La determinación y el análisis de los costos de producción constituyen un componente fundamental en la planificación y evaluación económica de cualquier sistema agrícola, ya que permiten estimar la rentabilidad, identificar los principales insumos demandantes de capital y establecer puntos de referencia para la mejora de la eficiencia (Martínez et al., 2021). En el contexto ecuatoriano, el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) presenta una estructura de costos que varía significativamente según la región, el sistema de manejo (convencional, tecnificado u orgánico), la escala de producción y la fluctuación estacional de los precios de los insumos.

Para el caso específico de la provincia de Imbabura, región andina con una importante tradición en el cultivo de leguminosas de grano, se ha documentado que la producción de arveja tierna bajo un sistema de manejo convencional que incluye labranza mecánica, siembra a chorro continuo, fertilización química de base y control manual o químico de arvenses requiere una inversión que oscila entre USD 1 900 y USD 2 000 por hectárea (MAGAP, 2020). Esta estimación comprende los costos directos asociados a la preparación del terreno, semilla certificada, fertilizantes (especialmente nitrógeno, fósforo y potasio), agroquímicos para el control fitosanitario, mano de obra para las labores culturales y la cosecha, así como los costos indirectos de administración y comercialización básica.

Un rubro de particular relevancia es la semilla, dado que el uso de variedades mejoradas, como las desarrolladas por el INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), si bien implica un costo inicial mayor, se traduce en mayores rendimientos y una mejor tolerancia a factores bióticos y abióticos, amortizando la inversión (Vásquez y Ortega, 2019). El precio del producto final en el mercado local, para un saco de 50 kg de arveja tierna, se sitúa aproximadamente en USD 45, aunque este valor experimenta variaciones diarias y estacionales (SIPA, 2025).

No obstante, esta cifra base debe entenderse como un referente dinámico y no absoluto. Zurita (2022), en un análisis de la cadena de valor de leguminosas en la Sierra norte, advierte que el costo por hectárea puede experimentar incrementos sustanciales, alcanzando incluso los USD 2 500. Esta variabilidad se atribuye a múltiples factores interrelacionados. En primer lugar, la alta volatilidad en los precios de insumos claves a nivel global y nacional, como los fertilizantes sintéticos y los combustibles, impacta directamente en los costos de labranza, transporte y aplicación (FAO, 2023). En segundo término, la incidencia de plagas y enfermedades, cuya presión puede variar entre ciclos agrícolas, puede elevar los gastos en insecticidas y fungicidas. Finalmente, la disponibilidad y el costo de la mano de obra, especialmente crítica durante el pico de la cosecha, constituye otro factor de ajuste (Martínez et al., 2021).

Adicionalmente, la adopción de tecnologías de intensificación sostenible, como el sistema de riego por goteo, el uso de acolchado plástico o la implementación de fertirriego, modifica profundamente la estructura de costos. Si bien estas tecnologías representan una inversión de capital inicial superior (por ejemplo, el acolchado plástico puede tener un costo de entre USD 500 y USD 800 por hectárea solo en material), su adopción está justificada por la expectativa de incrementos significativos en el rendimiento, un uso más eficiente del agua y los nutrientes, una reducción en la incidencia de arvenses y, en algunos casos, una menor dependencia de agroquímicos (Lamont, 2017; Zhao et al., 2019).

Por lo tanto, un análisis económico integral para el cultivo de arveja no debe limitarse a la cuantificación de costos de producción bajo un sistema tradicional, sino que debe incluir evaluaciones comparativas de costo-beneficio que consideren la incorporación de innovaciones tecnológicas. Estos análisis son esenciales para que los productores tomen decisiones informadas que mejoren su competitividad y sostenibilidad económica en el mediano y largo plazo (Vásquez y Ortega, 2019)

2.9.1 Indicadores Financieros

Para analizar el beneficio-costo se tomaron como referencia los siguientes indicadores financieros que permiten estimar las ganancias obtenidas al producir de manera tradicional y con cobertura plástica. En la Tabla 4 se presenta la descripción de estos indicadores.

Tabla 4
Descripción indicadores financieros

Indicador Financiero	Descripción
Ingreso Bruto (USD ha ⁻¹)	Resultado de la suma de los valores de los productos y subproductos, multiplicados por su precio unitario establecido según la localidad.
Ingreso Neto (USD ha ⁻¹)	Diferencia resultante de restar el costo total al ingreso bruto.
Rentabilidad Simple (%)	Resultante de dividir el ingreso neto para el costo total y multiplicar por cien.
Relación Beneficio/Costo	Resultante de dividir el ingreso bruto para el costo total. Un valor mayor a 1 indica ganancia; menor a 1, pérdida; e igual a 1, punto de equilibrio (Castro, 2015).

2.10 MARCO LEGAL

Para desarrollar la presente investigación es importante resaltar la normativa vigente en la Constitución de la República del Ecuador.

El Artículo 13 de la Constitución establece que: "Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales". Este mandato resalta la importancia de generar investigaciones que mejoren el rendimiento de los cultivos, fortaleciendo así la producción local y brindando a agricultores y comunidades herramientas que potencien sus conocimientos y prácticas.

En el Artículo 281, capítulo III, se define que la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado, orientada a garantizar que las comunidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de manera permanente. En este sentido, la promoción de cultivos como la arveja, de alto impacto en la dieta y en la economía local, requiere del impulso de la investigación científica y de la innovación tecnológica como ejes clave para mejorar la productividad y enfrentar los factores limitantes.

De igual manera, el Artículo 320 establece que los procesos de producción deben regirse bajo principios de calidad, sostenibilidad, productividad sistémica, valoración del trabajo y eficiencia económica y social. Esto implica que toda práctica agrícola, incluida la implementación de coberturas plásticas de diferentes colores, debe orientarse hacia la obtención de productos con valor nutritivo y con beneficios ambientales, económicos y sociales.

En el ámbito internacional, el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 2, dentro de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, plantea garantizar sistemas de producción de alimentos sostenibles e implementar prácticas agrícolas resilientes que incrementen la productividad y la producción. Asimismo, este objetivo promueve la conservación de los ecosistemas, el fortalecimiento de la capacidad de adaptación frente al cambio climático, la reducción de los efectos de sequías, heladas e inundaciones, y la mejora progresiva de la calidad del suelo.

De esta forma, tanto el marco constitucional como los compromisos internacionales respaldan la pertinencia de este estudio, orientado a evaluar el uso de coberturas plásticas en el cultivo de arveja como una alternativa tecnológica que favorezca la sostenibilidad, la seguridad alimentaria y el desarrollo agrícola del Ecuador.

CAPITULO III

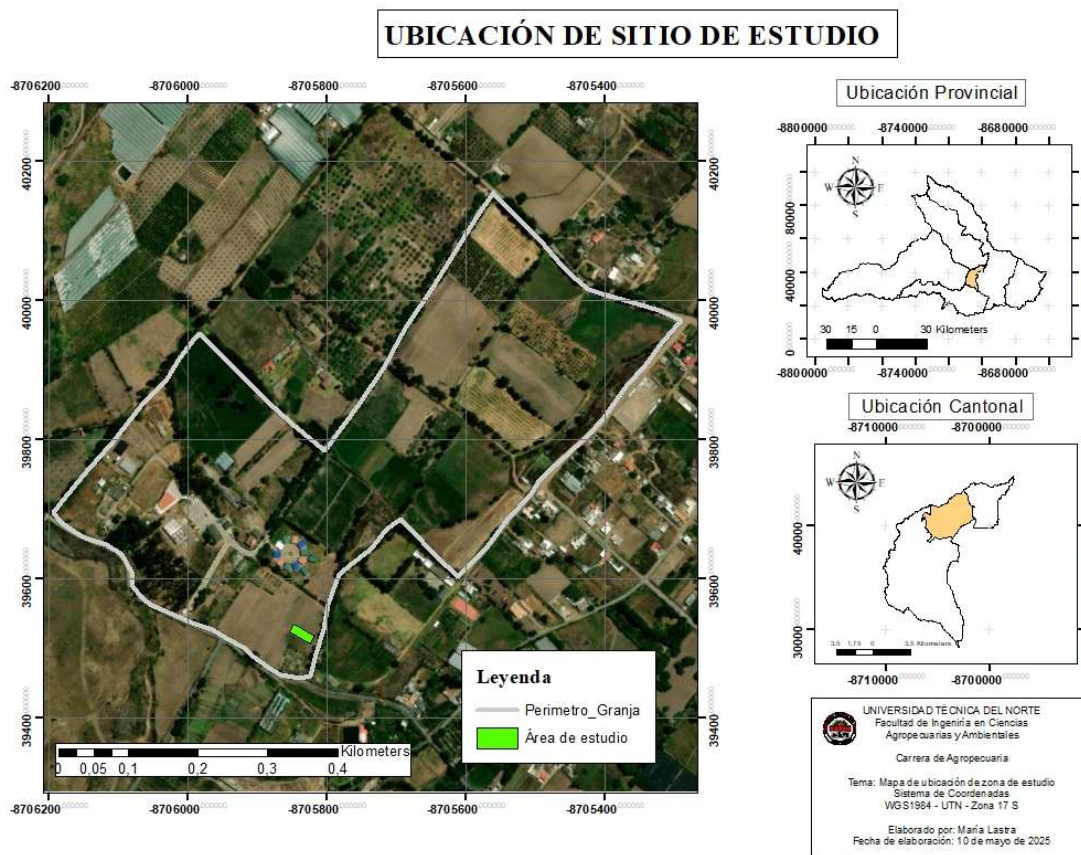
3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Caracterización del área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental La Pradera, perteneciente a la Universidad Técnica del Norte y ubicada en la parroquia San José de Chaltura, cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura. Este lugar fue seleccionado por sus características edafoclimáticas representativas de la zona productora de arveja en la sierra ecuatoriana. La ubicación geográfica se presenta en la Figura 1.

Figura 1

Ubicación Geográfica de la Granja Experimental La Pradera, Chaltura, Imbabura.



3.1.1 Características de la ubicación de la investigación

Las condiciones climáticas y geofísicas de la zona de estudio se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5

Ubicación geográfica y climática de área de estudio.

Ubicación/Característica	Descripción
Provincia	Imbabura
Cantón	Antonio Ante
Parroquia	San José de Chaltura
Altitud	2 350 m s.n.m.
Temperatura Promedio	16 °C
Humedad Relativa Promedio	68.9 %
Pluviosidad Anual	600 – 800 mm
Provincia	Imbabura

Nota. Datos adaptados del GAD Municipal Antonio Ante (2022).

3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas

Para el desarrollo del experimento se utilizó una amplia gama de recursos, los cuales se clasifican en la Tabla 6.

Tabla 6

Materiales y equipos de trabajo para el desarrollo del experimento.

Materiales	Equipos	Herramientas	Insumos
Libreta de campo	Teléfono celular	Azadón	Semillas:
Rótulos de identificación	Computadora	Rastrillo	• INIAP-436 Lilianita
Trampas cromáticas	Memoria USB	Bomba de mochila	• INIAP-432 Lojanita
Botas de caucho	Calibrador pie de rey digital		Cobertura plástica (blanco/negro)
Equipo de protección personal (EPP)	Balanza digital		Fertilizantes
			Fungicidas / Insecticidas
			Regulador de pH

3.3 Métodos

El presente estudio adoptó un enfoque cuantitativo mediante la implementación de un diseño experimental de campo en donde se evaluó la producción de dos variedades del cultivo de arveja bajo acolchado plástico de diferente color.

3.3.1 Factor en estudio

En el estudio actual, se analizaron dos variables utilizando acolchados de plástico junto con un control definitivo que cumplía con los parámetros de densidad prescritos por el INIAP, que se detallan a continuación:

- **Factor A (Color de Cobertura):**
 - **C1:** Acolchado plástico blanco.
 - **C2:** Acolchado plástico negro.
 - **C3:** Testigo (sin acolchado).
- **Factor B (Variedad de Arveja):**
 - **V1:** Lilianita (INIAP-436).
 - **V2:** Lojanita (INIAP-432).

3.3.2 Tratamientos

La combinación de los niveles de ambos factores generó seis tratamientos experimentales, detallados en la Tabla 7.

Tabla 7

Descripción de los tratamientos implementados en el proyecto

Tratamientos	Interacción	Descripción
T1	C1 + V1	Acolchado blanco con variedad Lilianita
T2	C1 + V2	Acolchado blanco con variedad Lojanita
T3	C2 + V1	Acolchado negro con variedad Lilianita
T4	C2 + V2	Acolchado negro con variedad Lojanita
T5	C3 + V1	Testigo (sin acolchado) con variedad Lilianita
T6	C3 + V2	Testigo (sin acolchado) con variedad Lojanita

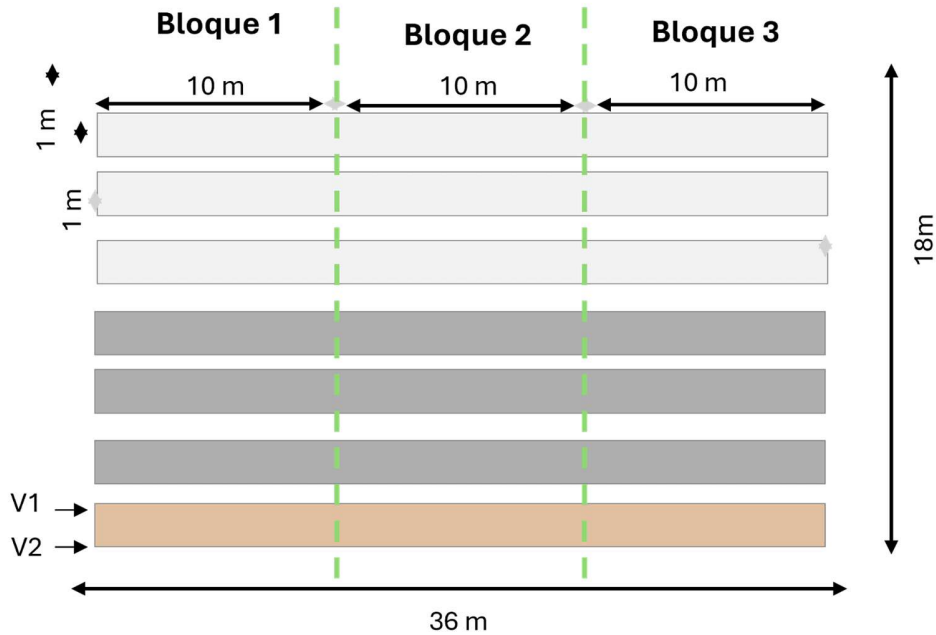
3.3.3. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar en Franjas (DBCAF). El factor color de cobertura se asignó en franjas verticales y el factor variedad en franjas horizontales (o viceversa),

replicado en tres bloques. Este diseño permitió controlar la variabilidad espacial en dos direcciones. El croquis del diseño se presenta en la Figura 2.

Figura 2

Croquis de ensayo Diseño en Bloques Completos al Azar en Franjas



3.3.4 Características del experimento

La tabla 8 resume las características del experimento, que se estructuró en torno a tres bloques, cada uno de los cuales albergaron seis tratamientos diferentes. En total, se establecieron 24 unidades experimentales a lo largo de un área de 648 metros cuadrados.

Tabla 8

Características Generales del Diseño Experimental

Características	Unidades
Bloques	3
Tratamientos	6
Número de unidades experimentales	24
Área del experimento	648 m ²

3.3.5 Caracterización de la unidad experimental

Las dimensiones y especificaciones de cada unidad experimental (parcela) se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9
Características de la Unidad Experimental (Parcela)

Características	Unidad (m)
Largo de la unidad experimental	10
Ancho de la unidad experimental	1.6
Área de la unidad experimental	16
Número de hileras	2
Distancia entre unidades experimentales	1
Separación (plástico)	0.25
Separación (sin cobertura plástica)	0.30

3.3.6 Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó con el software InfoStat® (versión 2020). Se aplicaron Modelos Lineales Mixtos (MLM), considerando los factores color y variedad como efectos fijos y el bloque como efecto aleatorio. Para la comparación de medias de tratamientos se utilizó la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher (LSD-Fisher) con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

3.4 Variables evaluadas y su medición

Se evaluaron variables microclimáticas, fenológicas, de crecimiento, rendimiento y económicas.

3.4.1 Días a la emergencia

Esta variable será el número de días desde que se realizó la siembra en el suelo hasta el día que el que se presentó la primera emergencia de cada unidad experimental emergieron.

Figura 3

Plántula de arveja en fase de emergencia



3.4.2 Porcentaje de germinación

La emergencia de las plántulas se evaluó a los 7, 14 y 21 días, después de la siembra por cada hilera en la unidad experimental y se registró el número de plantas emergidas las cuales se expresaron en porcentaje.

3.4.3 Número de días a la floración

Para esta variable se registró el número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que inició la floración.

Figura 4

Etapa de floración en arveja: inflorescencias blancas



3.4.4 Duración de la floración

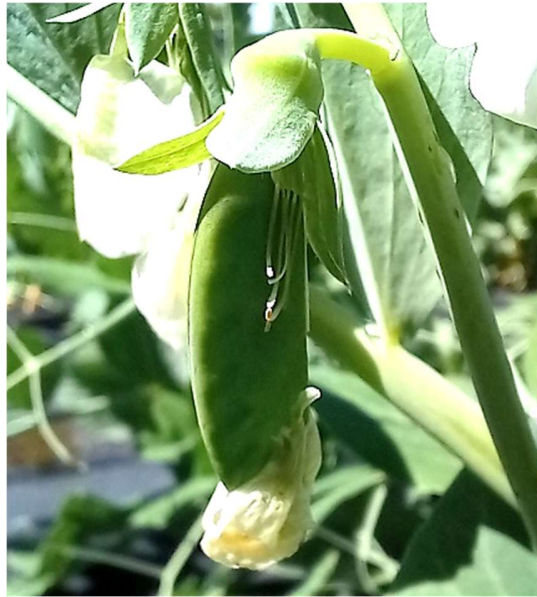
Para esta variable se registró el número de días transcurridos desde la fecha de inicio de la floración hasta cuando inició la formación de la vaina.

3.4.5 Días a la formación de vainas

Número de días desde la siembra hasta la formación de la primera vaina (≥ 1 cm de largo) en el 50% de las plantas de la parcela.

Figura 5

*Vaina inicial en la fase de fructificación del cultivo de arveja (*Pisum sativum*)*



3.4.6 Duración del llenado de vaina

Número de días transcurridos desde la formación de la primera vaina (etapa R3) hasta la cosecha en estado fresco (madurez comercial).

3.4.7 Días a la cosecha

Número total de días desde la siembra hasta la cosecha en estado tierno, cuando las vainas alcanzaron el llenado completo, pero antes de que iniciara la deshidratación.

