

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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



### EFFECTO DEL SISTEMA DE SIEMBRA SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA VARIEDAD ABI VOYAGER Y NUEVAS LÍNEAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) MALTERA EN CHALTURA - IMBABURA.

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

**AUTOR/A:**

Correa Sevilla Kevin Alexander

**DIRECTOR/A:**

Chalampunte Flores Doris Salomé, PhD.

**Ibarra, junio, 2024.**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN  
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE AGROPECUARIA

## EFFECTO DEL SISTEMA DE SIEMBRA SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA VARIEDAD ABI VOYAGER Y NUEVAS LÍNEAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) MALTERA 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:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

APROBADO:

Chalampunte Flores Doris Salomé, PhD.

**DIRECTORA**

  
\_\_\_\_\_  
FIRMA

Albuja Illescas Luis Marcelo, MSc.

**ASESOR**

  
\_\_\_\_\_  
FIRMA



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

### 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:	1755528526
Apellidos y nombres:	Correa Sevilla Kevin Alexander
Dirección:	28 de Julio y Alberto Espinoza, Cayambe, Ecuador.
Email:	<a href="mailto:kacorreas@utn.edu.ec">kacorreas@utn.edu.ec</a>
Teléfono fijo:	0988524532 - 0963619616

DATOS DE LA OBRA	
Título:	EFECTO DEL SISTEMA DE SIEMBRA SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA VARIEDAD ABI VOYAGER Y NUEVAS LÍNEAS DE CEBADA ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) MALTERA EN CHALTURA - IMBABURA.
Autor:	Correa Sevilla Kevin Alexander
Fecha:	05-06-2024
Solo para trabajos de grado	
Programa	<input checked="" type="checkbox"/> Pregrado <input type="checkbox"/> Posgrado
Título por el que opta	Ingeniero Agropecuario
Director	Chalampunte Flores Doris Salomé, PhD.

### 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin los derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y 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 07 días del mes de junio del 2024

EL AUTOR

Correa Sevilla Kevin Alexander

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Correa Sevilla Kevin Alexander bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 05 días del mes de junio de 2024



Chalampunte Flores Doris Salomé, PhD.

DIRECTORA DE TESIS

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR**

Ibarra, 5 de junio de 2024

Chalampunte Flores Doris Salomé, PhD.  
DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

.....  


Chalampunte Flores Doris Salomé, PhD.

C.C.: .....(0081033).....

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA-UTN

**Fecha:** Ibarra, a los 05 días del mes de junio del 2024.

**Correa Sevilla Kevin Alexander:** “EFECTO DEL SISTEMA DE SIEMBRA SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA VARIEDAD ABI VOYAGER Y NUEVAS LÍNEAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) MALTERA EN CHALTURA-IMBABURA” /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, los 06 días del mes de junio del 2024. 141 páginas.

**DIRECTOR (A):** Chalampunte Flores Doris Salomé, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el efecto del sistema de siembra sobre el comportamiento agronómico de la variedad ABI Voyager y nuevas líneas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera en Chaltura -Imbabura.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Determinar la productividad de materiales de cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera bajo distintos métodos y densidades de siembra establecidos.
- Analizar los parámetros de calidad del grano de los materiales de cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera evaluados.
- Comparar los resultados económicos obtenidos en los tratamientos en estudio.

Chalampunte Flores Doris Salomé, PhD.

**Directora de Trabajo de Grado**

Correa Sevilla Kevin Alexander

**Autor**

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, elevo mis pensamientos de gratitud a Dios, la fuente de toda sabiduría y fortaleza. Su guía divina me ha acompañado en cada paso de este camino, brindándome la fortaleza para superar desafíos y alcanzar este logro.*

*A mi madre, Cristina, cuyo amor inquebrantable y apoyo constante han sido el faro de mi vida. A pesar de su partida, su legado de amor y perseverancia perdura, inspirándome a esforzarme al máximo en todo lo que hago. A mi tío, Xavier, quien también nos dejó antes de ver este día, le agradezco su sabiduría, consejos y apoyo a lo largo de los años. Su legado de valentía y determinación sigue siendo una inspiración constante.*

*A mi padre, Ángel, mi constante apoyo y guía, agradezco sus sacrificios y su ejemplo de trabajo arduo. Tu amor y orientación han sido fundamentales en mi vida. A mis hermanos, Ángel y Yesly, por ser mis amigos más cercanos y fuentes de apoyo inquebrantable. Nuestra unión ha sido un pilar esencial en este viaje.*

*A mis abuelitos, Paco y Blanca, por su amor, sabiduría y eterno aliento. Sus bendiciones y enseñanzas han sido un faro en mi vida. A todos los familiares que, aunque no mencionados específicamente, han estado presentes a lo largo de mi vida, les agradezco su amor y apoyo constantes.*

*Quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte y a sus maestros, agradezco la educación y las oportunidades brindadas, que han enriquecido mi formación académica y personal. De manera especial a la ingeniera María José Romero, quien asumió la dirección de esta tesis hasta casi su culminación, por su orientación experta, paciencia y liderazgo durante todo este tiempo y a mi nueva directora de tesis, puesto que con su guía he logrado culminar de manera exitosa el presente proyecto.*

*A la empresa Cervecería Nacional y al ingeniero Xavier Mera, junto con su equipo de trabajo, agradezco su colaboración y los recursos proporcionados, que han enriquecido mi investigación. A mis compañeros de clase y amigos que he tenido el placer de conocer en este viaje, este logro es el resultado de un esfuerzo colectivo y de la bendición divina, y espero que esta tesis sea un testimonio de mi agradecimiento a todas las personas e instituciones que han sido fundamentales en mi vida*