3.4.8 Número de vainas

Al momento de la cosecha, se contó el total de vainas comercializables en todas las plantas de un metro lineal central de cada parcela, extrapolando el valor por planta.

3.4.9 Longitud de las vainas

Se midió la longitud (desde la base hasta el ápice) de una muestra aleatoria de 10 vainas por parcela, utilizando un calibrador pie de rey digital. Se expresó en milímetros (mm).

3.4.10 Ancho de la vaina

Se midió el diámetro en la parte media de una muestra aleatoria de 10 vainas por parcela, utilizando un calibrador pie de rey digital. Se expresó en milímetros (mm).

3.4.11 Número de granos por vaina

Se contó el número de granos bien formados en una muestra aleatoria de 10 vainas por parcela.

3.4.12 Humedad del suelo

Se realizaron mediciones semanales en cada parcela hasta la cosecha, utilizando un sensor de humedad de suelo (tipo TDR o capacitivo). Los valores se expresaron como porcentaje de humedad volumétrica (%).

3.4.13 Temperatura del suelo

Se realizaron mediciones semanales a una profundidad de 20 cm en cada parcela hasta la cosecha, utilizando un termómetro de suelo digital. Los valores se expresaron en grados Celsius (°C).

3.4.14 Incidencia

Para determinar la incidencia, se implementó un método de muestreo bisemanal. Durante este periodo, según ICA, (2019) la incidencia, que refleja la proporción de plantas afectadas por la enfermedad dentro de la población total de plantas examinadas, se calculará mediante la siguiente ecuación matemática:

$$\% \text{Incidencia} = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Total de plantas muestreadas}} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

%I= porcentaje de incidencia de la enfermedad en la muestra.

Se escogieron 20 plantas, las cuales fueron observadas de forma independiente, tomando tres hojas por tercio (inferior, medio y superior).

3.4.15 Rendimiento

En la cosecha, se pesó toda la producción de vainas frescas de cada parcela. El rendimiento se expresó en kilogramos por parcela y se proyectó a kilogramos por hectárea (kg ha⁻¹).

3.5 Análisis Beneficio-Costo

Se realizó un análisis económico parcial para comparar la rentabilidad de los tratamientos. Los costos totales incluyeron todos los insumos (semilla, plástico, fertilizantes, agroquímicos) y labores (preparación, siembra, manejo, cosecha). El ingreso bruto se calculó multiplicando el

rendimiento de vaina fresca por parcela por el precio de mercado local (USD 0.42 kg⁻¹, SIPA 2025). Se calcularon los siguientes indicadores por tratamiento:

- Utilidad Neta: Ingreso Bruto – Costo Total.
- Rentabilidad: (Utilidad Neta / Costo Total) × 100.
- Relación Beneficio/Costo (B/C): Ingreso Bruto / Costo Total. Una relación > 1 indica viabilidad económica.

3.6 Manejo específico del experimento

3.6.1 Preparación del suelo

En la Granja Experimental La Pradera se preparó el suelo mediante labranza convencional. Primero la arada, seguido de dos pases de rastra. La surcada se realizó de manera manual a una distancia de 80 cm, mientras que las camas de 1,60 m, de tal manera que el suelo quede libre de terrones y sin arvenses como se observa en la figura 6.

Figura

6

Preparación de terreno para el cultivo de arveja: labranza con arado y rastra de discos, seguida de riego.



3.6.2 Delimitación de parcelas experimentales

Se delimitó las parcelas de cada unidad experimental identificándolas con su respectivo tratamiento y bloque. El total del área experimental es de 907.2 m² cada unidad experimental tuvo un área de 16 m², con caminos de 2 m entre parcelas.

3.6.3 Siembra

En las parcelas de acolchado y convencional INIAP, la siembra se realizó manualmente colocando 3 semillas de la variedad INIAP-436 Lilianita y INIAP-432 Lojanita a una distancia de 25 cm entre plantas y 80 cm entre surcos, dando una densidad de 50 000 semillas por hectárea en las camas cubiertas con plástico, se realizó la siembra a doble hilera, separadas a 80 cm, colocando la semilla según el diseño experimental realizado ya que las densidades de siembra serán diferentes (Figura 7).

Figura 7

Proceso de siembra en campo de arveja (Pisum sativum)



3.6.4 Control de arvenses

El control de arvenses se realizará en las parcelas sin cobertura plástica en los surcos aplicando Atrazina en pre- emergencia. En las parcelas con cobertura plástica se realizará un control en pre-emergencia en el sitio de siembra y en los bordes de las parcelas (Figura 8).

Figura 8

*Control manual de arvenses en cultivo de arveja (*Pisum sativum*) durante la fase de desarrollo vegetativo*



3.6.5 Control de plagas

El control de plagas se realizará con aplicaciones de insecticidas, según la incidencia de estos, de acuerdo con la dosificación establecido en la guía de cultivo de arveja para la Sierra-Ecuador (Checa, 2021).

Figura 9

Manejo fitosanitario del cultivo de arveja



3.6.7 Cosecha en fresco

La cosecha se realizará cuando las vainas alcancen la madurez comercial, contando y pesando el número de vainas cosechadas en cada parcela, agrupando por categorías.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente capítulo expone y analiza los resultados obtenidos de la evaluación del efecto de distintos colores de cobertura plástica en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.), estudio conducido en la Granja Experimental La Pradera.

4.1 Humedad del suelo (%)

El análisis de varianza (ANOVA) para la humedad del suelo (Tabla 10) registró un efecto altamente significativo ($p < 0.0001$) para todas las fuentes de variación evaluadas. La interacción entre la semana de evaluación y el color del acolchado plástico resultó estadísticamente significativa ($F=4.44$; $GL=30, 1102$; $p < 0.0001$). Este hallazgo indica que el efecto de los distintos colores de acolchado sobre la humedad del suelo no fue constante, sino que varió significativamente a lo largo de las diferentes semanas del ciclo del cultivo.

Tabla 10

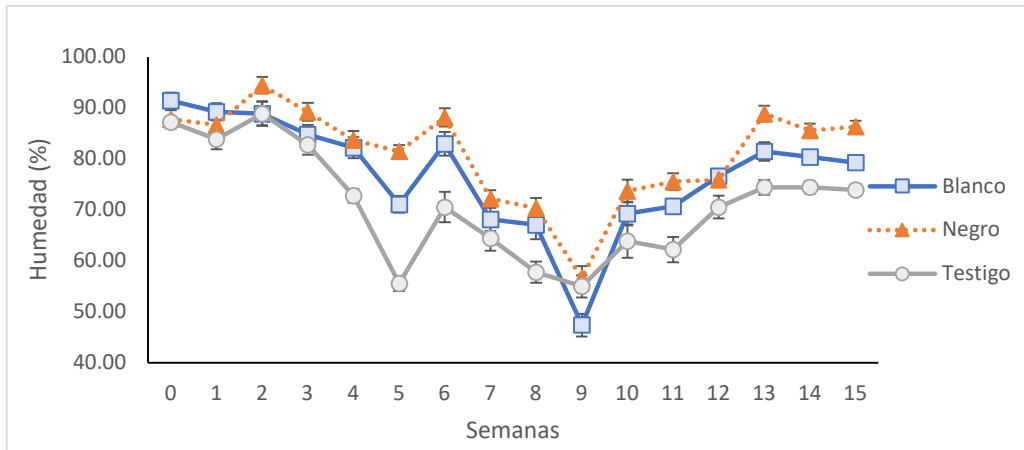
*Análisis de varianza (ANOVA) del efecto de la semana, el color del acolchado y su interacción sobre la humedad del suelo en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*).*

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Semana	15	1102	105.08	<0.0001
Color acolchado	2	1102	121.45	<0.0001
Semana: Color	30	1102	4.44	<0.0001

La dinámica de la humedad del suelo a lo largo del ciclo se presenta en la Figura 10. Los valores promedio más altos se registraron bajo acolchado negro, seguido del blanco, siendo el testigo (sin acolchado) el tratamiento con los menores porcentajes de humedad a lo largo de casi todo el periodo de evaluación. Por ejemplo, en la semana 5, el acolchado negro mantuvo un 88.89% de humedad, el blanco 81.48% y el testigo presentó el valor más bajo.

Figura 10

Dinámica del porcentaje de humedad del suelo bajo diferentes colores de acolchado plástico (campaña septiembre 2024 – enero 2025).



La dinámica temporal de la humedad del suelo responde a la interacción entre el color del acolchado y la etapa fenológica. Esto se explica por los principios físicos de cada material y las crecientes demandas fisiológicas del cultivo.

La variación inicial entre tratamientos fue menor (semanas 1-3). Esta fase coincide con un establecimiento radicular y desarrollo foliar limitados. La evapotranspiración es baja y dominada por la evaporación física desde el suelo. Todos los tratamientos atenuaron este efecto de manera similar.

Las marcadas disminuciones en las semanas 4 y 5 reflejan un incremento sustancial en la demanda transpirativa. Este período corresponde al rápido crecimiento vegetativo. En esta fase, la ventaja del acolchado negro fue evidente. Mantuvo un contenido de humedad significativamente mayor (88.89 %) que el blanco (81.48 %) (Figura 10).

Este resultado concuerda con el principio de que los plásticos oscuros absorben más radiación. Al calentar el suelo, pueden reducir el gradiente de potencial hídrico entre el suelo y la atmósfera bajo la cubierta. Esto disminuye la tasa de evaporación (Changade y Kumar, 2022). Un estudio reciente en maíz (Carchi, Ecuador) reportó una tendencia similar. El acolchado negro conservó entre 18 % y 22 % más de humedad en el perfil superficial (Lozada, 2024).

El acolchado blanco también conservó mejor la humedad que el testigo, pero mostró una mayor tasa de desecación. Su alta reflectividad mantiene el suelo más fresco. Sin embargo, puede

incrementar la energía disponible en el dosel, elevando potencialmente la tasa transpirativa (Kasperbauer, 2000).

El estrés hídrico más pronunciado bajo acolchado blanco ocurrió en floración y llenado inicial de vainas (semanas 7-9). Este es un hallazgo agronómicamente relevante, ya que coincide con el período crítico de sensibilidad a la sequía en leguminosas. Una reducción en la disponibilidad hídrica aquí puede afectar el cuajado de vainas y el peso final del grano.

La superioridad consistente del acolchado negro para conservar humedad tiene implicaciones directas. Esto se confirma en el presente estudio y en investigaciones regionales (Ayana y Oliko, 2024). Mejora la eficiencia del uso del agua y la economía de la producción.

En sistemas de riego comunes en la zona (gravedad o aspersión), una mayor retención de humedad reduce la frecuencia de riegos. Desde una perspectiva agronómica y económica, esto se traduce en ahorros sustanciales. Se reduce el volumen de agua aplicada, los costos de bombeo y la mano de obra.

Por lo tanto, seleccionar el acolchado negro no es solo una decisión técnica para optimizar el estado hídrico. También es una estrategia para mejorar la resiliencia y la rentabilidad del sistema productivo de arveja en Chaltura.

3.2 Temperatura del suelo

El análisis de varianza (ANOVA) para la temperatura del suelo indicó un efecto altamente significativo ($p < 0.0001$) de todas las fuentes de variación analizadas (Tabla 11). La interacción entre la semana y el color del acolchado plástico fue estadísticamente significativa ($F=11.75$; $GL=26, 292$; $p < 0.0001$). Este resultado demuestra que la influencia del color de la cobertura sobre la temperatura del suelo no fue uniforme, sino que varió de manera diferenciada a lo largo del periodo de evaluación, en respuesta a la dinámica ambiental y fenológica.

Tabla 11

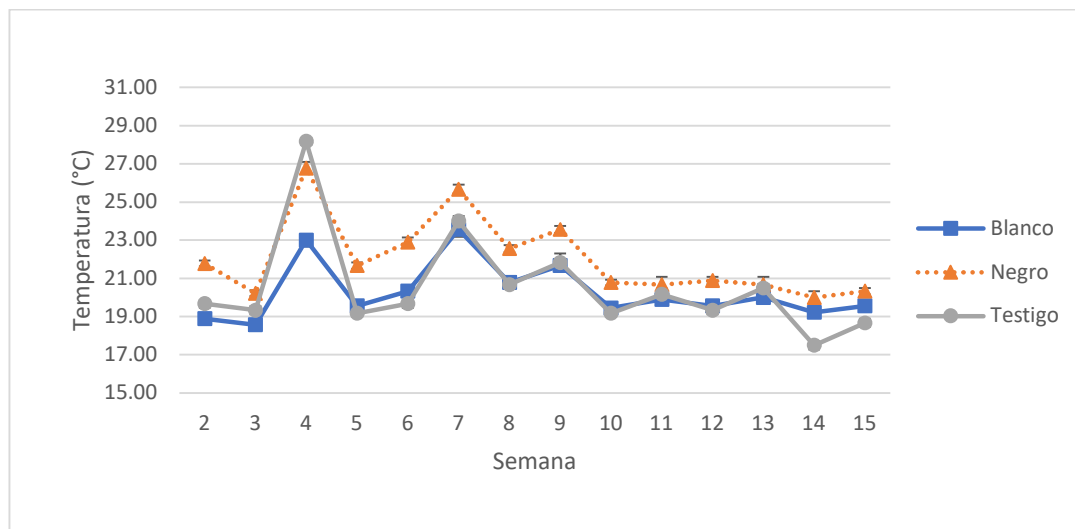
Análisis de varianza (ANOVA) del efecto del color del acolchado plástico en la temperatura del suelo en el cultivo de arveja.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Semana	13	292	188.85	<0.0001
Color acolchado	2	292	224.07	<0.0001
Semana: Color	26	292	11.75	<0.0001

La dinámica de la temperatura del suelo se presenta en la Figura 11. El acolchado negro mantuvo las temperaturas más altas durante la mayor parte del ciclo, seguido del testigo. El acolchado blanco registró las temperaturas más bajas y estables. Por ejemplo, en la semana 4, el testigo alcanzó un pico de 28.17 °C, mientras que el acolchado negro y blanco registraron 26.78 °C y 23.00 °C, respectivamente.

Figura 11

Variación de la temperatura en el suelo durante el cultivo de arveja (campaña septiembre 2024 – enero 2025)



La interacción estadísticamente significativa entre el color del acolchado y la semana evidencia que el microclima del suelo no fue constante en el tiempo, sino que varió de forma dinámica. Esta modulación estuvo determinada por dos factores principales: las propiedades ópticas y térmicas inherentes a cada material plástico y el progresivo crecimiento y sombreado ejercido por el dosel del cultivo.

La mayor temperatura en el testigo durante las primeras semanas evidencia la ausencia de una barrera que module la radiación solar incidente, resultando en una mayor amplitud térmica diaria. En contraste, los acolchados plásticos modificaron activamente este ambiente. El negro, al absorber radiación, incrementó la temperatura del suelo, mientras que el blanco, al reflejarla, mantuvo condiciones más frescas y estables, un patrón ampliamente documentado (Kasperbauer, 2000). Este hallazgo es coherente con estudios recientes en la región andina; por ejemplo, una evaluación en maíz en la Sierra norte de Ecuador reportó que el acolchado negro incrementó la temperatura del suelo entre 1.5 °C y 3.0 °C respecto al testigo durante el establecimiento del cultivo (Lozada, 2024).

La convergencia térmica observada a partir de la semana 10 se atribuye al cierre completo del dosel foliar, el cual intercepta la mayor parte de la radiación, homogenizando las condiciones en la superficie del suelo y reduciendo la influencia diferencial del acolchado. Este resultado subraya que el efecto termorregulador de la cobertura plástica es más crítico durante las etapas iniciales del cultivo, cuando las plantas no proveen sombra suficiente.

La tendencia general, con el acolchado negro produciendo las temperaturas más altas, concuerda con la literatura que reporta incrementos de 1.2 °C a 2.4 °C en comparación con suelo desnudo (Kader et al., 2024). La discrepancia con estudios como el de Tegen (2015), quien halló lo contrario, puede deberse a diferencias en las propiedades específicas del material plástico (opacidad, grosor) o a las condiciones climáticas locales.

Agronómicamente, la capacidad del acolchado negro para elevar la temperatura del suelo en 2-3 °C durante las primeras semanas puede ser decisiva en zonas altas como Chaltura, ya que acelera la germinación y el crecimiento vegetativo inicial, reduciendo el riesgo frente a heladas tardías. Por otro lado, el efecto refrescante del acolchado blanco lo convierte en una herramienta valiosa para mitigar el estrés por calor en suelos expuestos a alta radiación, protegiendo la actividad microbiana del suelo y la funcionalidad radicular. La elección del color debe, por tanto, considerar el objetivo de manejo térmico específico y la fenología del cultivo.

3.3 Días a la Emergencia

El análisis de varianza para la variable días a la emergencia (Tabla 12) mostró que la interacción entre el color del acolchado y la variedad de arveja fue estadísticamente significativa ($F=6.57$; $GL=2, 34$; $p = 0.0412$). Este resultado indica que el efecto de los distintos colores de acolchado

plástico sobre la velocidad de emergencia de las plántulas no fue constante, sino que dependió de la variedad específica evaluada.

Tabla 12

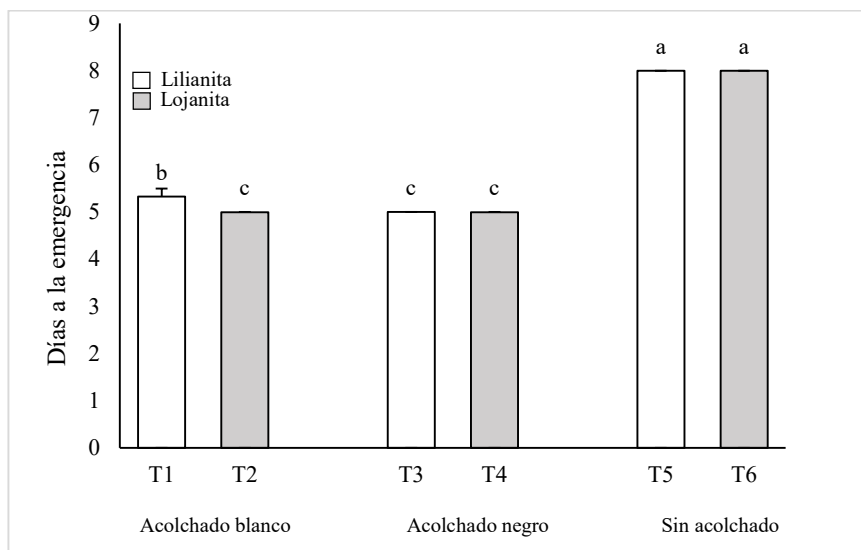
Análisis de varianza (ANOVA) del efecto del color del acolchado plástico en los días requeridos para la emergencia en el cultivo de arveja.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	34	396	<0.0001
Variedad	1	34	3.86	0.0578
Color: Variedad	2	34	6.57	0.0412

En la Figura 12 se presenta la respuesta diferencial. En promedio, los acolchados plásticos aceleraron la emergencia (5.0 a 5.3 días) en comparación con el testigo (8.0 días). Bajo acolchado blanco, Lojanita emergió a los 5.0 días y Lilianita a los 5.3 días. Bajo acolchado negro, ambas variedades emergieron a los 5.0 días).

Figura 12

Días a la emergencia de dos variedades de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico (campaña septiembre 2024 – enero 2025)



La interacción significativa encontrada revela una respuesta genotipo-específica al microclima generado por los acolchados, un hallazgo clave para el manejo preciso del cultivo. La aceleración general de la emergencia con el uso de acolchado plástico (3 días menos que el testigo) confirma su eficacia para crear condiciones edáficas más favorables, principalmente al estabilizar la temperatura y humedad del suelo (Wani et al., 2018; Zambrano et al., 2024).

El patrón de respuesta específico, donde Lojanita respondió ligeramente mejor al acolchado blanco que Lilianita, sugiere diferencias en la sensibilidad térmica de las variedades durante la germinación. Un ambiente radicular ligeramente más fresco y estable, como el generado por el plástico blanco, pudo favorecer procesos enzimáticos específicos en Lojanita. Este resultado es coherente con estudios locales; Vinocunga (2024) también reportó una emergencia más rápida (7.0 días) en tratamientos con acolchado plástico para la arveja Liliana, en comparación con el testigo (8.33 días) en condiciones de Imbabura, destacando el papel de la cobertura plástica para mejorar el establecimiento.

La equivalencia en el tiempo de emergencia de ambas variedades bajo acolchado negro (5.0 días) sugiere que el calentamiento adicional proporcionado por este material crea un ambiente supra-óptimo que maximiza la velocidad de germinación, enmascarando posibles diferencias genéticas menores. Agronómicamente, adelantar la emergencia en 3 días no solo uniformiza el stand de plantas, sino que reduce significativamente la ventana de exposición de las plántulas a plagas de suelo y a condiciones climáticas adversas posteriores a la siembra, lo que se traduce en un menor riesgo de pérdida de plantas y una posible reducción en los costos de resiembra.

3.4 Porcentaje de germinación

El análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación (Tabla 13) mostró que la interacción entre el color del acolchado y la variedad de arveja fue estadísticamente significativa ($F=12.14$; $GL=2, 34$; $p = 0.043$). Este resultado indica que el efecto de los distintos colores de acolchado plástico sobre el porcentaje final de germinación no fue uniforme, sino que dependió de la variedad específica evaluada.

Tabla 13

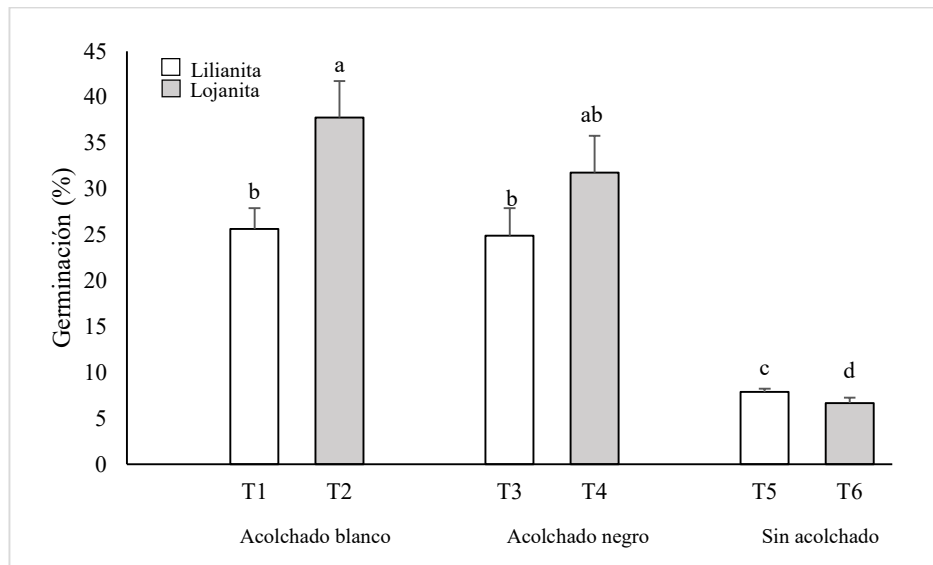
Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de germinación bajo diferentes colores de acolchado plástico en el cultivo de arveja.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	34	26.55	<0.0001
Variedad	1	34	13.58	0.0008
Color: Variedad	2	34	12.14	0.043

os porcentajes de germinación se presentan en la Figura 13. La combinación Lojanita con acolchado blanco alcanzó el valor más alto (37.78%), seguida de Lojanita con acolchado negro (31.76%). La variedad Lilianita presentó valores moderados y similares con ambos acolchados (blanco: 25.65%; negro: 24.91%). El testigo mostró los porcentajes más bajos para ambas variedades (Lilianita: 7.88%; Lojanita: 6.67%).

Figura 13

Porcentaje de germinación del cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico durante la campaña septiembre 2024 – enero 2025.



La interacción significativa color y variedad destaca que la eficiencia germinativa no es solo una respuesta al ambiente modificado, sino al ajuste específico entre el genotipo y dicho ambiente. El aumento generalizado de la germinación con el uso de acolchado plástico, especialmente notable frente a los bajos valores del testigo, resalta el papel crítico de esta tecnología para mitigar limitantes ambientales en etapas iniciales. Estudios recientes del INIAP (2024) señalan que el acolchado plástico puede incrementar los rendimientos de cultivos hasta en un 162% en condiciones adversas, efecto vinculado a una mejor emergencia y establecimiento, lo que es coherente con la marcada superioridad germinativa observada en los tratamientos con cobertura en este estudio.

La respuesta diferencial fue marcada: Lojanita capitalizó de manera óptima las condiciones del acolchado blanco, logrando el mayor porcentaje de germinación. Esto sugiere que su fisiología se beneficia particularmente del perfil microclimático generado por este color, una temperatura del

suelo más estable y moderada, combinada con una mayor reflexión de luz que reduce el estrés térmico superficial (Kasperbauer, 2000). En contraste, Lilianita mostró una respuesta más genérica y menor a los acolchados, indicando una menor plasticidad fenotípica o requerimientos ambientales diferentes para expresar su máximo potencial germinativo.

Desde una perspectiva agronómica, la brecha abismal entre los tratamientos con acolchado y el testigo (germinación ~30% mayor) tiene implicaciones económicas directas. Un porcentaje de germinación bajo, como el observado en el testigo (~7%), implica una densidad de plantas final inadecuada, lo que obliga a una costosa resiembra o resulta en un stand de plantas irregular que reduce irremediablemente el rendimiento potencial. Por el contrario, los porcentajes superiores al 25% logrados con los acolchados garantizan una población inicial suficiente y uniforme, optimizando el uso de la semilla un insumo de alto costo, especialmente si es certificada y sentando las bases para un cultivo más competitivo y productivo.

3.5 Incidencia de plagas y enfermedades

3.5.1 Incidencia de trozador (*Agrotis ipsilon*)

El análisis de varianza para la variable incidencia del trozador (*Agrotis ipsilon*) (Tabla 14) no mostró efectos estadísticamente significativos para ninguna de las fuentes de variación evaluadas. Ni el color del acolchado ($p = 0.8716$), ni la variedad de arveja ($p = 0.6175$), ni su interacción ($p = 0.8338$) influyeron de manera significativa en la incidencia de esta plaga bajo las condiciones del presente estudio.

Tabla 14

*Análisis de varianza (ANOVA) del efecto del color del acolchado plástico en la incidencia de *Agrotis ipsilon* en el cultivo de arveja.*

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	34	0.14	0.8716
Variedad	1	34	0.25	0.6175
Color: Variedad	2	34	0.18	0.8338

Los resultados del análisis de varianza indican que, bajo las condiciones específicas de este experimento, ni el color del acolchado plástico ni la variedad de arveja ejercieron una influencia estadísticamente significativa sobre la incidencia del trozador, *Agrotis ipsilon*. Aunque se

observaron tendencias numéricas, como una menor incidencia promedio en el tratamiento con acolchado blanco (0.65) y en la variedad Lojanita (0.64), la alta variabilidad dentro de los tratamientos y la ausencia de significancia estadística ($p > 0.05$) impiden atribuir estos efectos a los factores estudiados (Tablas 15 y 16).

Tabla 15

Incidencia de trozador en los diferentes colores de cobertura plástica

Color	Media ± E.E.
Blanco	0.65 ± 0.27
Negro	0.74 ± 0.22
Testigo	0.91 ± 0.41

A continuación, se presenta la Tabla 16, la cual cuantifica la incidencia del gusano trozador (*Agrotis ipsilon*) en distintas variedades de arveja evaluadas durante el estudio.

Tabla 16

Incidencia de trozador en las diferentes variedades de arveja

Variedad	Media ± E.E.
Lilianita	0.81 ± 0.23
Lojanita	0.64 ± 0.22

La ausencia de efectos significativos de los acolchados plásticos sobre la incidencia de *A. ipsilon* indica que, en las condiciones particulares de Chaltura, la modificación del microclima edáfico y lumínico no fue un factor determinante para el comportamiento de esta plaga específica. Esto puede atribuirse a una presión de infestación baja y uniforme en el área experimental, o a que los estímulos clave para la oviposición de este lepidóptero nocturno (señales olfativas y de humedad) no fueron alterados suficientemente por las coberturas plásticas (Velandia et al., 2023).

Este resultado contrasta con estudios donde los acolchados sí han mostrado efecto repelente sobre otras plagas. Por ejemplo, investigaciones recientes demuestran que acolchados plásticos (negros, blancos y metálicos) pueden crear condiciones superficiales más cálidas, secas y con alta reflectividad que disuaden a plagas como *Drosophila suzukii*, reduciendo la infestación larvaria

entre un 40% y un 72% (McIntosh et al., 2024). La discrepancia subraya la especificidad de la interacción plaga-cultivo-tecnología: un método físico que es efectivo para una plaga voladora que se orienta por luz puede no serlo para un cortador de hábitos subterráneos y nocturnos como *A. ipsilon*.

Desde una perspectiva de manejo integrado, el hallazgo es relevante porque define los límites de la tecnología evaluada. Si bien el acolchado plástico demostró beneficios contundentes en variables de crecimiento y rendimiento, no puede considerarse una táctica de control efectiva contra el trozador en el cultivo de arveja en esta zona. Por lo tanto, su implementación debe ir acompañada de otras estrategias específicas para esta plaga, como monitoreo con trampas de feromonas, control biológico o aplicaciones dirigidas de insecticidas, priorizando siempre el umbral de daño económico.

3.5.2 Incidencia de pudrición de raíz

El análisis de varianza para la variable incidencia de pudrición de raíz (Tabla 17) no mostró efectos estadísticamente significativos para ninguna de las fuentes de variación evaluadas. Ni el color del acolchado ($p = 0.4668$), ni la variedad de arveja ($p = 0.6621$), ni su interacción ($p = 0.9565$) influyeron de manera significativa en la incidencia de esta enfermedad bajo las condiciones del presente estudio.

Tabla 17

Incidencia de pudrición de raíz causada por Fusarium spp. en diferentes tratamientos de acolchado plástico en el cultivo de arveja.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	34	0.78	0.4668
Variedad	1	34	0.19	0.6621
Color: Variedad	2	34	0.04	0.9565

Los resultados del análisis de varianza indican que, bajo las condiciones experimentales evaluadas, ni el color del acolchado plástico ni la variedad de arveja ejercieron una influencia estadísticamente significativa sobre la incidencia de pudrición de raíz (Tablas 18 y 19). Aunque se observó una tendencia numérica hacia una menor incidencia promedio en el tratamiento con acolchado blanco

(0.79) y en la variedad Lilianita (0.97), la ausencia de significancia estadística ($p > 0.05$) impide concluir que estos factores tuvieron un efecto real sobre la enfermedad.

Tabla 18

*Incidencia de pudrición de raíz (*Fusarium* spp.*) bajo diferentes colores de cobertura plástica.*

Color	Media ± E.E.
Blanco	0.79 ± 0.33
Negro	1.25 ± 0.26
Testigo	1.21 ± 0.16

A continuación, en la Tabla 19, se evalúa la incidencia de pudrición de raíz causada por *Fusarium spp.* en distintas variedades de arveja

Tabla 19

*Incidencia de pudrición de raíz (*Fusarium* spp.*) en diferentes variedades de arveja evaluadas.*

Variedad	Media ± E.E.
Lilianita	0.97 ± 0.22
Lojanita	1.13 ± 0.30

La ausencia de efectos significativos sobre la incidencia de pudrición de raíz sugiere que, en el ciclo evaluado, ni la modificación del microclima edáfico por el acolchado ni la elección varietal fueron factores determinantes para el desarrollo de esta enfermedad. Esto puede atribuirse a una baja presión inicial del inóculo en el suelo o a condiciones ambientales que no favorecieron una epidemia diferencial entre tratamientos, enmascarando posibles interacciones sutiles.

La discusión sobre el efecto del acolchado en enfermedades radiculares es compleja y depende del patosistema específico. Por un lado, el aumento de la temperatura del suelo bajo acolchados oscuros puede exacerbar ciertas enfermedades, como se observó en pimiento, donde el plástico agravó la pudrición por *Pythium* comparado con coberturas orgánicas (Stirling y Eden, 2008). Por otro lado, el acolchado plástico puede suprimir patógenos al alterar la microflora del suelo, favoreciendo antagonistas como *Trichoderma spp.* (Valle y Zevada, 2009). La tendencia no significativa hacia una menor incidencia bajo acolchado blanco en este estudio podría insinuar un efecto moderador de este color, al mantener un ambiente radicular más fresco y estable, menos propicio para algunos patógenos termófilos.

Desde el punto de vista del manejo integrado, este resultado es tan valioso como uno significativo, pues delimita el alcance de la tecnología. Indica que, en las condiciones de Chaltura y para el ciclo monitoreado, la selección del color del acolchado o de la variedad (entre las dos evaluadas) no debe basarse principalmente en el objetivo de controlar la pudrición de raíz. La gestión de esta enfermedad debe priorizar otras prácticas profilácticas de mayor impacto demostrado, como rotación de cultivos con especies no hospedantes, mejora del drenaje del suelo, uso de semilla certificada libre de patógenos y selección genética por resistencia o tolerancia, si está disponible.

3.6 Días a la floración

El análisis de varianza para la variable días a la floración (Tabla 20) no mostró una interacción significativa entre el color del acolchado y la variedad ($p = 0.4211$). Sin embargo, se identificaron efectos principales estadísticamente significativos e independientes para ambos factores. El color del acolchado influyó significativamente en el tiempo requerido para alcanzar la floración ($F=5.46$; $GL=2, 34$; $p = 0.0088$). De manera más pronunciada, la variedad de arveja presentó un efecto altamente significativo sobre esta variable ($F=99$; $GL=1, 34$; $p < 0.0001$).

Tabla 20

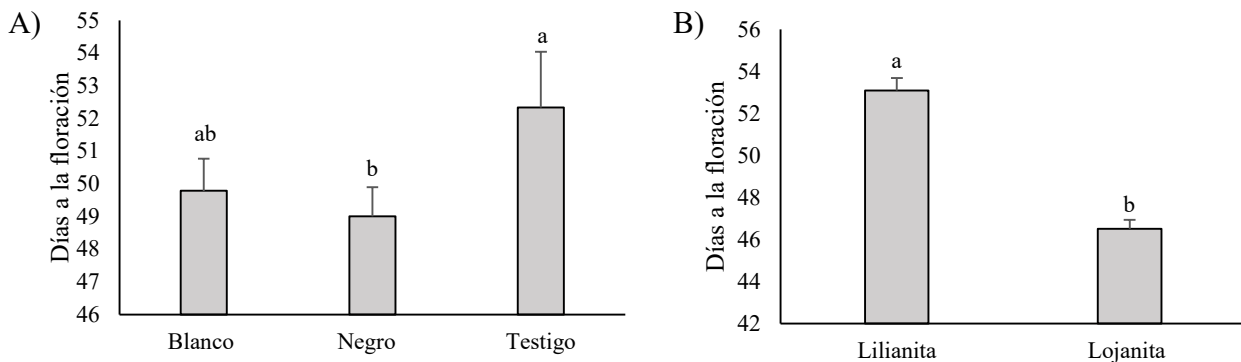
Análisis de varianza (ANOVA) para los días a la floración en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	34	5.46	0.0088
Variedad	1	34	99	<0.0001
Color: Variedad	2	34	0.89	0.4211

Los resultados promedio se presentan en la Figura 14. El acolchado negro indujo la floración más temprana (49.00 días), seguido del blanco (49.78 días), mientras que el testigo fue significativamente más tardío (52.33 días). La variedad Lojanita fue claramente más precoz (46.52 días) que Lilianita (53.10 días).

Figura 14

Días a la floración en el cultivo de arveja: efecto del color de la cobertura plástica y de la variedad.



Nota: La figura integra los resultados de dos análisis: el panel A (izquierda) muestra el efecto del color de la cobertura plástica (negro, blanco, testigo sin cobertura); el panel B (derecha) muestra el comportamiento de las diferentes variedades de arveja.

Los resultados confirman que tanto el color del acolchado plástico como el genotipo son factores determinantes en la precocidad a floración, actuando de manera independiente y aditiva. La ausencia de interacción significa que el efecto acelerador de los acolchados se manifestó de igual forma en ambas variedades.

La reducción en el tiempo a floración provocada por los acolchados, especialmente el negro (-3.33 días vs. testigo), es una consecuencia directa de la modificación del microclima edáfico. El aumento en la temperatura y la estabilización de la humedad del suelo, documentados en este estudio, generan un ambiente radicular que estimula el metabolismo y acelera el desarrollo vegetativo, facilitando una transición más rápida a la fase reproductiva. Este mecanismo explica hallazgos como los de Pacheco y Porras (2009) y Ricardo et al. (2008), quienes en la meseta de Bogotá observaron que las cubiertas plásticas podían adelantar la floración entre 15 y 20 días en condiciones de campo abierto. La magnitud del efecto en este estudio fue menor, lo que puede atribuirse a diferencias climáticas, materiales de cobertura y la especie cultivada, pero la dirección del efecto es consistente y subraya la utilidad de esta tecnología para acortar el ciclo, especialmente en regiones de clima templado-frío como Chaltura.

De manera más determinante, el factor variedad fue el de mayor influencia. La diferencia de aproximadamente 6.5 días a favor de Lojanita refleja una característica genética intrínseca de

precocidad. Esta respuesta varietal uniforme a través de todos los tratamientos de acolchado refuerza la robustez de este carácter para la planificación de siembras.