***¡Gracias desde lo más profundo de mi corazón!***

## DEDICATORIA

*En el umbral de este logro académico, quiero dedicar esta tesis a las personas que han sido mi apoyo incondicional y han sido fundamentales en cada paso de mi vida, tanto en las alegrías como en los desafíos. Su influencia en mi camino académico y personal es invaluable, y esta tesis es un testimonio de mi gratitud y amor eterno.*

*A mi madre, Cristina, quien, aunque no está físicamente presente, su amor incondicional y su inspiración constante siguen siendo mi mayor motor. Esta tesis es un testimonio de su legado perdurable en mi vida. A mi tío, Xavier, cuya memoria y sabios consejos continúan guiándome en cada desafío. Su valentía y determinación son fuentes eternas de inspiración.*

*A mi padre, mi constante apoyo y guía en la vida, le agradezco por su amor inquebrantable y por ser un ejemplo de perseverancia y determinación. A mis hermanos, Ángel y Yesly, quienes son más que familia, son amigos invaluableles y compañeros de vida. Su amistad y apoyo son tesoros que atesoro.*

*A mis abuelitos, cuyo cariño, sabiduría y eterno aliento han sido pilares fundamentales en mi vida. Su legado es una fuente constante de inspiración y fortaleza. A mis tíos maternos, Luis, Marcia y Tatiana, por su amor y respaldo incondicional a lo largo de los años. Su presencia ha sido un constante recordatorio de la importancia de la unidad familiar.*

*A mis tíos paternos, Gonzalo, Laura y Clarita, por su cariño y apoyo constante. Su influencia en mi vida es apreciada y valiosa.*

*A mis mejores amigos, Xavi, Jhony, Erik y Stefy, cuya amistad y apoyo inquebrantable han enriquecido mi vida de maneras inimaginables. Su respaldo y complicidad en este viaje son un tesoro preciado.*

*Cada uno de ustedes ha sido una parte fundamental de mi vida, y esta tesis es un tributo a su amor, orientación y amistad. Cada página escrita es un recordatorio de la importancia de la familia, la amistad y la fe en mi camino académico.*



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVIII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XXI
RESUMEN .....	22
ABSTRACT .....	23
CAPITULO I .....	24
INTRODUCCIÓN .....	24
1.1.    Antecedentes .....	24
1.2.    Problema.....	25
1.3.    Justificación.....	26
1.4.    Objetivos .....	28
1.4.1. <i>Objetivo General</i> .....	28
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	28
1.5.    Hipótesis.....	29
CAPITULO II.....	30
MARCO TEÓRICO .....	30
2.1.    Origen y distribución.....	30
2.2.    Clasificación Taxonómica.....	31
2.3.    Descripción Botánica .....	32
2.3.1. <i>Generalidades</i> .....	32
2.3.2. <i>La raíz</i> .....	32
2.3.3. <i>Tallo</i> .....	32
2.3.4. <i>Hojas</i> .....	32
2.3.5. <i>Flor</i> .....	33
2.3.6. <i>Espiga</i> .....	33

2.3.7.	<i>Grano</i> .....	34
2.4.	Requerimientos Edafoclimáticos.....	34
2.5.	La Escala Zadoks .....	34
2.6.	Estados fenológicos del cultivo de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) .....	35
2.6.1.	<i>Germinación</i> .....	35
2.6.2.	<i>Emergencia</i> .....	35
2.6.3.	<i>Desarrollo de hoja y tallo principal</i> .....	36
2.6.4.	<i>Macollamiento</i> .....	36
2.6.5.	<i>Encañado</i> .....	36
2.6.6.	<i>Espigamiento</i> .....	37
2.6.7.	<i>Floración</i> .....	37
2.6.8.	<i>Formación del grano</i> .....	37
2.6.9.	<i>Madurez fisiológica</i> .....	37
2.6.10.	<i>Senescencia</i> .....	38
2.7.	Manejo del cultivo de cebada.....	38
2.7.1.	<i>Preparación del suelo</i> .....	38
2.7.2.	<i>Siembra</i> .....	38
2.7.3.	<i>Densidades de siembra</i> .....	39
2.7.4.	<i>Desinfección de semilla</i> .....	40
2.7.5.	<i>Fertilización</i> .....	40
2.7.6.	<i>Cosecha y almacenamiento</i> .....	40
2.8.	Principales Enfermedades .....	41
2.8.1.	<i>Roya de la Hoja (Puccinia hordei)</i> .....	41
2.8.2.	<i>Carbón desnudo (Ustilago nuda J.)</i> .....	41
2.8.3.	<i>Escaldadura de la hoja (Rhynchosporium secalis)</i> .....	42
2.9.	Principales Plagas.....	43
2.9.1.	<i>Áfidos (Schizaphis graminum)</i> .....	43

2.9.2.	<i>Gorgojo de la cebada (Sitophilus granarius)</i> .....	43
2.10.	La industria cervecera del Ecuador .....	43
2.11.	Marco legal.....	43
CAPÍTULO III .....		45
MARCO METODOLÓGICO .....		45
3.1.	Descripción del área de estudio.....	45
3.1.1.	<i>Ubicación geográfica del área de estudio</i> .....	45
3.1.2.	<i>Características agroclimáticas del área de estudio</i> .....	45
3.2.	Materiales .....	46
3.3.	Métodos.....	46
3.3.1.	<i>Factores en Estudio</i> .....	46
3.3.2.	<i>Tratamientos</i> .....	47
3.3.3.	<i>Diseño Experimental</i> .....	47
3.3.4.	<i>Características del Experimento</i> .....	47
3.3.5.	<i>Características de la unidad experimental</i> .....	48
3.4.	Variables evaluadas.....	49
3.4.1.	<i>Días al macollamiento</i> .....	49
3.4.2.	<i>Días al encañado</i> .....	49
3.4.3.	<i>Días al embuchamiento</i> .....	49
3.4.4.	<i>Días al espigamiento</i> .....	50
3.4.5.	<i>Días a la madurez fisiológica</i> .....	50
3.4.6.	<i>Altura de planta</i> .....	51
3.4.7.	<i>Longitud de la espiga</i> .....	51
3.4.8.	<i>Número de granos por espiga</i> .....	52
3.4.9.	<i>Severidad de enfermedades</i> .....	52
3.4.10.	<i>Número de plantas establecidas en 1 m<sup>2</sup></i> .....	53
3.4.11.	<i>Número de macollos por planta</i> .....	54

3.4.12.	<i>Número de espigas efectivas por planta</i> .....	54
3.4.13.	<i>Porcentaje de grano con calibre <math>\geq</math> a 2.5 mm</i> .....	55
3.4.14.	<i>Peso de mil granos</i> .....	55
3.4.15.	<i>Peso Hectolítrico</i> .....	56
3.4.16.	<i>Rendimiento</i> .....	56
3.4.17.	<i>Costo de producción</i> .....	56
3.4.18.	<i>Relación Beneficio/Costo</i> .....	57
3.5.	<i>Manejo del Experimento</i> .....	57
3.5.1.	<i>Selección del predio</i> .....	57
3.5.2.	<i>Análisis de suelo</i> .....	57
3.5.3.	<i>Preparación del terreno</i> .....	58
3.5.4.	<i>Siembra</i> .....	58
3.5.5.	<i>Fertilización</i> .....	59
3.5.6.	<i>Control fitosanitario</i> .....	59
3.5.7.	<i>Colocación de ahuyentadores de aves</i> .....	60
3.5.8.	<i>Cosecha</i> .....	60
3.5.9.	<i>Trillado</i> .....	61
CAPÍTULO IV .....		62
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		62
4.1.	<i>Análisis agroclimático de la zona de estudio</i> .....	62
4.2.	<i>Días al macollamiento</i> .....	63
4.2.1.	<i>Siembra manual</i> .....	63
4.2.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	64
4.3.	<i>Días al encañado</i> .....	66
4.3.1.	<i>Siembra manual</i> .....	66
4.3.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	67
4.4.	<i>Días al embuchamiento</i> .....	70

4.4.1.	<i>Siembra manual</i> .....	70
4.4.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	71
4.5.	Días al espigado .....	73
4.5.1.	<i>Siembra manual</i> .....	73
4.5.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	74
4.6.	Días a la madurez fisiológica .....	76
4.6.1.	<i>Siembra manual</i> .....	76
4.6.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	77
4.7.	Número de plantas por m <sup>2</sup> .....	79
4.7.1.	<i>Siembra manual</i> .....	79
4.7.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	80
4.8.	Número de macollos por planta .....	82
4.8.1.	<i>Siembra manual</i> .....	82
4.8.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	84
4.9.	Número de espigas efectivas por planta.....	85
4.9.1.	<i>Siembra manual</i> .....	85
4.9.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	87
4.10.	Altura de planta .....	88
4.10.1.	<i>Siembra manual</i> .....	88
4.10.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	90
4.11.	Tamaño de la espiga.....	92
4.11.1.	<i>Siembra manual</i> .....	92
4.11.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	93
4.12.	Número de granos por espiga.....	95
4.12.1.	<i>Siembra manual</i> .....	95
4.12.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	96
4.13.	Severidad de roya ( <i>Puccinia hordei</i> ).....	98

4.13.1.	<i>Siembra manual</i> .....	98
4.13.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	99
4.14.	Severidad de Mancha en red ( <i>Pyrenophora teres</i> ).....	101
4.14.1.	<i>Siembra manual</i> .....	101
4.14.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	102
4.15.	Calibre del grano $\geq 2.55$ mm.....	103
4.15.1.	<i>Siembra manual</i> .....	103
4.15.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	104
4.16.	Peso de mil granos.....	106
4.16.1.	<i>Siembra manual</i> .....	106
4.16.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	107
4.17.	Peso Hectolítrico .....	109
4.17.1.	<i>Siembra manual</i> .....	109
4.17.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	110
4.18.	Rendimiento .....	112
4.18.1.	<i>Siembra manual</i> .....	112
4.18.2.	<i>Siembra mecanizada</i> .....	113
4.19.	Costos de producción .....	115
4.20.	Relación Beneficio/Costo.....	117
CAPITULO V .....		120
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		120
5.1.	Conclusiones.....	120
5.2.	Recomendaciones .....	121
REFERENCIAS .....		123
ANEXOS .....		130