Desde una perspectiva de manejo integrado, estos hallazgos ofrecen estrategias claras. Para lograr la máxima precocidad y potencialmente una cosecha más temprana que escape a factores limitantes del final de ciclo, la combinación de la variedad Lojanita con acolchado negro es la opción óptima. Este manejo deliberado del tiempo fisiológico, sustentado en la interacción entre genética y tecnología, es clave para incrementar la predictibilidad, la eficiencia y la resiliencia del cultivo de arveja en la sierra ecuatoriana.

3.7 Duración de la floración

El análisis de varianza para la variable duración de la floración (Tabla 21) no mostró una interacción significativa entre el color del acolchado y la variedad ($p = 0.6579$), ni un efecto principal significativo del color ($p = 0.4294$). Sin embargo, se identificó un efecto principal estadísticamente significativo para el factor variedad ($F=7.98$; $GL=1, 34$; $p = 0.0079$). Esto indica que la duración del período de floración fue influenciada de manera significativa e independiente por el genotipo, sin que este efecto variara según el color de la cobertura plástica utilizada.

Tabla 21

Análisis de varianza (ANOVA) para la duración del período de floración en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	34	0.87	0.4294
Variedad	1	34	7.98	0.0079
Color: Variedad	2	34	0.42	0.6579

Los resultados indican que la duración del período de floración fue determinada principalmente por el factor genético, sin una influencia significativa del color del acolchado plástico. El análisis estadístico no reveló diferencias atribuibles al color de la cobertura ($p = 0.4294$), ni una interacción con la variedad ($p = 0.6579$). Sin embargo, se encontró un efecto principal altamente significativo de la variedad ($p = 0.0079$).

La duración de la floración mostró una respuesta diferenciada al color de la cobertura plástica. El acolchado negro registró el período más extenso (25.78 ± 0.62 días), seguido muy de cerca por el

testigo sin cobertura (25.67 ± 1.33 días). El acolchado blanco presentó la floración más corta (24.83 ± 0.41 días) (Tabla 22). Estos resultados sugieren que, si bien la cobertura plástica modula la fase reproductiva, el efecto específico del color es limitado en esta variable. La tendencia a una floración ligeramente más prolongada bajo acolchado negro podría relacionarse con un microclima térmico más estable y favorable, mientras que la mayor variabilidad observada en el testigo refleja la exposición directa a las fluctuaciones ambientales.

Tabla 22

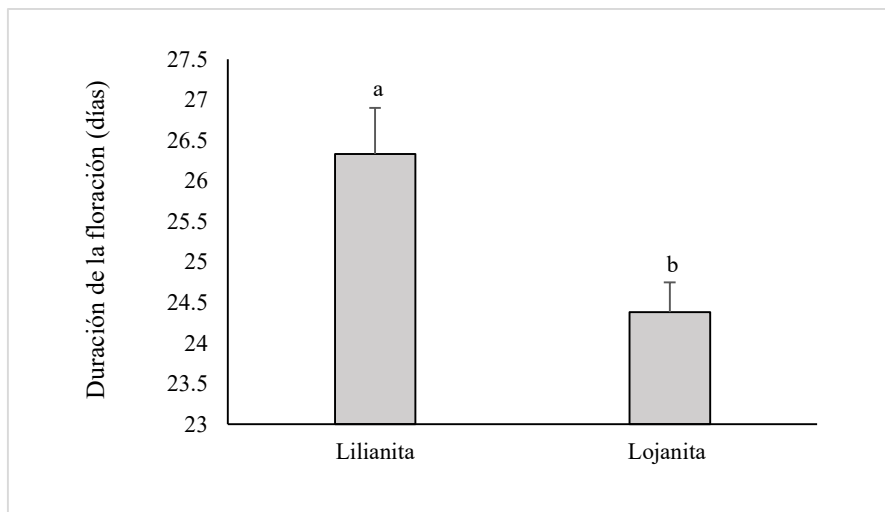
Duración de la floración con cobertura plástica

Color	Media \pm E.E.
Blanco	24.83 ± 0.41
Negro	25.78 ± 0.62
Testigo	25.67 ± 1.33

La variedad Lilianita presentó una floración significativamente más prolongada (26.33 días) en comparación con Lojanita (24.38 días) (Figura 15). Esta diferencia de aproximadamente dos días sugiere características fisiológicas intrínsecas divergentes entre los genotipos. Una mayor duración de la floración puede estar asociada a una arquitectura de planta más indeterminada, a una tasa de aparición de nudos florales más espaciada o a una mayor longevidad individual de las flores. Este rasgo puede tener implicaciones agronómicas, como una ventana de polinización y cuajado potencialmente más amplia, lo que podría contribuir a una mayor estabilidad del rendimiento ante estrés ambiental puntual durante la floración.

Figura 15

Duración de la floración en las diferentes variedades de arveja



Los resultados confirman que la duración de la floración en arveja es un carácter fenológico determinado principalmente por la genética del cultivar, el cual no fue modificado por los distintos ambientes radiculares creados por el acolchado plástico. La ausencia de un efecto significativo del acolchado es un hallazgo crucial que precisa la naturaleza de su influencia: mientras esta tecnología modifica el microclima del suelo y adelanta el inicio de la floración (como se documentó en la sección 4.6), no altera la extensión temporal de esta fase una vez iniciada. Esto sugiere que factores como la temperatura del aire, la radiación a nivel del dosel y, fundamentalmente, la programación genética del desarrollo reproductivo son los reguladores principales de la duración.

Esta distinción entre el inicio (plástico, sensible al ambiente radicular) y la duración (estable, de control genético) es consistente con investigaciones recientes en leguminosas de grano en ambientes andinos. Lozada (2024), en un estudio con haba (*Vicia faba* L.) en la sierra ecuatoriana, reportó precisamente este patrón: la longitud del período floral fue un atributo varietal constante, independiente de prácticas de manejo del suelo que sí afectaban su comienzo. La convergencia de resultados subraya un principio fisiológico aplicable para el manejo del cultivo.

Es importante contextualizar este hallazgo frente a la literatura que sí reporta efectos del acolchado sobre la fenología. Estudios como los de Pacheco y Porras (2009) y Awal et al. (2016) documentan que el acolchado plástico (negro o transparente) puede inducir una floración más temprana al aumentar la temperatura y conservar la humedad del suelo, acelerando el desarrollo vegetativo previo. Nuestros resultados no contradicen esto, sino que lo acotan: el acolchado actúa como un

"desencadenante" que acorta la fase vegetativa, pero no como un "modulador" que extiende o acorta la fase reproductiva en curso.

Desde la perspectiva agronómica, la mayor duración de la floración observada en Lilianita (aproximadamente 2 días) confiere una ventana de polinización y cuajado más amplia. Esta característica puede ser una estrategia de resiliencia, ya que un período floral extendido brinda al cultivo mayor capacidad para amortiguar eventos de estrés puntual (heladas, lluvias excesivas) que podrían afectar la fecundación en un momento específico, promoviendo así un establecimiento de vainas más uniforme y una potencial mayor estabilidad del rendimiento.

3.8 Duración del llenado de la vaina

El análisis de varianza para la variable duración del llenado de vaina (Tabla 23) mostró que la interacción entre el color del acolchado y la variedad de arveja fue estadísticamente significativa ($F=8.29$; $GL=2, 34$; $p = 0.0012$). Este resultado indica que el efecto de los distintos colores de acolchado plástico sobre la duración de esta fase crítica de llenado de grano no fue uniforme, sino que dependió de la variedad específica evaluada.

Tabla 23

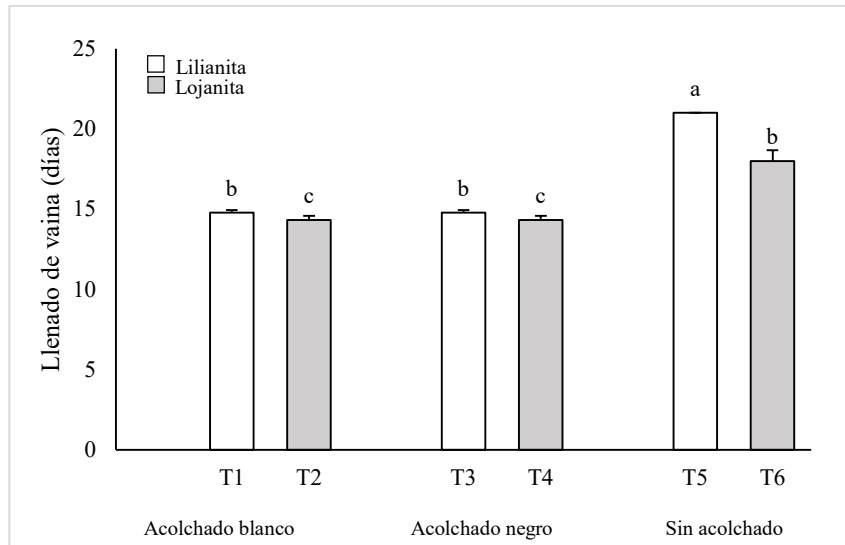
Análisis de varianza (ANOVA) para la duración del período de llenado de vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	34	175.52	<0.0001
variedad	1	34	15.93	0.0003
Color: variedad	2	34	8.29	0.0012

La naturaleza de esta interacción se detalla en la Figura 16. En ambas variedades, la condición testigo (sin acolchado) prolongó significativamente la duración del llenado. Sin embargo, la magnitud de este efecto y la respuesta a los acolchados difirieron entre genotipos. Para la variedad Lojanita, el período de llenado fue consistentemente más corto que para Lilianita bajo todos los tratamientos. La mayor reducción en la duración, al comparar el testigo con los acolchados, se observó en Lilianita.

Figura 16

Duración del período de llenado de vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.



La presencia de una interacción significativa entre el acolchado y la variedad para la duración del llenado de la vaina demuestra que la acumulación final de biomasa en los granos es un proceso regulado por una compleja relación genotipo- ambiente. A diferencia de la duración de la floración, que fue estable, esta fase es altamente plástica y responde de manera diferencial a las mejoras microclimáticas según la fisiología intrínseca de cada variedad.

El efecto principal más drástico fue el del acolchado, el cual acortó considerablemente esta fase. Este resultado tiene una explicación fisiológica directa. Los acolchados plásticos, particularmente el negro, elevan y estabilizan la temperatura del suelo mientras optimizan la humedad disponible (Awal et al., 2016). Este ambiente radicular mejorado promueve una mayor actividad metabólica de la raíz, una absorción más eficiente de nutrientes y, en última instancia, sostiene una mayor tasa fotosintética y una translocación más eficiente de fotoasimilados hacia los granos en desarrollo. Como consecuencia, la tasa de llenado diaria se incrementa, permitiendo que los granos alcancen su masa potencial en menos tiempo, un hallazgo alineado con estudios recientes que vinculan el microclima mejorado con la eficiencia del llenado (Valipour et al., 2023).

3.9 Vainas por planta

El análisis de varianza para la variable número de vainas por planta (Tabla 24) mostró que la interacción entre el color del acolchado y la variedad de arveja fue estadísticamente significativa ($F=4.12$; $GL=2, 136$; $p = 0.0445$). Este resultado indica que el efecto de los distintos colores de acolchado plástico sobre la prolificidad de la planta no fue uniforme, sino que dependió de la variedad específica evaluada.

Tabla 24

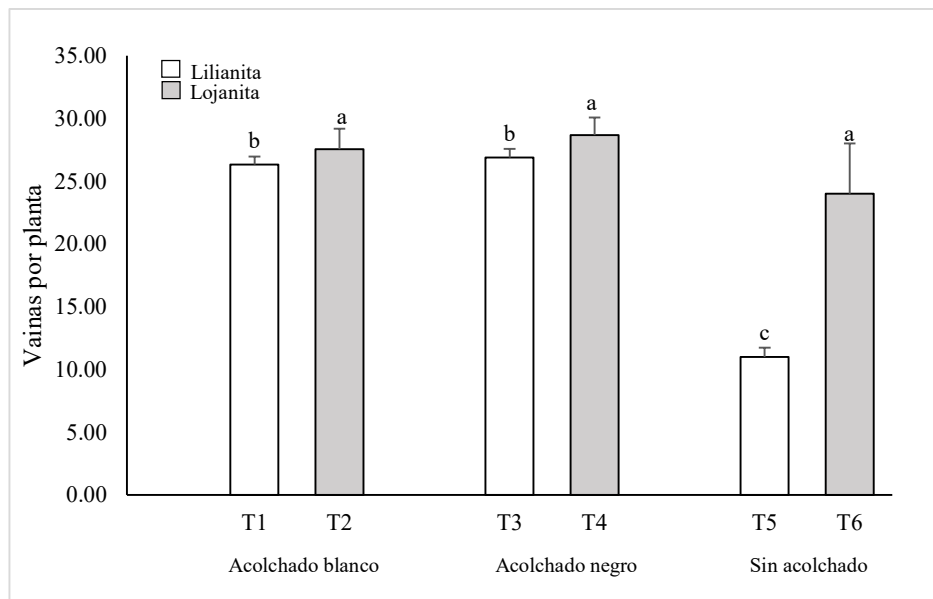
Análisis de varianza (ANOVA) para el número de vainas por planta en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	136	0.09	0.9115
Variedad	1	136	16.26	0.0001
Color: Variedad	2	136	4.12	0.0445

La naturaleza de esta interacción se detalla en la Figura 17. El patrón de respuesta fue marcadamente diferente entre variedades. Para Lojanita, el número de vainas fue alto y estadísticamente similar entre el testigo y los acolchados plásticos. En contraste, para Lilianita, el testigo resultó en un número de vainas significativamente menor, mientras que los acolchados blanco y negro indujeron un aumento pronunciado y equivalente en este componente del rendimiento).

Figura 17

Vainas de arveja por planta en acolchado plástico



La interacción significativa para el número de vainas por planta subraya que la expresión de este componente clave del rendimiento final está gobernada por una relación dinámica genotipo \times manejo. Aunque el acolchado plástico por sí mismo no generó un efecto promedio general, su impacto fue decisivo y diferencial según la variedad, revelando estrategias productivas y niveles de dependencia ambiental distintos.

El patrón observado sugiere una divergencia fisiológica y adaptativa entre las variedades. Lojanita mostró un comportamiento de alta resiliencia o estabilidad fenotípica. Su capacidad para mantener un número elevado y consistente de vainas incluso en condiciones de suelo desfavorables (testigo) indica una eficiencia intrínseca para establecer y desarrollar estructuras reproductivas con menos dependencia de las óptimas condiciones microclimáticas promovidas por el acolchado. Esta puede ser una característica de adaptación a ambientes más variables o de menor input.

Por el contrario, Lilianita exhibió una alta sensibilidad o respuesta plástica positiva. La drástica reducción en prolificidad bajo el testigo, seguida de una fuerte recuperación con el acolchado, señala que su potencial productivo está estrechamente ligado a la calidad del ambiente radicular. Los acolchados blanco y negro, al mejorar la humedad del suelo y moderar su temperatura (Khan et al., 2018; Valipour et al., 2023), aparentemente removieron una limitante que en condiciones no

mejoradas restringe severamente su diferenciación y/o retención de vainas. Esto podría deberse a una mayor sensibilidad al estrés hídrico o térmico durante la floración y el cuajado.

Desde el punto de vista de los mecanismos implicados, la conservación de humedad y la reducción del estrés térmico del suelo proporcionadas por el acolchado son críticas (Valipour et al., 2023). Un ambiente radicular más estable favorece un desarrollo vegetativo vigoroso y sostenido, lo que se traduce en una mayor área fotosintética y disponibilidad de carbohidratos durante el período crítico de floración y cuajado. Esto, a su vez, puede reducir el aborto de flores y vainas jóvenes, permitiendo que un mayor número de ellas complete su desarrollo (Khan et al., 2018). Para Lilianita, este efecto fue fundamental; para Lojanita, su fisiología le permitió compensar estas limitantes de manera más efectiva.

Las implicaciones agronómicas para el manejo integrado son directas, para Lilianita, el uso de acolchado plástico (blanco o negro) no es una opción de mejora, sino una práctica casi indispensable para expresar su potencial de prolificidad y evitar pérdidas severas en este componente del rendimiento. Por otro lado, Lojanita, el acolchado ofrece un margen de optimización menor en términos de número de vainas, pero puede seguir siendo valioso por sus otros beneficios documentados (control de malezas, precocidad, eficiencia hídrica). Su resiliencia la hace una variedad adecuada para sistemas con menor nivel de tecnificación o mayor riesgo ambiental.

En un contexto de selección varietal, este resultado destaca la importancia de evaluar los genotipos bajo diferentes manejos. Una variedad como Lilianita podría ser subestimada en ensayos sin acolchado, mientras que su verdadero potencial solo se revela bajo manejo optimizado.

3.10 Peso en vaina fresco

El análisis de varianza para la variable peso de vaina fresca (Tabla 25) no mostró una interacción significativa entre el color del acolchado y la variedad ($p = 0.6271$), ni un efecto principal significativo de la variedad ($p = 0.6681$). Sin embargo, se identificó un efecto principal altamente significativo para el factor color del acolchado ($F=43.69$; $GL=2, 10$; $p < 0.0001$). Esto indica que el peso de las vainas en fresco fue influenciado de manera significativa e independiente por el color de la cobertura plástica, sin que este efecto variara entre las variedades evaluadas.

Tabla 25

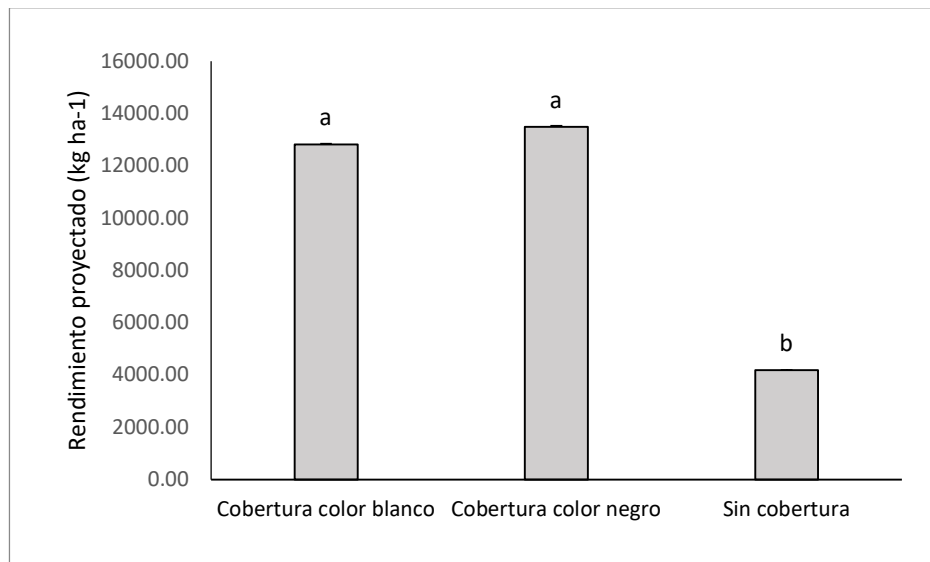
Análisis de varianza (ANOVA) para el peso fresco de vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	10	43.69	<0.0001
variedad	1	10	0.2	0.6681
Color: variedad	2	10	0.49	0.6271

Los resultados promedios por tratamiento de acolchado, presentados en la Figura 18 muestran un incremento productivo drástico. El acolchado negro produjo el mayor rendimiento proyectado de vaina fresca (13,494.26 kg ha⁻¹), seguido muy de cerca por el acolchado blanco (12,827.16 kg ha⁻¹), sin que existiera una diferencia estadística significativa entre ellos. Ambos tratamientos fueron significativamente superiores al testigo sin cubrir (4,200.00 kg ha⁻¹), representando un incremento superior al 200%.

Figura 18

Peso fresco de vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de cobertura plástica.



Los resultados para el peso de vaina fresca demuestran que el acolchado plástico es la variable agronómica determinante para maximizar la producción de biomasa comercial en el cultivo de arveja bajo las condiciones de Chaltura. La ausencia de efectos significativos de la variedad o de la interacción revela un principio clave: cuando el ambiente radicular es severamente limitante

(condición testigo), el potencial genético de los cultivares queda suprimido, y cuando este ambiente es optimizado (con acolchado), la expresión productiva se maximiza de manera similar, independientemente del genotipo evaluado.

El incremento superior al 200% en el rendimiento atribuible al acolchado es una consecuencia directa de la profunda modificación del microclima edáfico que esta tecnología induce. Los acolchados plásticos, particularmente el negro, elevan y estabilizan la temperatura del suelo, al tiempo que reducen drásticamente la evapotranspiración, conservando la humedad (Khan et al., 2018; Valipour et al., 2023). Este ambiente óptimo promueve un crecimiento vegetativo más vigoroso y prolongado, una mayor tasa fotosintética neta y una eficiencia superior en la partición de asimilados hacia los órganos de interés económico (las vainas). El hecho de que el acolchado negro y el blanco hayan rendido de manera estadísticamente equivalente, a pesar de sus perfiles térmicos diferentes, sugiere que el beneficio común fundamental es la conservación de la humedad y la supresión de malezas, las cuales, una vez garantizadas, permiten a la planta expresar su máximo potencial. La ligera ventaja numérica del negro puede atribuirse al estímulo adicional del calor, que en ciertos momentos del ciclo pudo acelerar la tasa de crecimiento.

Este hallazgo se alinea sólidamente con la literatura internacional. Valipour et al. (2023) reportaron que el acolchado plástico combinado con una adecuada distancia de siembra produjo el mayor rendimiento de vainas frescas, destacando la importancia del manejo integrado. De manera similar, Khan et al. (2018) encontraron que el polietileno negro generaba el mayor peso y rendimiento de vainas, subrayando el rol de la modificación del microclima.

3.11 Peso de grano en fresco

El análisis de varianza para la variable peso del grano fresco (Tabla 26) no mostró una interacción significativa entre el color del acolchado y la variedad ($p = 0.3425$), ni un efecto principal significativo de la variedad ($p = 0.2089$). Sin embargo, se identificó un efecto significativo para el factor color del acolchado ($F=40.97$; $GL=2, 10$; $p < 0.0001$). Esto indica que el peso de los granos en fresco fue influenciado de manera significativa e independiente por el color de la cobertura plástica, sin que este efecto variara entre las variedades evaluadas.

Tabla 26

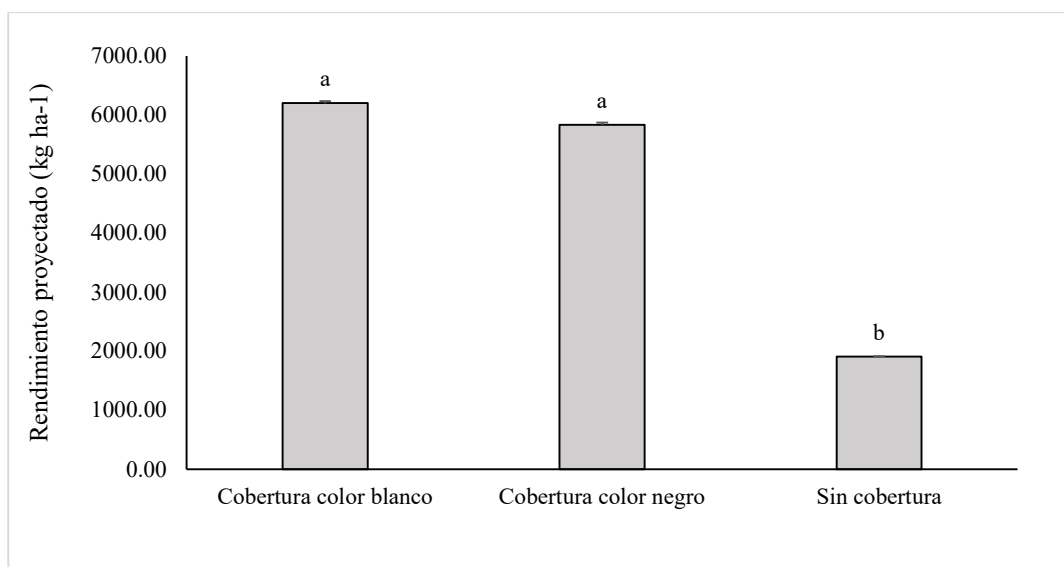
Análisis de varianza (ANOVA) para el peso fresco de grano en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	10	40.97	<0.0001
variedad	1	10	1.8	0.2089
Color: variedad	2	10	1.19	0.3425

Los resultados, presentados en la Figura 19, muestran un incremento productivo masivo atribuible al acolchado. Tanto el acolchado blanco (6,201.20 kg ha⁻¹) como el negro (5,831.40 kg ha⁻¹) produjeron rendimientos estadísticamente equivalentes y significativamente superiores al testigo sin acolchado (1,913.01 kg ha⁻¹), representando un aumento superior al 200%.

Figura 19

Peso del grano de arveja en los distintos colores de cobertura plástica



Los resultados para el peso de grano fresco consolidan al acolchado plástico como el factor agronómico fundamental para desbloquear el potencial de rendimiento en grano del cultivo de arveja en las condiciones de la sierra ecuatoriana. La ausencia de efectos varietales o de interacción refuerza un principio observado en el peso de vaina fresca: cuando las limitantes abióticas del suelo son severas (testigo), la expresión del rendimiento genético es mínima; cuando estas limitantes son mitigadas (acolchado), la productividad se maximiza de manera similar, independientemente de las diferencias genéticas entre Lilianita y Lojanita.

El incremento de más del 200% en el rendimiento de grano es una consecuencia fisiológica directa de la optimización del ambiente radicular. Los acolchados plásticos, al conservar la humedad del suelo y modular su temperatura (Khan et al., 2018; Awal et al., 2016), generan condiciones que favorecen todo el proceso productivo: desde un establecimiento y desarrollo vegetativo más vigoroso, que incrementa el área fotosintética (fuente), hasta una mayor eficiencia en el cuajado, llenado y retención de granos (demanda). Este efecto sinérgico se traduce en una mayor biomasa total y, de manera crítica, en una partición más eficiente de los asimilados hacia los órganos de cosecha (los granos). La ligera superioridad numérica del acolchado blanco, consistente con otras variables de calidad, podría deberse a un perfil microclimático que, al ser ligeramente más fresco y reflejar más luz hacia el dosel, prolonga la actividad fotosintética y reduce el estrés térmico durante el crítico período de llenado, optimizando así la acumulación de materia seca y agua en los granos.

Estos hallazgos están en total consonancia con la literatura científica. Khan et al. (2018) y Awal et al. (2016) reportaron que el acolchado de polietileno, especialmente el negro, generaba los mayores rendimientos de semilla en arveja, destacando su papel en la mejora de los componentes del rendimiento. Nuestro estudio amplía esta evidencia, demostrando que tanto el blanco como el negro son igualmente efectivos para este fin en nuestro contexto ambiental específico.

3.12 Peso de 100 granos en fresco

El análisis de varianza para la variable peso de 100 granos frescos (Tabla 27) no mostró una interacción significativa entre el color del acolchado y la variedad ($p = 0.3089$). Sin embargo, se identificaron efectos principales estadísticamente significativos e independientes para ambos factores. Tanto el color del acolchado ($F=7.44$; $GL=2$, 115; $p = 0.0009$) como la variedad de arveja ($F=116.78$; $GL=1$, 115; $p < 0.0001$) influyeron de manera significativa en el peso calibrado de los granos (Tabla 24).

Tabla 27

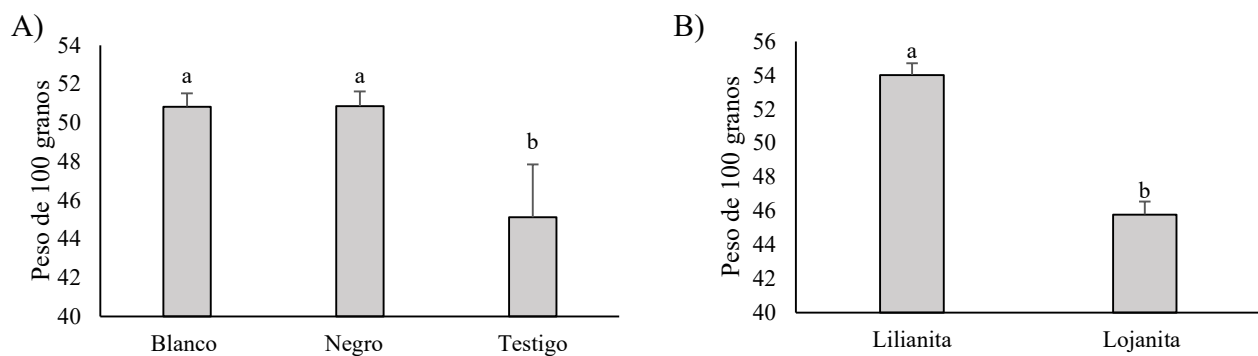
Análisis de varianza (ANOVA) para el peso fresco de 100 granos en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	115	7.44	0.0009
variedad	1	115	116.78	<0.0001
Color: variedad	2	115	1.19	0.3089

Los resultados detallados en la Figura 20 muestran una doble influencia. De manera independiente, el uso de acolchado plástico incrementó significativamente el peso calibrado. Tanto el acolchado blanco (50.84 g) como el negro (50.86 g) produjeron granos de peso estadísticamente equivalente y significativamente superior a los del testigo sin acolchado (45.13 g), representando un aumento promedio del 13%. De manera aún más determinante, la variedad Lilianita produjo granos significativamente más pesados (54.03 g/100 granos) que Lojanita (45.79 g/100 granos), una diferencia genética de aproximadamente 18%.

Figura 20

Peso fresco de 100 granos de arveja en función del color de la cobertura plástica y de la variedad.



Nota: La figura integra dos análisis: el panel A (izquierda) muestra el efecto del color de la cobertura plástica (acolchado negro, blanco y testigo sin cobertura) sobre el peso de 100 granos; el panel B (derecha) compara este parámetro entre dos variedades de arveja.

El peso de 100 granos, un índice de calidad comercial y de eficiencia fisiológica del llenado, se vio influenciado de manera clara e independiente por la genética y el manejo agronómico. La ausencia de interacción refuerza que ambos factores son complementarios y actúan de forma aditiva para maximizar este atributo de calidad.

El efecto significativo del acolchado, que aumentó el peso calibrado en un 13%, es una consecuencia directa de la mejora en las condiciones para el llenado del grano. El acolchado plástico, al conservar la humedad del suelo (Valipour et al., 2023) y moderar su temperatura, mitiga el estrés hídrico y térmico durante esta fase crítica. Un ambiente radicular óptimo sostiene una mayor tasa fotosintética y una translocación más eficiente y prolongada de asimilados (carbohidratos, proteínas) hacia los granos en desarrollo (Khan et al., 2018). Esto permite que cada grano alcance un tamaño y peso más cercanos a su máximo potencial genético, explicando el incremento observado tanto con acolchado blanco como negro. Este hallazgo es coherente con

estudios que muestran cómo la supresión de malezas y la mejora microclimática, análogas al efecto del acolchado, maximizan el peso del grano (Jilani et al., 2016).

Sin embargo, el factor más determinante fue, por un amplio margen, la variedad. La diferencia de 8.24 g/100 granos (18% más pesados) a favor de Lilianita refleja una característica genética intrínseca de mayor potencial de tamaño y peso de grano. Este rasgo está probablemente codificado en aspectos como el número y tamaño de células del cotiledón, la capacidad de acumulación de almidón o la arquitectura de la vaina que alberga un menor número de granos de mayor calibre. Desde una perspectiva comercial, esta cualidad posiciona a Lilianita como una variedad premium para mercados que valoran el grano grande y bien conformado, especialmente para consumo en fresco o procesamiento selectivo.

3.13 Longitud de la vaina

El análisis de varianza para la variable longitud de la vaina (Tabla 28) mostró que la interacción entre el color del acolchado y la variedad de arveja fue estadísticamente significativa ($F=7.41$; $GL=2, 409$; $p = 0.0007$). Este resultado indica que el efecto de los distintos colores de acolchado plástico sobre la longitud de la vaina no fue uniforme, sino que dependió de la variedad específica evaluada.

Tabla 28

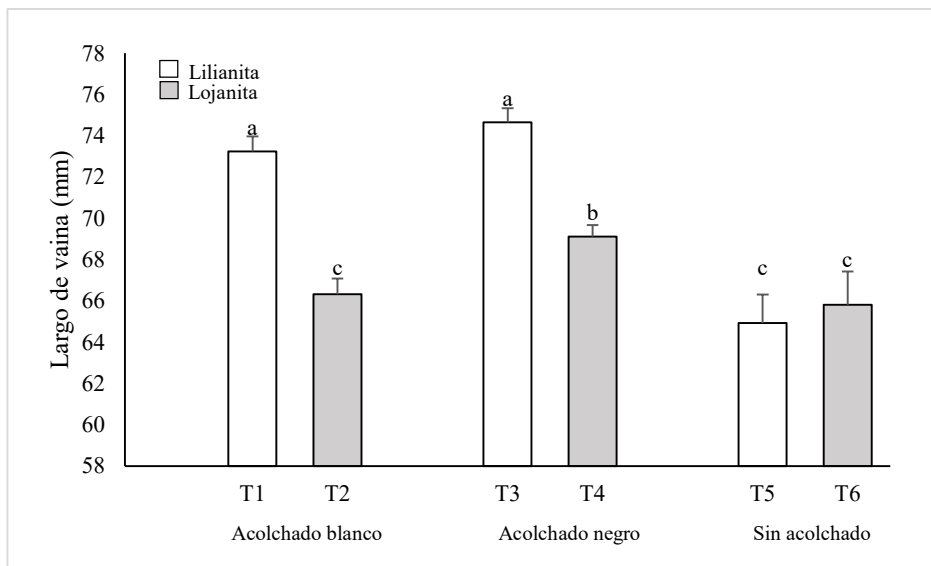
Longitud de la vaina en los distintos tratamientos

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	409	20.75	<0.0001
Variedad	1	409	60.73	<0.0001
Color: Variedad	2	409	7.41	0.0007

La naturaleza de esta interacción se detalla en la Figura 21. El patrón de respuesta fue marcadamente diferente entre las variedades. La variedad Lilianita respondió de manera óptima y equivalente tanto al acolchado blanco como al negro, produciendo vainas significativamente más largas (73.23 mm y 74.65 mm, respectivamente) en comparación con su testigo (64.93 mm). En contraste, la variedad Lojanita solo mostró un incremento significativo en la longitud de la vaina bajo acolchado negro (69.11 mm), mientras que bajo acolchado blanco (66.32 mm) no difirió de su testigo (65.81 mm).

Figura 21

Longitud de la vaina de arveja en los diferentes colores de cobertura plástica



La interacción significativa para la longitud de la vaina pone de manifiesto una vez más la compleja relación genotipo-ambiente en la expresión de caracteres de calidad. Este hallazgo demuestra que la respuesta morfológica de la vaina a las modificaciones microclimáticas inducidas por el acolchado es específica de cada cultivar, revelando estrategias fisiológicas y umbrales de respuesta divergentes.

El efecto positivo general del acolchado sobre la longitud de la vaina coincide con lo reportado en la literatura. Khan et al. (2018) observaron que el polietileno negro incrementaba significativamente este atributo en arveja, un resultado que se replica parcialmente en nuestro estudio. El mecanismo subyacente está vinculado a la capacidad del acolchado para mantener una humedad del suelo más estable y favorable (Valipour et al., 2023), lo que sostiene la turgencia celular y los procesos de elongación durante el desarrollo de la vaina, así como a una mejor disponibilidad de recursos para el crecimiento.

Sin embargo, la interacción revela matices fisiológicos cruciales. Lilianita exhibió una respuesta plástica generalizada, donde la mera estabilización y mejora de las condiciones edáficas (proporcionada por cualquier acolchado) fue suficiente para desencadenar un mayor desarrollo longitudinal de sus vainas. Esto sugiere que su potencial genético para este carácter está limitado principalmente por factores abióticos que los acolchados mitigan eficazmente.

Por otro lado, Lojanita mostró una respuesta selectiva y específica, solo significativa bajo acolchado negro. Esto indica que, para este genotipo, el estímulo crítico no es solo la conservación de humedad, sino muy probablemente el incremento térmico adicional provisto por el acolchado negro. Es posible que Lojanita tenga un umbral de temperatura más alto para optimizar los procesos de división y elongación celular en la vaina, umbral que solo el acolchado negro alcanza en las condiciones de Chaltura.

3.14 Ancho de la vaina

El análisis de varianza para la variable ancho de la vaina (Tabla 29) mostró que la interacción entre el color del acolchado y la variedad de arveja fue estadísticamente significativa ($F=11.31$; $GL=2$, 408 ; $p = 0.0417$). Este resultado indica que el efecto de los distintos colores de acolchado plástico sobre el ancho de la vaina no fue uniforme, sino que dependió de la variedad específica evaluada.