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales productores de Cebada en el Ecuador .....	31
Figura 2. Hojas del cultivo de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) .....	33
Figura 3. Espiga de diferentes variedades de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.).....	33
Figura 4. Partes de la semilla (grano) de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.).....	34
Figura 5. Escala de Zadoks para el cultivo de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.).....	35
Figura 6. Roya de la hoja de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L). .....	41
Figura 7. Carbón desnudo ( <i>Ustilago nuda</i> J.).....	42
Figura 8. Escaldadura de la hoja ( <i>Rhynchosporium secalis</i> ).....	42
Figura 9. Ubicación geográfica de la Granja Experimental La Pradera.....	45
Figura 10. Diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas aplicado en el ensayo .....	47
Figura 11. Unidades experimentales de acuerdo al diseño utilizado en el experimento	48
Figura 12. Evaluación de la variable días al macollamiento .....	49
Figura 13. Cultivo de cebada en etapa de encañado.....	49
Figura 14. Registro de la variable días al embuchamiento.....	50
Figura 15. Registro de la variable días al espigamiento .....	50
Figura 16. Cultivo de cebada en fase de madurez fisiológica. ....	51
Figura 17. Registro de la variable altura de planta .....	51
Figura 18. Evaluación de la variable longitud de la espiga .....	52
Figura 19. Conteo del número de granos por espiga. ....	52
Figura 20. Presencia de Roya en las hojas de cebada.....	53
Figura 21. Conteo del número de plantas establecidas por metro cuadrado .....	53
Figura 22. Conteo del número de macollos por unidad experimental.....	54
Figura 23. Espigas consideradas efectivas para su debido registro.....	54
Figura 24. Evaluación de porcentaje de grano grande.....	55
Figura 25. Evaluación del peso de mil granos.....	55
Figura 26. Registro de la variable de peso hectolítrico. ....	56
Figura 27. Medición y selección del predio .....	57
Figura 28. Muestra de suelo debidamente etiquetada.....	58
Figura 29. Limpieza de caminos de manera manual. ....	60
Figura 30. Bolsas plásticas colocadas sobre el ensayo.....	60
Figura 31. Labores de cosecha del ensayo .....	61

Figura 32. Trillado del grano y limpieza. ....	61
Figura 33. Desarrollo agronómico del cultivo de cebada en relación con precipitación y temperatura. ....	62
Figura 34. Días al macollamiento para el sistema de siembra manual.....	64
Figura 35. Días al macollamiento para el sistema de siembra mecanizada.....	65
Figura 36. Días al encañado bajo el sistema de siembra mecanizada. ....	68
Figura 37. Días al embuchamiento bajo el sistema de siembra mecanizada. ....	72
Figura 38. Días al espigado bajo el sistema de siembra mecanizada ....	75
Figura 39. Días a la madurez fisiológica para el sistema de siembra mecanizada .....	78
Figura 40. Número de plantas por metro cuadrado para el sistema de siembra manual	80
Figura 41. Número de plantas metro cuadrado del sistema de siembra mecanizada, en función de la densidad. ....	81
Figura 42. Número de macollos por planta para el sistema de siembra manual. ....	83
Figura 43. Número de macollos por planta para el sistema de siembra mecanizada, en función de la densidad. ....	84
Figura 44. Número de espigas por planta para el sistema de siembra manual.....	86
Figura 45. Número de espigas por planta para el sistema de siembra mecanizada. ....	88
Figura 46. Altura de planta para el sistema de siembra manual. ....	89
Figura 47. Altura de planta para el sistema de siembra mecanizada. ....	91
Figura 48. Tamaño de la espiga para el sistema de siembra manual en función de la densidad.....	93
Figura 49. Tamaño de la espiga para el sistema de siembra manual en función del material. ....	93
Figura 50. Tamaño de la espiga para el sistema de siembra mecanizada.....	94
Figura 51. Número de granos por espiga para el sistema de siembra manual.....	96
Figura 52. Número de granos por espiga para el sistema de siembra mecanizada.....	97
Figura 53. Porcentaje de severidad para roya a través del tiempo bajo el sistema de siembra manual.....	98
Figura 54. Porcentaje de severidad para roya a través del tiempo bajo el sistema de siembra mecanizada.....	100
Figura 55. Porcentaje de severidad para mancha en red a través del tiempo bajo el sistema de siembra manual.....	101
Figura 56. Porcentaje de severidad para mancha en red a través del tiempo bajo el sistema de siembra mecanizada.....	102



Figura 57. Porcentaje de grano con calibre superior a 2.5mm para el sistema de siembra manual. ....	104
Figura 58. Calibre del grano para el sistema de siembra mecanizada en función del material. ....	105
Figura 59. Peso de mil granos para el sistema de siembra manual en base a los materiales estudiados. ....	107
Figura 60. Peso de mil granos para el sistema de siembra mecanizada .....	108
Figura 61. Peso hectolítrico para el sistema de siembra manual. ....	110
Figura 62. Peso hectolítrico para el sistema de siembra mecanizada .....	111
Figura 63. Rendimiento del cultivo para el sistema de siembra manual en base a cada material. ....	113
Figura 64. Rendimiento del cultivo para el sistema de siembra mecanizada. ....	114