Tabla 29

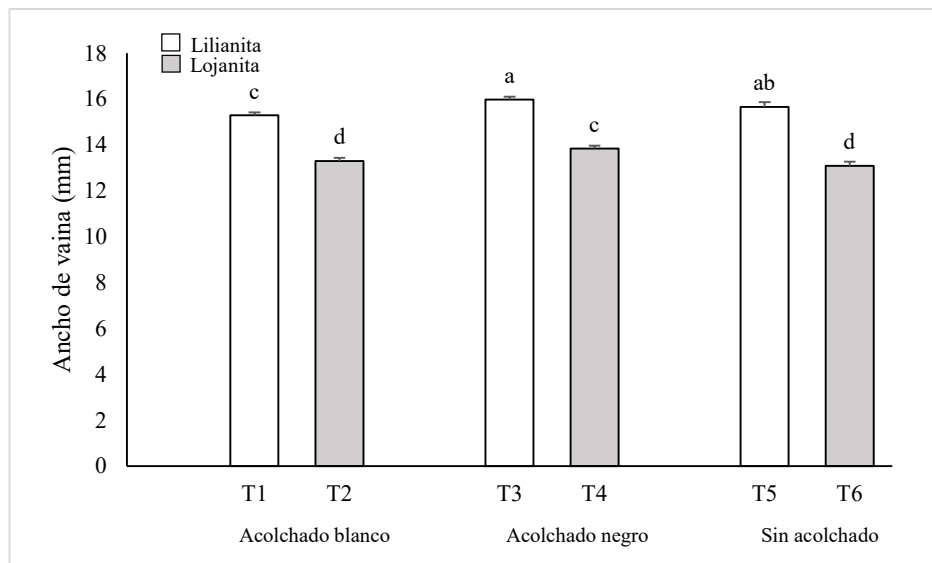
Análisis de varianza (ANOVA) para el ancho de vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	408	12.53	<0.0001
Variedad	1	408	331.32	<0.0001
Color: Variedad	2	408	11.31	0.0417

La naturaleza de esta interacción se ilustra en la Figura 22 la diferencia genética es relevante, la variedad Lilianita produjo vainas consistentemente más anchas (~15.64 mm) que Lojanita (~13.41 mm). Sin embargo, el patrón de respuesta a los acolchados difirió. Para Lilianita, el ancho máximo se obtuvo con el acolchado negro (15.97 mm), el cual fue estadísticamente superior al blanco (15.29 mm), mientras que su testigo (15.65 mm) fue intermedio y no difirió del negro. Para Lojanita, solo el acolchado negro (13.84 mm) representó una mejora significativa frente a su testigo (13.09 mm), mientras que el blanco (13.30 mm) no lo logró.

Figura 22

Ancho de vaina fresca en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de cobertura plástica



Los resultados para el ancho de la vaina destacan la primacía del factor genético en la determinación de este carácter, la presencia de una interacción significativa subraya que la expresión fenotípica final puede ser modulada de manera diferencial por el ambiente creado por el acolchado, revelando sensibilidades fisiológicas específicas de cada genotipo.

El efecto principal positivo del acolchado se alinea con la literatura que reporta mejoras en los componentes del rendimiento y el vigor de la planta bajo esta tecnología (Valipour et al., 2023; Khan et al., 2018). Un ambiente radicular optimizado (mejor humedad y temperatura) favorece una mayor disponibilidad de recursos y una tasa de crecimiento general que puede traducirse en una mayor expansión de los tejidos de la vaina.

3.15 Grosor de la vaina

El análisis de varianza para la variable grosor de la vaina (Tabla 30) mostró que la interacción entre el color del acolchado y la variedad de arveja fue estadísticamente significativa ($F=5.32$; $GL=2$, 409 ; $p = 0.0498$). Este resultado indica que el efecto de los distintos colores de acolchado plástico sobre el grosor de la vaina no fue uniforme, sino que dependió de la variedad específica evaluada.

Tabla 30

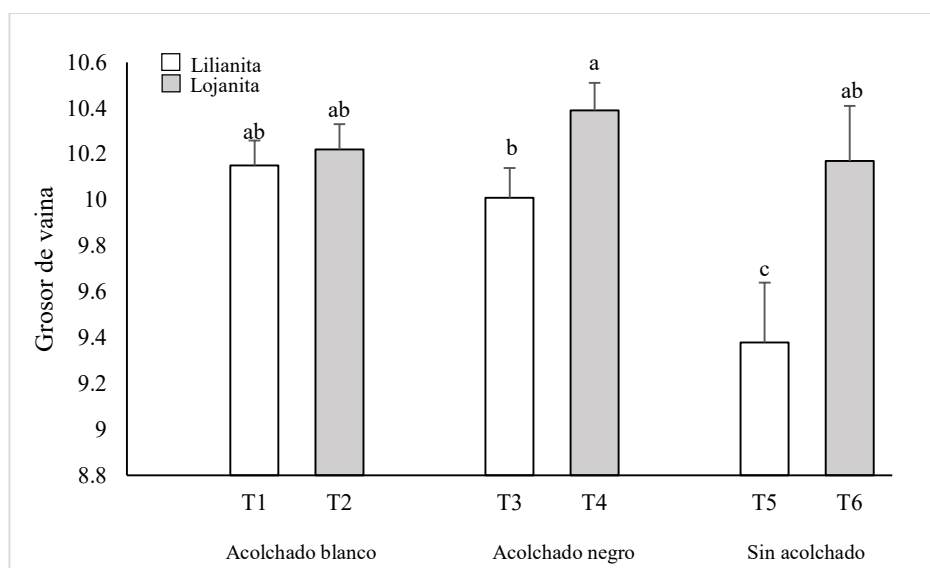
Análisis de varianza (ANOVA) para el grosor de vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	409	3.3	0.0377
Variedad	1	409	7.14	0.0078
Color: Variedad	2	409	5.32	0.0498

La naturaleza de esta interacción, presentada en la Figura 23, muestra un patrón de respuesta varietal contrastante. La variedad Lojanita exhibió una respuesta selectiva y específica: solo el acolchado negro (T4: 10.39 mm) produjo un grosor significativamente mayor, mientras que el blanco (T2: 10.22 mm) y el testigo (T6: 10.17 mm) no difirieron entre sí. Por el contrario, la variedad Lilianita mostró una respuesta generalizada de recuperación: tanto el acolchado blanco (T1: 10.15 mm) como el negro (T3: 10.01 mm) produjeron vainas significativamente más gruesas que su testigo (T5: 9.38 mm), el cual registró el valor más bajo de todos los tratamientos

Figura 23

Grosor de vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de cobertura plástica.



El grosor de la vaina, un carácter relacionado con la textura, la consistencia y la potencial resistencia al daño mecánico postcosecha, se vio influenciado por una interacción genotipo-ambiente de umbral estadístico estrecho, pero biológicamente informativa. Este hallazgo refina la

comprensión de cómo los factores genéticos y de manejo interactúan para definir atributos de calidad menos evidentes que el tamaño, pero igualmente relevantes.

La respuesta diferencial sugiere mecanismos fisiológicos subyacentes distintos para cada variedad. Lilianita demostró una alta sensibilidad a las condiciones limitantes del suelo, como lo evidencia el marcado déficit en el grosor de su vaina en el testigo. Sin embargo, esta limitante fue superada de manera amplia y similar por cualquiera de los dos acolchados, lo que indica que su fisiología responde positivamente a la mejora general en la disponibilidad de recursos (agua, nutrientes) y la estabilidad térmica que estos proveen, permitiendo una mayor deposición de material estructural en la pared de la vaina.

Para Lojanita, cuyo grosor en testigo fue inherentemente mayor, la mejora requirió un estímulo más específico. Solo el acolchado negro con su perfil térmico más elevado indujo un incremento significativo en el grosor. Esto podría deberse a que el calor adicional acelera los procesos metabólicos relacionados con la biosíntesis de componentes de la pared celular (como celulosa o lignina) o mejora la eficiencia en la partición de asimilados hacia estos tejidos estructurales, un estímulo que el acolchado blanco no logró proporcionar en la magnitud necesaria.

3.16 Número de granos por vaina

El análisis de varianza para la variable número de granos por vaina (Tabla 31) mostró que la interacción entre el color del acolchado y la variedad de arveja fue estadísticamente significativa ($F=7.26$; $GL=2, 409$; $p = 0.0008$). Este resultado indica que el efecto de los distintos colores de acolchado plástico sobre la prolificidad de la vaina no fue uniforme, sino que dependió de la variedad específica evaluada.

Tabla 31

Análisis de varianza (ANOVA) para el número de granos por vaina en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.

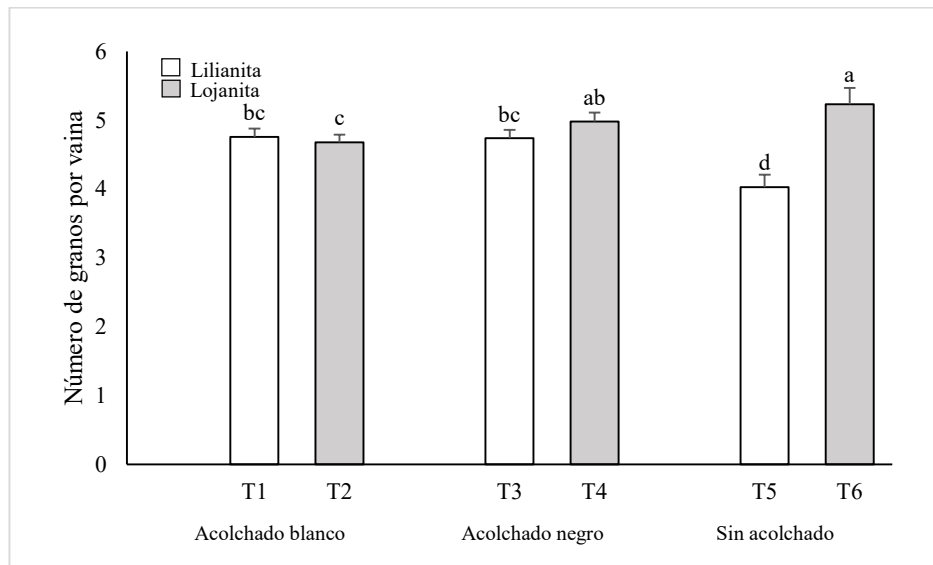
Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	409	1.21	0.2984
Variedad	1	409	4.69	0.031
Color: Variedad	2	409	7.26	0.0008

La naturaleza de esta interacción, presentada en la Figura 24, es una de las más contrastantes del estudio. Las variedades mostraron respuestas fenotípicas opuestas al ambiente de acolchado. La

variedad Lojanita alcanzó su máximo número de granos por vaina en el testigo sin acolchado (T6: 5.23), valor significativamente superior a los obtenidos bajo acolchado blanco (T2: 4.68) o negro (T4: 4.98). En marcado contraste, la variedad Lilianita mostró su valor más bajo en el testigo (T5: 4.03), mejorando significativamente bajo acolchado blanco (T1: 4.76) y negro (T3: 4.74), sin diferencias entre estos.

Figura 24

Número de granos por vaina de arveja en cobertura plástica



El número de granos por vaina es un componente clave del rendimiento final que demostró una interacción genotipo-ambiente de signo opuesto, uno de los hallazgos más agrónomicamente relevantes de esta investigación. Esta interacción explica por qué el efecto principal del acolchado no fue significativo: los impactos positivos y negativos se anularon al promediarse, y la significancia del efecto principal de la variedad es un artefacto de esta compleja relación y no debe interpretarse de forma aislada.

Esta respuesta fenotípica divergente sugiere mecanismos fisiológicos y/o de desarrollo reproductivo profundamente distintos entre los genotipos. Para Lojanita, su óptimo en condiciones de suelo desnudo (testigo) indica una posible adaptación o sincronía fisiológica con un ambiente de mayor estrés moderado. Las condiciones potencialmente más extremas (menor temperatura, mayor fluctuación hídrica) podrían haber inducido una respuesta como una floración más concentrada, una mayor eficiencia en la polinización o una menor tasa de aborto de óvulos y granos

jóvenes, mecanismos que se verían alterados o no estimulados por el ambiente más estable y protegido de los acolchados.

Por el contrario, Lilianita exhibió la respuesta fisiológica esperada para un cultivo que responde positivamente a la reducción del estrés abiótico. El acolchado plástico, al proporcionar un ambiente radicular más favorable (estabilidad hídrica y térmica), aparentemente superó una limitante crítica durante las fases de floración, fertilización y cuajado inicial, permitiendo que un mayor porcentaje de óvulos por vaina se desarrollaran en granos.

3.17 Largo del grano

El análisis de varianza para la variable largo del grano (Tabla 32) no mostró una interacción significativa entre el color del acolchado y la variedad ($p = 0.432$). Tampoco se identificó un efecto principal estadísticamente significativo para el factor color del acolchado ($p = 0.0669$). Sin embargo, se detectó un efecto principal altamente significativo para el factor variedad ($F=14.02$; $GL=1, 412$; $p = 0.0002$). Esto indica que el largo del grano fue influenciado de manera significativa e independiente por el genotipo, sin que este efecto variara según el color de la cobertura plástica utilizada.

Tabla 32

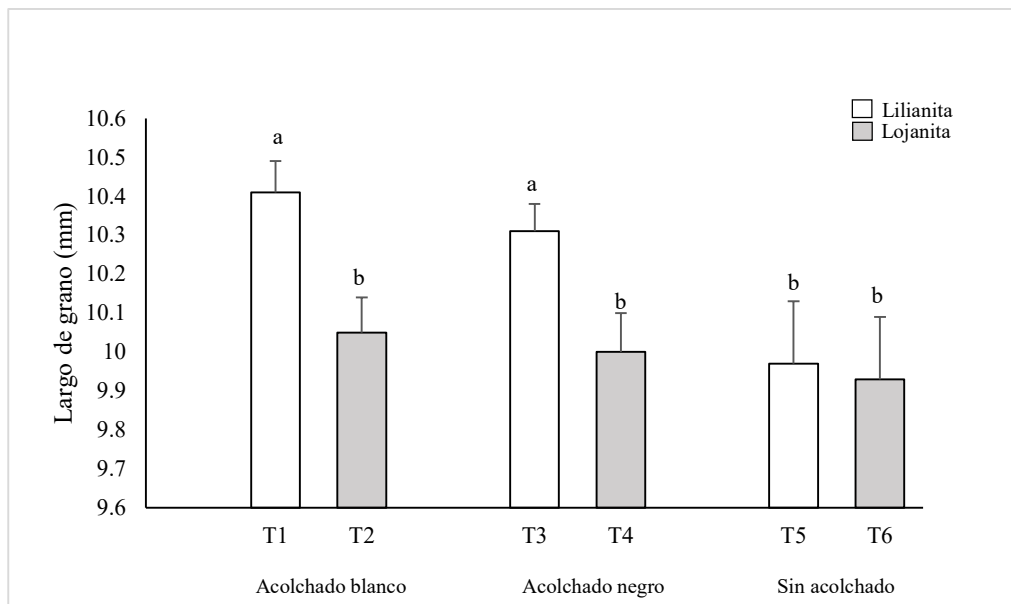
Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud del grano en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	412	2.72	0.0669
Variedad	1	412	14.02	0.0002
Color: Variedad	2	412	3.91	0.432

Los resultados, presentados en la Figura 25, confirman la estabilidad del carácter. La variedad Lilianita produjo granos significativamente más largos (promedio de 10.36 mm) que la variedad Lojanita (promedio de 10.03 mm). Esta diferencia genética se mantuvo constante a través de todos los tratamientos de acolchado y el testigo, sin que se observaran patrones de respuesta diferencial.

Figura 25

Longitud del grano en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de cobertura plástica.



El largo del grano se erige como un carácter varietal estable y altamente heredable en el cultivo de arveja bajo las condiciones de este estudio. La ausencia de efectos significativos del acolchado o de interacción refuerza la noción de que este atributo morfológico está bajo un fuerte control genético, con una baja plasticidad fenotípica frente a las modificaciones microclimáticas inducidas por el acolchado plástico en el suelo.

La diferencia significativa a favor de Lilianita (~0.33 mm más larga en promedio) es un rasgo intrínseco probablemente asociado a la arquitectura genética que regula el tamaño y número de células del cotiledón durante el desarrollo de la semilla. Este carácter es de relevancia comercial, ya que un mayor largo del grano suele correlacionarse con un mejor calibre y una apariencia más premium, especialmente en mercados de grano seco o para procesamiento donde la uniformidad y el tamaño son valorados.

El hecho de que el efecto del acolchado se acercara al umbral de significancia ($p = .0669$) sin alcanzarlo, y en ausencia de interacción, sugiere que, si bien existe una tendencia ambiental mínima, esta es insuficiente para modificar sustancialmente la expresión genética programada para este carácter. Las condiciones de llenado del grano, aunque mejoradas por el acolchado en términos de disponibilidad de recursos, parecen afectar más la masa y el peso (como se vio en 3.11 y 3.12) que las dimensiones lineales predeterminadas genéticamente, como el largo.

3.18 Ancho del grano

El análisis de varianza para la variable ancho del grano (Tabla 33) mostró que la interacción entre el color del acolchado y la variedad de arveja fue estadísticamente significativa ($F=3.12$; $GL=2$, 412 ; $p = 0.047$). Este resultado indica que el efecto de los distintos colores de acolchado plástico sobre el ancho del grano no fue uniforme, sino que dependió de la variedad específica evaluada.

Tabla 33

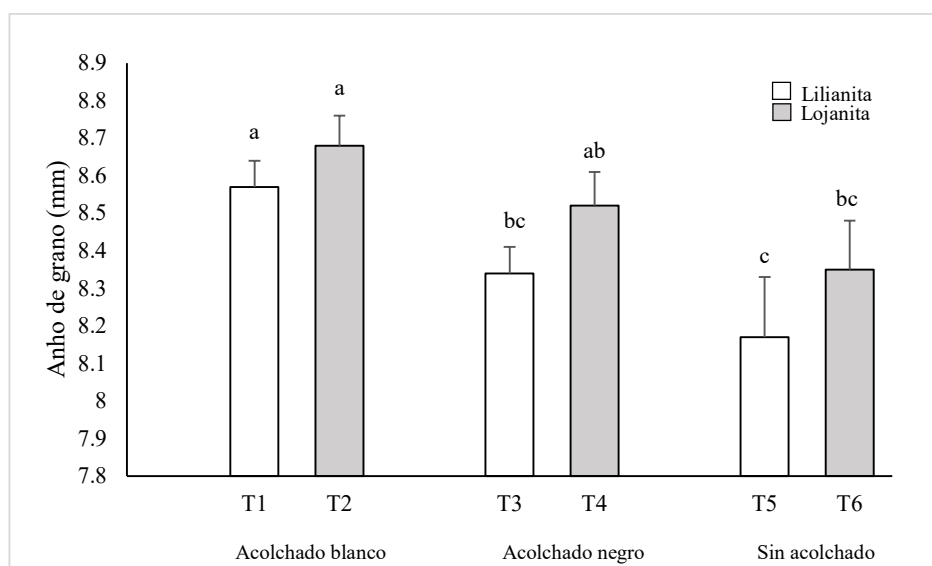
Análisis de varianza (ANOVA) para el ancho del grano en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	412	6.06	0.0025
Variedad	1	412	3.88	0.0496
Color: Variedad	2	412	3.12	0.047

Los resultados de esta interacción se ilustra en la Figura 26. Se observa una tendencia genética general donde la variedad Lojanita produjo granos ligeramente más anchos que Lilianita bajo los mismos tratamientos. Sin embargo, el patrón de respuesta a los acolchados difirió. Para Lilianita, el ancho máximo se obtuvo con el acolchado blanco (8.57 mm), siendo este significativamente superior a su testigo (8.17 mm), mientras que el negro (8.34 mm) fue intermedio. Para Lojanita, tanto el acolchado blanco (8.68 mm) como el negro (8.52 mm) produjeron valores equivalentes y superiores a su testigo (8.35 mm).

Figura 26

Ancho del grano en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de cobertura plástica



El ancho del grano, otra dimensión crítica para el calibre y la calidad comercial demostró ser influenciado por una interacción genotipo-ambiente de significancia estadística límite pero biológicamente interpretable. Este hallazgo sugiere que, a diferencia del largo del grano, el ancho presenta una modesta plasticidad fenotípica que puede ser modulada por las condiciones de manejo, aunque dentro de un rango estrecho definido por la genética.

El efecto principal positivo del acolchado coincide con estudios previos que reportan mejoras en componentes del rendimiento y tamaño de semilla bajo esta tecnología (Awal et al., 2016; Khan et al., 2018). Un ambiente radicular mejorado (mayor humedad, temperatura óptima) favorece un llenado más completo y una mayor expansión celular durante el desarrollo del cotiledón, lo que se puede traducir en un incremento en las dimensiones del grano.

La interacción, aunque de magnitud moderada, revela sensibilidades varietales específicas. Para Lilianita, el acolchado blanco generó el entorno más favorable para maximizar el ancho, mientras que el negro fue menos efectivo. Esto podría deberse a que el ambiente ligeramente más fresco y con mayor reflexión de luz al dosel del acolchado blanco optimizó el balance entre la fotosíntesis y la división/expansión celular en el grano para este genotipo en particular. Para Lojanita, en cambio, ambos tipos de acolchado fueron igualmente beneficiosos, sugiriendo que su fisiología responde de manera más uniforme a la mejora general del ambiente radicular, sin una preferencia marcada por un perfil microclimático específico.

3.19 Grosor del grano

El análisis de varianza para la variable grosor del grano (Tabla 34) no mostró una interacción significativa entre el color del acolchado y la variedad ($p = 0.5207$). Sin embargo, se identificaron efectos principales estadísticamente significativos e independientes para ambos factores. Tanto el color del acolchado ($F=6.42$; $GL=2$, 412; $p = 0.0001$) como la variedad de arveja ($F=6.32$; $GL=1$, 412; $p = 0.0123$) influyeron de manera significativa en el grosor del grano.

Tabla 34

Análisis de varianza (ANOVA) para el grosor del grano en el cultivo de arveja bajo diferentes colores de acolchado plástico.

Fuente de variación	GL FV	GL E. E	Valor F	Valor P
Color	2	412	6.42	0.0001
Variedad	1	412	6.32	0.0123
Color: Variedad	2	412	0.65	0.5207

Los resultados, desglosados en las Tablas 35 y 36, muestran influencias independientes. En cuanto al manejo, el uso de acolchado plástico incrementó significativamente el grosor del grano en comparación con el testigo, sin diferencias estadísticas entre el blanco (8.10 mm) y el negro (7.95 mm) (Tabla 36).

Tabla 35

Grosor de grano por color de acolchado

Color	Medias	E.E.
Blanco	8.1	0.08
Negro	7.95	0.08
Testigo	7.71	0.11

De manera independiente, la variedad Lojanita produjo granos consistentemente más gruesos (8.03 mm) que Lilianita (7.81 mm) (Tabla 37).

Tabla 36

Grosor de grano por variedad

Variedad	Medias	E.E.
Lojanita	8.03	0.08
Lilianita	7.81	0.08

El grosor del grano, la tercera dimensión que define el volumen y la conformación de la semilla, se vio influenciado de manera clara, independiente y aditiva por la genética y el manejo agronómico. La ausencia de interacción refuerza que ambos factores son complementarios y actúan de forma sumatoria para maximizar este carácter, facilitando las recomendaciones de manejo.

El efecto significativo del acolchado, que aumentó el grosor en aproximadamente 0.2-0.4 mm (3-5%), es una consecuencia directa de la mejora en las condiciones para el llenado del grano. Al conservar la humedad del suelo y moderar su temperatura, el acolchado plástico reduce el estrés hídrico y térmico durante esta fase crítica (Valipour et al., 2023; Awal et al., 2016). Esto permite una translocación más eficiente y sostenida de asimilados hacia los granos, promoviendo una mayor división y expansión celular en todas las dimensiones, incluyendo el grosor. El hecho de que blanco y negro hayan sido equivalentes sugiere que el beneficio fundamental proviene de

la estabilización del ambiente radicular y la mejora en la eficiencia del uso del agua (Raina et al., 1997), más que de un estímulo térmico específico.

De manera independiente, el efecto genético otorgó a Lojanita una ventaja consistente en esta dimensión. Esta característica intrínseca podría estar relacionada con una mayor densidad del cotiledón, un patrón de desarrollo del embrión diferente o una arquitectura de la semilla que prioriza una mayor expansión lateral. Este rasgo, combinado con su tendencia a producir granos ligeramente más anchos (3.18), configura un perfil de grano más redondeado y voluminoso en comparación con el grano más largo y delgado de Lilianita.

3.20 Análisis beneficio costo del cultivo de arveja

El análisis económico se condujo con el objetivo de evaluar la rentabilidad financiera de la implementación de coberturas plásticas de diferentes colores en el cultivo de arveja. Los costos de producción se cuantificaron e incluyeron todos los insumos y labores agronómicas específicas de cada tratamiento. Los ingresos brutos se estimaron a partir del rendimiento en vaina fresca y el precio de referencia local de USD 0.42 kg⁻¹ (SIPA, 2025). La relación beneficio-costos (B/C), calculada como el cociente entre ingresos y costos totales, sirvió como el indicador principal de rentabilidad.

Tabla 37

Análisis económico de los tratamientos evaluados en el cultivo de arveja

Rubro	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
A. Costos Directos (CD)	2208.80	2208.80	2208.80	2208.80	1136.60	1136.60
B. Costos Indirectos (CI)	946.85	946.85	946.85	946.85	388.25	388.25
Total, costos (CD +CI)	3155.65	3155.65	3155.65	3155.65	1524.85	1524.85
Rendimiento	13443.33	12342.30	14198.26	12787.19	2660.61	5982.46
Ingresos	5646.20	5183.76	5963.27	5370.62	1117.45	2512.63
Utilidad	2490.55	2028.11	2807.62	2214.97	-407.40	987.78
Rentabilidad	0.79	0.64	0.89	0.70	-0.27	0.65
B/C	1.79	1.64	1.89	1.70	0.73	1.65

Los resultados económicos, resumidos en la Tabla 37, son contundentes. Los tratamientos con acolchado plástico (T1 a T4) presentaron costos totales superiores (USD 3,155.65 ha⁻¹) debido a la inversión en material e instalación de la cobertura. Sin embargo, esta inversión generó

incrementos drásticos en el rendimiento, traduciéndose en ingresos brutos entre 4.6 y 5.3 veces mayores que el testigo T5, y entre 2.1 y 2.4 veces mayores que el T6.

Todos los tratamientos con acolchado generaron utilidades netas positivas y sustanciales (rango: USD 2,028.11 a 2,807.62 ha⁻¹), mientras que el testigo con Lilianita (T5) registró una pérdida neta (-USD 407.40 ha⁻¹). La relación Beneficio/Costo (B/C) consolida el análisis: todos los tratamientos con acolchado mostraron valores B/C > 1.6, indicando que por cada dólar invertido se recupera más de USD 1.60. El tratamiento T3 (acolchado negro con Lilianita) obtuvo la mayor rentabilidad (0.89) y el mayor B/C (1.89), posicionándose como la combinación más eficiente. En contraste, los testigos presentaron los B/C más bajos, evidenciando el alto riesgo económico de producir sin esta tecnología.

El análisis económico demuestra de manera irrefutable que la tecnología de acolchado plástico transforma la rentabilidad del cultivo de arveja en las condiciones de la sierra ecuatoriana. Aunque representa una inversión inicial significativa (aproximadamente el doble de los costos del testigo), su capacidad para multiplicar el rendimiento genera un retorno sobre la inversión que no solo justifica, sino que hace indispensable su adopción para sistemas comerciales viables.

La superioridad económica de los tratamientos con acolchado se sustenta directamente en los hallazgos agronómicos reportados en las secciones previas. Los incrementos masivos en el peso de vaina fresca (3.10) y peso de grano fresco (3.11), impulsados por la mejora microclimática (Valipour et al., 2023; Khan et al., 2018), son los motores directos de los mayores ingresos. La relación B/C > 1.6 para todos los acolchados confirma que los beneficios productivos superan ampliamente los costos adicionales, validando su viabilidad financiera. Este resultado es coherente con análisis previos en sistemas hortícolas andinos, como el de Vinocunga (2024), quien también reportó que los tratamientos con acolchado plástico presentaban índices B/C mayores a 1 y utilidades positivas, en contraste con los sistemas tradicionales que podían resultar en pérdidas.

La comparación entre los dos testigos (T5 y T6) revela un hallazgo crítico: la importancia de la selección varietal como mitigante de riesgo en sistemas de bajos insumos. Mientras que Lojanita (T6) logró una utilidad modesta (B/C = 1.65), Lilianita (T5) incurrió en pérdidas (B/C = 0.73). Esto subraya la alta sensibilidad y dependencia ambiental de Lilianita ya documentada, la cual, sin la corrección ambiental del acolchado, no solo rinde menos, sino que se vuelve económicamente

inviabilidad. Lojanita, con su mayor resiliencia, demuestra ser una opción más segura para sistemas sin tecnificación, aunque su rentabilidad dista mucho de la alcanzada con acolchado.

La óptima combinación T3 (acolchado negro + Lilianita) sintetiza los principios del manejo integrado: aprovecha la alta respuesta plástica y el potencial de rendimiento de Lilianita (3.10, 3.11) con el estímulo microclimático más intenso del acolchado negro, logrando la mayor productividad y, por ende, la mayor rentabilidad. Esta sinergia convierte a una variedad de alto riesgo en condiciones limitantes en la de mayor retorno económico bajo manejo optimizado.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El uso de coberturas plásticas de colores (blanco y negro) ejerció un efecto positivo y diferenciado en la fenología y la fisiología del cultivo. Se confirmó una emergencia más rápida (aproximadamente 5 días antes) y un adelanto significativo en la floración bajo acolchado, indicando una optimización del microclima radicular. Sin embargo, la duración de fases posteriores como la floración y el llenado de vainas estuvo regulada por interacciones significativas entre la variedad y el color del acolchado, demostrando que la respuesta no es uniforme, sino genotipo-específica.
- La evaluación agronómica confirmó que la aplicación de cualquier cobertura plástica incrementó drásticamente el rendimiento comercial (vaina fresca) en más del 200% en comparación con el testigo. Este aumento no fue solo cuantitativo, sino que se acompañó de una mejora en la calidad morfológica (longitud, ancho, grosor de vaina y grano). El acolchado negro generó los rendimientos más altos, aunque estadísticamente equivalente al blanco, consolidándose como la tecnología más efectiva para maximizar la producción.
- El análisis económico integral reveló que, a pesar de duplicar la inversión inicial, todos los tratamientos con acolchado fueron financieramente viables y rentables, con relaciones Beneficio/Costo (B/C) consistentemente superiores a 1.6. La combinación acolchado negro con la variedad Lilianita resultó ser la más rentable (B/C=1.89), mientras que el cultivo sin acolchado, especialmente con Lilianita, incurrió en pérdidas económicas (B/C=0.73), subrayando el alto riesgo del sistema tradicional.

5.2 Recomendaciones

- Para sistemas de producción comercial intensiva en Chaltura y zonas con condiciones similares, se recomienda enfáticamente la adopción del acolchado plástico negro, combinado con la variedad Lilianita (INIAP-436), para maximizar simultáneamente el rendimiento, la precocidad y la rentabilidad.

- La elección del color del acolchado puede ajustarse según objetivos específicos:
- Acolchado Negro: Priorizar para máximo calentamiento del suelo, precocidad extrema y mayor rendimiento de biomasa, especialmente en épocas o zonas frías.
- Acolchado Blanco: Considerar para moderar la temperatura del suelo, optimizar la germinación en variedades como Lojanita (INIAP-432) y potencialmente favorecer un mayor ancho del grano. Puede ser una opción en condiciones de alta radiación solar.
- Se debe utilizar semilla certificada de alta calidad fisiológica y sanitaria. Una emergencia uniforme es crucial para capitalizar las condiciones optimizadas que crea el acolchado y justificar la inversión.

REFERENCIAS

- Albán, M., Zambrano, J., Cartagena, Y., & Cruz, C. (2021). Memorias del I Simposio Ecuatoriano. *Publicación de La Universidad San Francisco de Quito*, 38, 1–14. <https://www.usfq.edu.ec/es/revistas/archivos-academicos>
- Atkins, C. A., Kuo, J., Pate, J. S., Flinn, A. M., & Steele, T. W. (1977). Photosynthetic Pod Wall of Pea (*Pisum sativum* L.): Distribution of Carbon Dioxide-fixing Enzymes in Relation to Pod Structure. *Plant Physiology*, 60(5), 779–786. <https://doi.org/10.1104/PP.60.5.779>
- Ávila Ayala, P. L., & Cevallos Vallejos, Á. M. (2025). Efecto del acolchado plástico en la producción de maíz (*Zea mays* L.) en San José de Chaltura, Imbabura [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Ibarra, Ecuador.
- Awal, Md. A., Dhar, P., & Sultan, M. (2016). Effect of Mulching on Microclimatic Manipulation, Weed Suppression, and Growth and Yield of Pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 8(2), 1–12. <https://doi.org/10.9734/JAERI/2016/25936>
- Ayana, D. T., & Olike, G. I. (2024). Effect of mulching practice as soil moisture conservation for tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) production under supplemental irrigation in Yabello district of Borana zone, Ethiopia. *Acta Biology Forum*, 3(2), 43–47. <https://doi.org/10.51470/abf.2024.3.2.43>
- Bai, G. (2006). Studies on effects of plastic film mulching on soil environment of maize field. *Agricultural Research in the Arid Areas*. https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-GHDQ200705012.htm
- Changade, N.M., & Kumar, R. (2022). Study of soil moisture distribution under different mulching methods. *Ecology, Environment and Conservation*.
- Constitución de la República del Ecuador (2021). https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- del Maíz. *Publicación de La Universidad San Francisco de Quito*, 38, 1–14.

- Esqueda Valle, M., & Zenteno Zevada, M. (2009). Efecto del acolchado con polietileno sobre micoflora asociada a un cultivo de frijol. 61(001), 11–19. <https://biblat.unam.mx/es/revista/anales-del-instituto-de-biologia-unam-serie-botanica/articulo/efecto-del-acolchado-con-polietileno-sobre-micoflora-asociada-a-un-cultivo-de-frijol>
- Ete, K., Thomas, T., Swaroop, N., Kumar, K., & Thomas, A. (2024). Impact of Inorganic Fertilizer and Organic Manure on Physico-chemical Properties of Soil in Pea (*Pisum sativum*. L) Cultivated Field. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 27(8), 530–537. <https://doi.org/10.9734/jabb/2024/v27i81166>
- Ferrándiz, C., Santamaría Navarro, C., Gomez, L. A., & Cañas, J. P. B. (1999). Flower development in *pisum sativum*: from the war of the whorls to the battle of the common primordia. *Developmental Genetics*, 25(3), 280–290. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6408\(1999\)25:3<280::AID-DVG10>3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6408(1999)25:3<280::AID-DVG10>3.0.CO;2-3)
- Galindo Pacheco, J. R., & Clavijo Porras, J. (2009). Fenología del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L. var. Santa Isabel) en la sabana de Bogotá en campo abierto y bajo cubierta plástica. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10(1), 5–15. https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL10_NUM1_ART:123
- Galindo Pacheco, J. R., & Clavijo Porras, J. (2009). Phenology of pea crop (*Pisum sativum* L. var. Santa Isabel) in the Bogotá plateau at open field and under plastic cover Fenología del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L. var. Santa Isabel) en la sabana de Bogotá en campo abierto y bajo cubierta plástica.
- Gittinger, J. P. (1982). *Economic analysis of agricultural projects* (2nd ed.). The Johns Hopkins University Press.
- Gottschalk, W. (1985). Phytotron experiments in *Pisum*: 1. Influence of temperature on the flowering behaviour of different genotypes. *Theoretical and Applied Genetics*, 70(2), 207–212. <https://doi.org/10.1007/BF00275323>
- Hanna McIntosh¹., Michael Bartlett Smith²., Morgan Weissner., Amaya Atucha¹., & Christelle Guédot(2024)Modifications of plant microclimate by plastic mulches reduces *Drosophila suzukii* infestation. (2023). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2818539/v1>

- Hannah, M., Pramanik, B., & Singh, R. (2021). Mulching: Materials, advantages and environmental impacts. En G. S. Bhunia, M. N. V. Prasad, & S. C. Garkoti (Eds.), *Mulching in Agroecosystems* (pp. 1-24). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4203-8_1
- Heath, M. C., Knott, C. M., Dyer, C. J., & Rogers-Lewis, D. (1991). Optimum plant densities for three semi-leafless combining pea (*Pisum sativum*) cultivars under contrasting field conditions. *Annals of Applied Biology*, 118(3), 671–688. <https://doi.org/10.1111/J.1744-7348.1991.TB05357.X>
- Hedley, C. L., & Ambrose, M. (1980). An Analysis of Seed Development in *Pisum sativum* L. *Annals of Botany*, 46(1), 89–105. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085900>
- Herath, M. W. (1970). Temperature effects on the response to sulphur of barley (*Hordeum vulgare* L.), peas (*Pisum sativum* L.) and rape (*Brassica campestris* L.). <https://doi.org/10.14288/1.0102084>
- <https://www.usfq.edu.ec/es/revistas/archivos-academicos>
- Jilani, T. A., Waseem, K., & Jilani, M. S. (2016). EFFECT OF WEED MANAGEMENT TECHNIQUES FOR BETTER GROWTH AND YIELD OF PEA (*Pisum sativum* L.). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 53(04), 901–909. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/16.5368>
- Kader, Md. A., Musaddika, A., Mojid, M. A., & Khan, F. H. (2024). Effect of plastic mulch and strip tillage on soil hydrothermal characteristics and potato cultivation in the Bogura district of Bangladesh. *Irrigation and Drainage*. <https://doi.org/10.1002/ird.2926>
- Kasperbauer, M. J., & Hunt, P. G. (1998). Far-red light affects photosynthesis, seed yield and seedling blight in soybean. *Plant and Soil*, *200*(1), 59-64. <https://doi.org/10.1023/A:1004292027053>
- Kaur, J., & Bons, H. K. (2017). Mulching: A viable option to increase productivity of field and fruit crops. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(2), 974–982. <https://doi.org/10.31018/JANS.V9I2.1306>