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de Cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) .....	31
Tabla 2. Relación de estados fenológicos, desarrollo y tiempo .....	38
Tabla 3. Características agroclimáticas de Chaltura, Imbabura .....	45
Tabla 4. Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizadas en el desarrollo del estudio.....	46
Tabla 5. Tratamientos estudiados en el presente ensayo .....	47
Tabla 6. Características de las unidades experimentales para siembra mecanizada. ....	48
Tabla 7. Características de las unidades experimentales para siembra manual.....	48
Tabla 8. Cantidad de semilla utilizada en la siembra según su densidad. ....	59
Tabla 9. Esquema de fertilización utilizada en el ensayo.....	59
Tabla 10. Productos aplicados en el control fitosanitario del cultivo.....	59
Tabla 11. Análisis de la varianza para la variable días al macollamiento bajo el sistema de siembra manual.....	63
Tabla 12. Análisis de la varianza para la variable días al macollamiento bajo el sistema de siembra mecanizada.....	64
Tabla 13. ADEVA para la variable días al encañado bajo el sistema de siembra manual .....	66
Tabla 14. Días al encañado entre las variedades estudiadas bajo el sistema de siembra manual (Medias $\pm$ Error Estándar). ....	67
Tabla 15. Días al encañado entre las densidades estudiadas bajo el sistema de siembra manual (Medias $\pm$ Error Estándar). ....	67
Tabla 16. ADEVA para la variable días al encañado bajo el sistema de siembra mecanizada .....	67
Tabla 17. ADEVA para la variable días al embuchamiento para el sistema de siembra manual .....	70
Tabla 18. Días al embuchamiento entre los materiales estudiados bajo el sistema de siembra manual (Medias $\pm$ Error Estándar).....	70
Tabla 19. Días al embuchamiento entre las densidades estudiadas bajo el sistema de siembra manual (Medias $\pm$ Error Estándar).....	71
Tabla 20. ADEVA para la variable días al embuchamiento para el sistema de siembra mecanizada .....	71

Tabla 21. ADEVA para la variable días al espigado para el sistema de siembra manual .....	73
Tabla 22. Días al espigado entre los materiales estudiados bajo el sistema de siembra manual (Medias $\pm$ Error Estándar). .....	74
Tabla 23. Días al espigado entre las densidades estudiadas bajo el sistema de siembra manual (Medias $\pm$ Error Estándar). .....	74
Tabla 24. ADEVA para la variable días al espigado para el sistema de siembra mecanizada. ....	74
Tabla 25. ADEVA para la variable días a la madurez fisiológica bajo el sistema de siembra manual.....	76
Tabla 26. Días a la madurez fisiológica entre los materiales estudiados bajo el sistema de siembra manual (Medias $\pm$ Error Estándar).....	77
Tabla 27. Días a la madurez fisiológica entre las densidades estudiadas bajo el sistema de siembra manual (Medias $\pm$ Error Estándar).....	77
Tabla 28. ADEVA para la variable días a la madurez fisiológica bajo el sistema de siembra mecanizada.....	77
Tabla 29. ADEVA para la variable número de plantas por metro cuadrado bajo el sistema de siembra manual. ....	79
Tabla 30. ADEVA para la variable número de plantas por metro cuadrado bajo el sistema de siembra mecanizada.....	81
Tabla 31. ADEVA para la variable número de macollos por planta para el sistema de siembra manual.....	82
Tabla 32. ADEVA para la variable número de macollos por planta para el sistema de siembra mecanizada.....	84
Tabla 33. ADEVA para la variable número de espigas por planta para el sistema de siembra manual.....	86
Tabla 34. ADEVA para la variable número de espigas por planta para el sistema de siembra mecanizada.....	87
Tabla 35. ADEVA para la variable altura de planta bajo el sistema de siembra manual	89
Tabla 36. ADEVA para la variable altura de planta bajo el sistema de siembra mecanizada .....	90
Tabla 37. ADEVA para la variable tamaño de la espiga bajo el sistema de siembra manual. ....	92

Tabla 38. ADEVA para la variable tamaño de la espiga bajo el sistema de siembra mecanizada .....	94
Tabla 39. ADEVA para la variable número de granos por espiga para el sistema de siembra manual.....	96
Tabla 40. ADEVA para la variable número de granos por espiga para el sistema de siembra mecanizada.....	97
Tabla 41. ADEVA para la variable calibre del grano bajo el sistema de siembra manual. ....	103
Tabla 42. ADEVA para la variable calibre del grano bajo el sistema de siembra mecanizada .....	104
Tabla 43. ADEVA para la variable peso de mil granos bajo el sistema de siembra manual .....	106
Tabla 44. ADEVA para la variable peso de mil granos bajo el sistema de siembra mecanizada. ....	107
Tabla 45. ADEVA para la variable peso hectolítrico bajo el sistema de siembra manual. ....	109
Tabla 46. ADEVA para la variable peso hectolítrico bajo el sistema de siembra mecanizada. ....	111
Tabla 47. ADEVA para el rendimiento del sistema de siembra manual.....	113
Tabla 48. ADEVA para el rendimiento del sistema de siembra mecanizada.....	113
Tabla 49. Costos de producción en los diferentes tratamientos, bajo los diferentes sistemas de siembra.....	116
Tabla 50. Análisis económico de rentabilidad para los diferentes tratamientos .....	118

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Análisis de suelo de la Granja Experimental La Pradera.....	130
Anexo B. Peso de semilla utilizado en la siembra por densidad .....	131
Anexo C. Dosificación de fertilizante aplicado en el ensayo .....	131
Anexo D. Siembra .....	132
Anexo E. Evaluación de variables agronómicas .....	132
Anexo F. Primera aplicación de control fitosanitario.....	133
Anexo G. Evaluación de severidad de enfermedades.....	133
Anexo H. Preparación de mezcla de fertilizantes aplicados.....	134
Anexo I. Segunda aplicación de control fitosanitario.....	134
Anexo J. Evaluación de altura de planta, tamaño de espiga y número de granos por espiga .....	135
Anexo K. Cosecha .....	135
Anexo L. Trillado .....	136
Anexo M. Evaluación de parámetros de calidad de cebada .....	136
Anexo N. Costo de producción para tratamientos bajo siembra manual.....	137
Anexo O. Costo de producción para tratamientos bajo siembra mecanizada .....	138
Anexo P. Cuadro resumen de variables de mayor impacto.....	1480

# **EFEECTO DEL SISTEMA DE SIEMBRA SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA VARIEDAD ABI VOYAGER Y NUEVAS LÍNEAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) MALTERA EN CHALTURA - IMBABURA**

Correa Sevilla Kevin Alexander  
Universidad Técnica del Norte  
kacorreas@utn.edu.ec

## **RESUMEN**

La cebada es un cultivo de gran importancia no solo en la alimentación de los seres humanos y animales, sino también en la industria cervecera. Europa lidera la producción de cebada maltera mientras que Ecuador enfrenta desafíos con bajos niveles de producción, dependencia de importaciones y la falta de adaptación de variedades extranjeras, con esto el objetivo del ensayo fue evaluar el efecto del sistema de siembra en el comportamiento agronómico de la variedad ABI Voyager y nuevas líneas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera en Chaltura - Imbabura. El estudio se llevó a cabo en la Granja Experimental La Pradera, en el cual mediante un DBCA con parcelas divididas se incluyeron 3 bloques principales, mismos que contuvieron 12 tratamientos bajo el sistema de siembra al voleo con densidades de 100, 125 y 150 kg ha<sup>-1</sup> y 12 tratamientos bajo el sistema de siembra por surcos, bajo 75, 100 y 125 kg ha<sup>-1</sup>, ambos haciendo uso de la variedad ABI Voyager y las líneas 21K16-0671, 21K16-0812 y 21K16-0710. En función de respuesta agronómica destacaron los tratamientos T12, T10, T7 y T1 en la siembra manual, y T1 y T12 en la siembra mecanizada. La línea 21K16-0671 sobresalió en términos de calidad, mientras que, en el punto de vista económico, el tratamiento T7 resultó más rentable en la siembra manual, mientras que el T11 se destacó en la siembra mecanizada. En fin, bajo ciertas condiciones, la línea 21K16-0710 en la siembra manual y los tratamientos T10 y T1 en la siembra mecanizada fueron óptimos en cuanto a adaptación, calidad y rentabilidad.

**Palabras claves:** Cereales, densidades, siembra manual, agrotecnología, calidad del grano.

**EFFECT OF SEEDING SYSTEM ON AGRONOMIC PERFORMANCE OF ABI VOYAGER VARIETY AND NEW LINES OF BARLEY (*Hordeum vulgare* L.) MALTERA IN CHALTURA, IMBABURA**

**ABSTRACT**

Barley is a crop of great importance not only in human and animal nutrition, but also in the brewing industry. Europe leads the production of malting barley while Ecuador faces challenges with low production levels, dependence on imports and lack of adaptation of foreign varieties. The objective of the trial was to evaluate the effect of the sowing system on the agronomic performance of the ABI Voyager variety and new lines of malting barley (*Hordeum vulgare* L.) in Chaltura, Imbabura. The study was carried out at the Granja Experimental La Pradera, in which by means of a DBCA with divided plots 3 main blocks were included, which contained 12 treatments under the broadcast sowing system with densities of 100, 125 and 150 kg ha<sup>-1</sup> and 12 treatments under the furrow sowing system, under 75, 100 and 125 kg ha<sup>-1</sup>, both using the ABI Voyager variety and the lines 21K16-0671, 21K16-0812 and 21K16-0710. In terms of agronomic response, treatments T12, T10, T7 and T1 in manual sowing, and T1 and T12 in mechanized sowing stood out. Line 21K16-0671 stood out in terms of quality, while, from an economic point of view, treatment T7 was more profitable in manual sowing, while T11 stood out in mechanized sowing. Finally, under certain conditions, line 21K16-0710 in manual sowing and treatments T10 and T1 in mechanized sowing were optimal in terms of quality.

**Keywords:** Cereals, densities, manual seeding, agrotechnology, grain quality.

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

En Europa se concentra la mayor de producción de cebada maltera, la cual representa el 50% del área y el 63% del volumen total de producción, alcanzando los 90 millones de toneladas anuales con una productividad media de 4.00 toneladas por hectárea (Lema-Aguirre et al., 2016a). A pesar de una leve tendencia a la reducción de la demanda mundial de cebada, por limitaciones económicas y agronómicas que afectan al mercado, así como por el aumento en la demanda de arroz (*Oryza sativa* L.) y maíz (*Zea mays* L.), la cebada se mantiene como el quinto cereal de mayor producción a nivel mundial y sigue siendo un ingrediente importante en la industria alimentaria y especialmente en la industria cervecera (Castillo, 2020; Vivar y Gordillo, 2021).

En el período 2015-2016, la producción mundial de cebada maltera llegó a un total de 147.92 millones de toneladas (Escobar, 2018). En la región andina, Perú lideró la producción con 201 mil toneladas, con un rendimiento de 1.4 Tn ha<sup>-1</sup>, mientras que Colombia tuvo el mayor rendimiento con 2.3 Tn ha<sup>-1</sup>. Para el período 2020-2021, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos pronosticó una producción mundial de cebada de solo 154.18 millones de toneladas, lo que indica una disminución del 1.21% en comparación con el período anterior (Castillo, 2020).

En el 2021, el Ecuador produjo un total de 14.7 millones de toneladas dentro de las cuales únicamente 9.3 se destinaron a la venta. De este total el 76.78% se destinó al autoconsumo mientras que el 23.22% restante fue destinado a actividades como obtención de semilla, almacenamiento y desperdicio (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2022).