- Kende, Z., Piroska, P., Szemők, G. E., Khaeim, H. M., Sghaier, A. H., Gyuricza, C., & Tarnawa, Á. (2024). Optimizing Water, Temperature, and Density Conditions for In Vitro Pea (*Pisum sativum* L.) Germination. *Plants*, 13(19), 2776. <https://doi.org/10.3390/plants13192776>
- Kishore, G. R., Babu, B. M., Challa, L. P., Kumar, S., Konga, U., & Durga, M. L. (2022). Effect of Plastic Mulching and Irrigation Levels on Yield of Tomato (*Solanum lycopersicum*). *International Journal of Environment and Climate Change*, 39–43. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i230627>
- Knott, C. M. (1987). A key for stages of development of the pea (*Pisum sativum*). *Annals of Applied Biology*, 111(1), 233–245. <https://doi.org/10.1111/J.1744-7348.1987.TB01450.X>
- Kof, E. M., & Kondykov, I. V. (2007). Pea (*Pisum sativum* L.) Growth Mutants. [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0706/IJPDB_1\(1\)/IJPDB_1\(1\)141-146o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0706/IJPDB_1(1)/IJPDB_1(1)141-146o.pdf)
- Lamont, W. J. (2017). Plastic mulches for the production of vegetable crops. University of Florida, IFAS Extension. AATT-4. Recuperado de <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/AA004>
- Lamont, W. J. (2017). Plastic mulches for the production of vegetable crops. University of Florida, IFAS Extension. AATT-4. Recuperado de <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/AA004>
- Larmure, A., Salon, C., & Munier-Jolain, N. G. (2005). How does temperature affect C and N allocation to the seeds during the seed-filling period in pea? Effect on seed nitrogen concentration. *Functional Plant Biology*, 32(11), 1009–1017. <https://doi.org/10.1071/FP05154>
- Li, R., Li, Q., & Pan, L. (2021). Review of organic and inorganic mulches for controlling soil moisture and temperature. *Journal of Soil and Water Conservation*, *76*(6), 505-519. <https://doi.org/10.2489/jswc.2021.00162>
- MAGAP. (2020). Costos de producción de cultivos transitorios – Sierra. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (Ecuador). Boletín Técnico No. 135.
- Martínez, L. F., Gómez, J. A., & Rodríguez, M. P. (2021). Análisis económico y financiero de sistemas de producción agrícola: Metodologías y casos de estudio. Editorial Universidad Técnica Particular de Loja.

- Martínez, L. F., Gómez, J. A., & Rodríguez, M. P. (2021). Análisis económico y financiero de sistemas de producción agrícola: Metodologías y casos de estudio. Editorial Universidad Técnica Particular de Loja.
- Masarirambi, M. T., Wahome, P. K., & Oseni, T. O. (2013). Effects of White Plastic and Sawdust Mulch on “Savoy” Baby Cabbage (*Brassica oleracea* var. *bullata*) Growth, Yield and Soil Moisture Conservation in Summer in Swaziland. [http://www.idosi.org/aejaes/jaes13\(2\)13/19.pdf](http://www.idosi.org/aejaes/jaes13(2)13/19.pdf)
- McIntosh, H., Atucha, A., Townsend, P. A., Hills, W. B., & Guédot, C. (2021). Plastic mulches reduce adult and larval populations of *Drosophila suzukii* in fall-bearing raspberry. bioRxiv. <https://doi.org/10.1101/2021.05.17.444501>
- Mena, M. (2013). El cultivo de la arveja y el clima en el Ecuador [Archivo PDF]. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). <https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/articulos>
- Mera, M., Espinoza, N., Galdames, R., & Navarro, P. (2015). Producción de arveja para consumo fresco [Archivo PDF]. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Ministerio de Agricultura. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/0fce60af-a0b7-4e05-b801-8a3ce53526ab/content>
- Mihailović, V., Mikić, A., & Čupina, B. (2004). Botanical and agronomic classification of fodder pea, *pisum sativum* L. *Acta Agriculturae Serbica*, 9, 61–65. <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0354-95420417061m>
- Mikic, A. (2011). Can we reconstruct the most ancient words for pea (*Pisum sativum*). *Pisum Genetics*, 43, 36–42. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20123364649>
- Miles, S. N. (1993). VARIATION IN POD WETTABILITY AND PERMEABILITY AND ITS IMPLICATIONS FOR IMPROVING SPOILAGE CHARACTERISTICS IN THE DRIED PEA (*Pisum sativum* L.) CROP. <http://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.333373>
- Monroy, O. (2015). Efecto de colores de cobertura plástica al suelo y del manejo de poda en Chile pimienta variedad nathalie, bajo casa malla; La fragua, Zacapa [Tesis de grado previa la obtención del título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Rafael Landívar.

- Moreau, C., Hofer, J. M., Hofer, J. M., Eléouët, M. P., Sinjushin, A. A., Ambrose, M., Skøt, K. P., Blackmore, T., Swain, M. T., Hegarty, M. J., Balanzà, V., Ferrándiz, C., Ellis, T. H. N., & Ellis, T. H. N. (2018). Identification of *Stipules reduced*, a leaf morphology gene in pea (*Pisum sativum*). *New Phytologist*, 220(1), 288–299. <https://doi.org/10.1111/NPH.15286>
- Murillo, E., Peralta, A. & Manzon, J. (2010). Nueva variedad de arveja para la provincia de Bolívar INIAP 436 Liliana. Alianza de Servicios de Información Agropecuaria. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/328/4/iniapscbd381.pdf>
- Ocampo, O. (2011). El cambio climático y su impacto en el agro. *Revista de Ingeniería*, (33), 64–73. https://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932011000100007
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2023). Cultivos y productos de ganadería. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Osorio U., C., & Méndez L., P. (2023). Arvejas: variedades, ecotipos locales, aporte nutricional y agregación de valor (Informativo INIA Carillanca N° 187). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Carillanca.
- Pandey, Y., Mehraj, N., Dadhich, S. M., Akhtar, Y., & Lateef, Z. (2023). Estimation of Crop-coefficients and Evapotranspiration of Field Pea (*Pisum sativum* L.) Using Lysimeter and Empirical Models under Temperate Climate. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(11), 2751–2758. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i113443>
- Paspuel, O. (2013). Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Recuperado el 09 de 2019, de Universidad Politécnica Estatal del Carchi: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10067/1/T-UCE-0004_80.pdf
- Peralta, E., Murillo, A., Pizón, J., & Minchala, L. (1997). INIAP-431 Andina e INIAP-432 Lojanita: Variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) erecta-enana para la Sierra Ecuatoriana. En Programa Nacional de Leguminosas (Boletín Divulgado No 161). INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, 1–8.
- Peris, J., Sánchez, M., & Fernández, M. D. (2020). Evaluación económica de innovaciones en agricultura: Metodología y aplicación a casos de riego y cubiertas vegetales. ITEA-

Información Técnica Económica Agraria, *116*(3), 267-288.
<https://doi.org/10.12706/itea.2020.015>

- Pineda, J. (2020). Cultivo de Arveja: guía sobre cómo sembrar y cultivar cosecha. Colombia. Evaluación Ambiental. Ambientalista y Redactor de Temas Sobre Medio Ambiente, Ecología y Toda La Sabiduría Ancestral de La Naturaleza. <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/cultivo-de-arveja/>
- Rajablariani, H. R., Hassankhan, F., & Rafezi, R. (2012). Effect of Colored Plastic Mulches on Yield of Tomato and Weed Biomass. *International Journal of Environmental Science and Development*, 590–593. <https://doi.org/10.7763/IJESD.2012.V3.291>
- Ricardo, J., Pacheco, G., & Porras, J. C. (2009). Phenology of pea crop (*Pisum sativum* L. var. Santa Isabel) in the Bogotá plateau at open field and under plastic cover Fenología del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L. var. Santa Isabel) en la sabana de Bogotá en campo abierto y bajo cubierta plástica.
- Röhm, M., & Werner, D. (1987). Isolation of root hairs from seedlings of *Pisum sativum*. Identification of root hair specific proteins by in situ labeling. *Physiologia Plantarum*, 69(1), 129–136. <https://doi.org/10.1111/J.1399-3054.1987.TB01955.X>
- Saavedra, G. (2012). Arveja verde (*Pisum sativum* L.). <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68961/7.%20Arveja%20verde.pdf?sequence=9>
- Sattell, R., Dick, R. P., Hemphill, D. D., & McGrath, D. M. (1998). Field pea (*Pisum sativum* L. or *Pisum sativum* L. ssp. *arvense* (L.) Poir. <https://ir.library.oregonstate.edu/downloads/sq87bt87k>
- Singh, A., & Kamal, S. (2012). Effect of black plastic mulch on soil temperature and tomato yield in mid hills of Garhwal Himalayas. *Journal of Horticulture and Forestry*, 4(4), 77–79. <https://doi.org/10.5897/JHF11.023>
- Stirling, G. R., & Eden, L. M. (2008). The impact of organic amendments, mulching and tillage on plant nutrition, *Pythium* root rot, root-knot nematode and other pests and diseases of capsicum in a subtropical environment, and implications for the development of more

- sustainable vegetable farming systems. *Australasian Plant Pathology*, 37(2), 123–131. <https://doi.org/10.1071/AP07090>
- Tang, W., Baskin, C. C., Baskin, J. M., & Nan, Z. (2020). Plastic film mulching improves seed germination, seedling development and potential for perenniality of *Vicia unijuga* under subalpine climate conditions. *Crop & Pasture Science*, 71(6), 592–609. <https://doi.org/10.1071/CP19502>
- Tegen, H. (2015). Effects of Mulching Materials on Soil Temperature under Polyhouse Condition. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(17), 164–168. <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JBAH/article/download/25646/26514>
- Tucker, S. C. (1989). Overlapping Organ Initiation and Common Primordia in Flowers of *Pisum sativum* (Leguminosae: Papilionoideae). *American Journal of Botany*, 76(5), 714. <https://doi.org/10.2307/2444418>
- Vásquez, C., & Ortega, J. (2019). Rentabilidad de variedades mejoradas de arveja (*Pisum sativum* L.) en la Sierra ecuatoriana. *Revista Ciencia y Agricultura*, *16*(2), 45-58. <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n2.2019.9876>
- Vinocunga Valencia, J. E., & Aragón Suárez, J. P. (2024). Evaluación de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) bajo tres densidades de siembra utilizando acolchado plástico en la Granja Experimental La Pradera [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Ibarra, Ecuador.
- Wani, M. Y., Mir, S. M., Rather, R. A., Ganie, N., Baqual, M., Sahaf, K. A., & Hussain, A. (2018). Effect of different types of mulches on the germination and seedling growth of mulberry (*Morus* SP.). *International Journal of Chemical Studies*, 6(1), 1364–1367. <https://www.chemijournal.com/archives/?year=2018&vol=6&issue=1&part=T&ArticleId=1780>
- Windsor, N., Boatwright, J. L., Boyles, R., Bridges, W. C., Fernández-Aparicio, M., & Thavarajah, D. (2024). Characterizing Dry Pea (*Pisum sativum* L.) for Improved Nutritional Traits and the Potential for Biofortification. *Legume Science*, 6(3). <https://doi.org/10.1002/leg3.250>
- Yorke, J. S., & Sagar, G. R. (1970). Distribution of secondary root growth potential in the root system of *Pisum sativum*. *Botany*, 48(4), 699–704. <https://doi.org/10.1139/B70-098>

- Zambrano, J. L., Cartagena, Y., Sangoquiza, C., Pincay, A., Parra, A. R., Maiguashca, J., Rivadeneira, J. L., Subía, C., & Park, C. H. (2024). Exploring Plastic Mulching as a Strategy for Mitigating Drought Stress and Boosting Maize Yield in the Ecuadorian Andes. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w16071033>
- Zhang, L. H., Yang, Y., Li, F.-M., Huang, J., & Zhang, F. (2024). Identifying synergistic solutions for the food-energy-water nexus via plastic film mulching cultivation. *Science of The Total Environment*, 171046. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171046>
- Zhao, T., Su, W., Qin, Y., Wang, L., & Kang, Y. (2020). Phenotypic diversity of pea (*Pisum sativum* L.) varieties and the polyphenols, flavonoids, and antioxidant activity of their seeds. *Ciencia Rural*, 50(5), 6. <https://doi.org/10.1590/0103-8478CR20190196>
- Espí, E., Salmerón, A., Fontecha, A., García, Y., & Real, A. I. (2006). Plastic films for agricultural applications. *Journal of Plastic Film & Sheeting*, *22*(2), 85-102. <https://doi.org/10.1177/8756087906064220>
- Zhao, X., Carey, E. E., & Wang, Q. (2019). Plastic mulching in agriculture: Friend or foe of soil and plant health? *Plant and Soil*, *445*(1-2), 1-5. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04362-w>
- WFAO. (2023). El estado de los mercados de productos básicos agrícolas 2022. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://doi.org/10.4060/cc0472es>
- Zhao, X., Carey, E. E., & Wang, Q. (2019). Plastic mulching in agriculture: Friend or foe of soil and plant health? *Plant and Soil*, *445*(1-2), 1-5. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04362-w>
- Zhao, X., Carey, E. E., & Wang, Q. (2019). Plastic mulching in agriculture: Friend or foe of soil and plant health? *Plant and Soil*, *445*(1-2), 1-5. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04362-w>
- Zurita, P. (2022). Análisis de la cadena de valor y competitividad de las leguminosas de grano en la Sierra norte del Ecuador [Tesis de maestría, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional UCE.
- Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2018). *Cost-benefit analysis: Concepts and practice* (5th ed.). Cambridge University Press.

ANEXOS

El presente anexo contiene el desglose completo y detallado de los costos de producción calculados para el cultivo de arveja (*Pisum sativum*) de ciclo corto en el área de estudio.

Anexo 1

Costo de producción por hectárea (USD/ha) para el cultivo de arveja de ciclo corto en la parroquia Chaltura, cantón Antonio Ante (Imbabura) (campaña septiembre 2024 – enero 2025).

ACTIVIDAD	UNIDAD	Tratamiento: T1			Tratamiento: T2			Tratamiento: T3			Tratamiento: T4			Tratamiento: T5			Tratamiento: T6		
		CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
A. COSTOS DIRECTOS (CD)																			
1. PREPARACIÓN DEL SUELO																			
Arada y cruza	horas	5	20	100	5	20	100	5	20	100	5	20	100	5	20	100	5	20	100
Surcado	horas	1	20	20	1	20	20	1	20	20	1	20	20	1	20	20	1	20	20
Subtotal		0	0	120	0	0	120	0	0	120	0	0	120	0	0	120	0	0	120
2. MANO DE OBRA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siembra	jornal	8	15	120	8	15	120	8	15	120	8	15	120	8	15	120	8	15	120
Fertilización	jornal	4	15	60	4	15	60	4	15	60	4	15	60	4	15	60	4	15	60
Aplicación de insecticida/fungicida	jornal	3	15	45	3	15	45	3	15	45	3	15	45	3	15	45	3	15	45
Deshierba	jornal	8	15	120	8	15	120	8	15	120	8	15	120	11	15	165	11	15	165
Cosecha	jornal	12	15	180	12	15	180	12	15	180	12	15	180	12	15	180	12	15	180
Riego	jornal	3	15	45	3	15	45	3	15	45	3	15	45	3	15	45	3	15	45
Subtotal		0	0	570	0	0	570	0	0	570	0	0	570	0	0	615	0	0	615
3. INSUMOS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semilla	kg	40	1.5	60	40	1.5	60	40	1.5	60	40	1.5	60	40	1.5	60	40	1.5	60
Fertilizantes químicos	aplicaciones	3	20	60	3	20	60	3	20	60	3	20	60	3	20	60	3	20	60
Plaguicidas	Kg	1	15	15	1	15	15	1	15	15	1	15	15	1	15	15	1	15	15
sistema de riego	sistema	1	184	184	1	184	184	1	184	184	1	184	184	1	18	18	1	4	4
Cobertura plástica	metros	3724	0.3	1117.2	3724	0.3	1117.2	3724	0.3	1117.2	3724	0.3	1117.2	0	0.3	0	0	0.3	0

Herramientas agrícolas	herramienta	1	70	70	1	70	70	1	70	70	1	70	70	1	70	70	1	70	70
Costales	sacos	42	0.3	12.6	42	0.3	12.6	42	0.3	12.6	42	0.3	12.6	42	0.3	12.6	42	0.3	12.6
Subtotal		0	0	1518.8	0	0	1518.8	0	0	1518.8	0	0	1518.8	0	0	401.6	0	0	401.6
SUBTOTAL CD		0	0	2208.8	0	0	2208.8	0	0	2208.8	0	0	2208.8	0	0	1136.6	0	0	1136.6
B. COSTOS INDIRECTOS (CI)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Interés de crédito (5% del CD)	5%	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Arriendo terreno (anual/ciclo)	ha	1	350	350	1	350	350	1	350	350	1	350	350	1	350	350	1	350	350
Depreciación	Global	1	596.85	596.85	1	596.85	596.85	1	596.85	596.85	1	596.85	596.85	1	596.85	596.85	1	596.85	596.85
Asistencia técnica		1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
SUBTOTAL CI		0	0	946.85	0	0	946.85	0	0	946.85	0	0	946.85	0	0	388.25	0	0	388.25
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE COSTOS CD+CI		0.00	0.00	3155.65	0.00	0.00	3155.65	0.00	0.00	3155.65	0.00	0.00	3155.65	0.00	0.00	1524.85	0.00	0.00	1524.85
Rendimiento	kg	1344	0.00	1234	0.00	1419	0.00	1278	0.00	2660	0.00	5982	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00
COSTO UNITARIO		0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.25
INGRESOS		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cantidad de primera	kg	1344	0.4	5646	1234	0.42	5183	1419	0.42	5963	1278	0.42	5370	2660	0.42	1117	5982	0.42	2512
Cantidad de segunda		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cantidad de tercera		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
UTILIDAD		0.00	0.00	2490.55	0.00	0.00	2028.11	0.00	0.00	2807.62	0.00	0.00	2214.97	0.00	0.00	407.40	0.00	0.00	987.78
RENTABILIDAD simple		0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	0.64	0.00	0.00	0.89	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	-0.27	0.00	0.00	0.65
B/C		0.00	0.00	1.79	0.00	0.00	1.64	0.00	0.00	1.89	0.00	0.00	1.70	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.65