En Ecuador, la principal industria cervecera, Cervecería Nacional, ha mostrado un gran interés en el desarrollo local del cultivo de cebada maltera y ha brindado su apoyo y fomento al cultivo. Con el respaldo del Gobierno Nacional a través del Ministerio de Agricultura y Ganadería, así como el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, la empresa está impulsando el programa de siembra por contrato, mismo que se basa en un proyecto de reactivación agrícola en el país, contemplando una inversión de 12 millones de dólares hasta el año 2025 (Flores, 2023).



Este programa beneficiará a más de dos mil agricultores y a más de 170 mil personas que forman parte de la cadena productiva, la cual incluye proveedores de insumos agrícolas, instituciones educativas públicas y privadas, agricultores locales, entre otros (Cervecería Nacional, 2023).

Recientes colaboraciones con instituciones educativas han permitido identificar variedades óptimas de cebada maltera en diversas condiciones. Por ejemplo, Caluguillin (2023), destacó 30 tipos prometedores de un total de 144 líneas evaluadas, como 21K16-0801, 21K16-0862, 21K16-0696 y 21K16-1324. Estas variedades muestran entre 5 y 10 tallos por planta, con densidades de espigas de 330 a 550 por metro cuadrado, y pesos de 1000 semillas y hectolítrico ideales para la producción de malta cervecera.

Por su parte existen escasos estudios realizados sobre evaluaciones de densidades de siembra, mismas que se han destinado en su totalidad a la obtención de cebada forrajera. Escobar (2018) evaluó cómo la densidad de siembra afecta los parámetros productivos y la composición químico-bromatológica de tres variedades de cebada. La única variable puede ser comparable con el presente ensayo es el número de macollos por planta, que en la que la variedad de cebada Centenario presentó 7.77 macollos planta<sup>-1</sup> a una densidad de 90 kg ha<sup>-1</sup>.

## **1.2. Problema**

En Ecuador, la producción anual de cebada es de alrededor de 24 000 toneladas al año, con una productividad media de 0.6 toneladas por hectárea. Debido a estos bajos niveles de producción y al hecho de que el 40% de la cebada producida se destina a la producción de cerveza, el país se ve obligado a importar alrededor de 40 000 toneladas al año, lo que equivale a un valor de 10 000 000 USD (INEC, 2022).

A pesar de que en el año 2022 se obtuvo la primera cosecha de la variedad Voyager, la misma que representaría un aumento de 30% en los rendimientos históricos nacionales, al ser una variedad Mexicana, no existen estudios con respecto a las condiciones de adaptación al medio ecuatoriano y la forma en la que esta responde a distintos tipos de manejo del cultivo, densidades de siembra, tipos de siembra, época de siembra, altitud y latitud, tipo de suelo, sistema de siembra, entre otros (El Universo, 2022).

El bajo nivel de conocimiento, la falta de habilidades para el manejo tecnológico, la limitada accesibilidad a las nuevas tecnologías, los factores económicos y la ausencia de directrices tecnológicas específicas para el cultivo de variedades de cebada son las

principales causas por las cuales el 80% de la población campesina continúa empleando prácticas de producción tradicionales. Esto ha resultado en una problemática al momento de adaptarse a nuevos sistemas de producción debido a la desconfianza basada en resultados poco alentadores (Falconi et al., 2010).

A pesar de que se han llevado a cabo estudios sobre diversas densidades de siembra, estos se han enfocado únicamente en su uso como alimento para el ganado o para producción de forraje y su respectiva comercialización. Por lo tanto, aunque se han obtenido datos similares a los de este estudio, el objetivo no se ha centrado en la obtención de granos de calidad que reúnan diversas características necesarias para ser considerados aptos para la producción de malta (Cazco, 1978; Nina, 2017).

### **1.3. Justificación**

La cebada maltera es un cultivo de gran importancia debido a que se utiliza para la producción de malta, la cual es muy demandada en todo el mundo para la elaboración de cerveza (Perez et al., 2016). La clave del éxito económico del cultivo de cebada cervecera radica en la calidad del grano obtenido, así mismo como su cantidad y características organolépticas por lo que se realizan pruebas físicas para predecir la calidad de la malta, tanto en términos de grano como de peso, con la mayor rentabilidad posible (Caluguillin, 2023; Castillo, 2020).

En la región andina de Ecuador, la cebada se encuentra entre los cereales fundamentales en la canasta básica de las familias. La cebada maltera es un componente esencial para lograr una cerveza de alta calidad y su tratamiento debe cumplir con estándares rigurosos desde el momento de la siembra, ya que, para muchos especialistas en el arte cervecero, este grano representa el corazón de esta bebida ancestral. Es crucial tratar el grano con cuidado para garantizar su calidad y preservar sus características únicas (Ponce et al., 2019).

En Ecuador, el consumo de cerveza por persona es de 7.2 litros al año, lo que significa que el sector de la industria cervecera es responsable del 1.2% del empleo nacional. Debido a esta demanda, se han iniciado diversos proyectos y programas que permitan la obtención de cultivo de cebada con características específicas para la producción de malta de alta calidad (Arias, 1991; Caluguillin, 2023).

Cervecería Nacional a través de su programa “Siembra por Contrato” tiene como objetivo desarrollar cultivos en nueve provincias del país, entre las que se incluyen Guayas, Los

Ríos, Bolívar, Chimborazo, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Tulcán y Azuay, realizando ajustes tecnológicos que permitan obtener una relación rendimiento/calidad óptimo para cada sector del país, de modo que se pueda extender el área cultivable del producto generando entre otros beneficios: mayor acceso laboral a los ecuatorianos, reducir el porcentaje de importaciones anuales de cebada y promover una agricultura sustentable y reconocida a nivel mundial (Cervecería Nacional, 2023).

De este modo a través del protocolo de investigación 2023 correspondiente al programa de “Siembra por Contrato” impulsado por Cervecería Nacional se ha generado una asociación con tres universidades de la región andina de Ecuador con el fin de evaluar el germoplasma de cebada maltera desarrollado por Ab-Inbev y posteriormente producir semilla certificada en el país.

El objetivo del programa a largo plazo es contar con al menos una variedad de cebada maltera adaptada a las condiciones agroecológicas de la sierra ecuatoriana, establecer ajustes tecnológicos para el cultivo y crear una alternativa rentable para la empresa y los agricultores del país, de este modo el objetivo principal del presente ensayo asociado a los objetivos antes propuestos es el de evaluar el efecto del sistema de siembra sobre el comportamiento agronómico de la variedad ABI Voyager y nuevas líneas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera en Chaltura - Imbabura.

## **1.4.Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo General***

Evaluar el efecto del sistema de siembra sobre el comportamiento agronómico de la variedad ABI Voyager y nuevas líneas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera en Chaltura - Imbabura.

### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

- Determinar la productividad de materiales de cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera bajo distintos métodos y densidades de siembra establecidos.
- Analizar los parámetros de calidad del grano de los materiales de cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera evaluados.
- Comparar los resultados económicos obtenidos en los tratamientos en estudio.

### **1.5. Hipótesis**

**Ho:** Ninguna línea de cebada (*Hordeum vulgare* L.) presentó diferencias agronómicas con respecto a la variedad de cebada maltera ABI Voyager, bajo distintos métodos de siembra y densidades establecidos.

**Ha:** Al menos una línea de cebada (*Hordeum vulgare* L.) presentó diferencias en el comportamiento agronómico del cultivo con respecto a la variedad de cebada maltera ABI Voyager, bajo distintos métodos de siembra y densidades establecidos.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Origen y distribución

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es una especie vegetal que se considera uno de los primeros cultivos agronómicos iniciados por el ser humano. Se cree que su origen se encuentra en países asiáticos y africanos (Flores, 2023). Actualmente, la especie cultivada proviene de una variedad silvestre conocida como *Hordeum spontaneum*, que se originó en Oriente Medio. Ambas especies se consideran diploides con 14 cromosomas (Piguave, 2016).

La cebada ha sido un cultivo importante en la historia de la civilización. El pueblo del antiguo Egipto consideraba a la cebada como uno de los productos más importantes para su desarrollo, siendo consumida como alimento directo y utilizada para la producción de cerveza. También fue utilizada por los romanos y griegos en la elaboración de pan, como un alimento rico en fibra que se utilizaba en la dieta de gladiadores, en conflictos y peleas. En el siglo XVI, la cebada era considerada un alimento para pobres y esclavos, quienes solo tenían permitido consumir pan hecho a base de este cultivo (Andrade, 2020; Garrido, 2017).

En Ecuador, el cultivo de cebada se remonta a la época de la conquista española, cuando se utilizaba como alimento para los equinos y más tarde se incorporó a la dieta de las personas. La cebada se cultivó antes que el trigo y actualmente es uno de los cultivos más importantes en la región interandina del país (Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador [MAG], (2020). Los principales productores de cebada en el Ecuador se detallan en la Figura 1.

Aproximadamente el 40% de la producción de cebada se destina a la alimentación humana, lo que beneficia a unos 3 millones de habitantes. Otro 40% de la producción se destina a la industria de la malta y la cerveza, mientras que el 20% restante se utiliza como alimento para el ganado (Basantes, 2015; Rivera, 2017).

Entre las especies de cebada más cultivadas se encuentran *Hordeum distichum* L., que se utiliza principalmente para la elaboración de cerveza, y *Hordeum tetrastichum* L., que se emplea como forraje y alimento para animales. Las cebadas se clasifican según el número de espiguillas, y se pueden encontrar variedades de dos, cuatro y seis carreras (Ponce, Garófalo, et al., 2019).

**Figura 1.**  
Principales productores de Cebada en el Ecuador



Fuente: MAG (2020).

## 2.2. Clasificación Taxonómica

La cebada es originaria del género *Hordeum*, que pertenece a la tribu *Triticeae* de la familia *Poaceae* (también conocida como Gramineae), que es una familia de plantas de las gramíneas. La tribu *Triticeae* contiene algunos cereales de importancia económica. Su taxonomía se describe en la Tabla 1 con mayor claridad (Garrido, 2017; Missouri Botanical Garden [MBS], (2019).

**Tabla 1.**  
*Clasificación taxonómica del cultivo de Cebada (Hordeum vulgare L.)*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	<i>Hordeum</i>
Especie	<i>H. vulgare</i>
Nombre común	Cebada, Cebada Maltera
Nombre científico	<i>Hordeum vulgare</i> L.

Fuente: MBS (2019)

## **2.3.Descripción Botánica**

### **2.3.1. Generalidades**

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es una planta monocotiledónea anual perteneciente a la familia de las gramíneas, misma que es de gran importancia tanto para especies animales como para consumo humano consolidándose actualmente como el quinto cereal más cultivado en el mundo (Escobar, 2018).

### **2.3.2. La raíz**

La cebada tiene un sistema radicular fasciculado y fibroso que se extiende a poca profundidad en comparación con otros cereales. Aproximadamente el 60% del peso de las raíces se encuentra en los primeros 25 cm del suelo y su profundidad máxima rara vez supera los 1.20 m. La planta produce tanto raíces primarias como secundarias, siendo estas últimas las que se desarrollan en los primeros 20 cm del suelo, aunque su profundidad puede variar según la fertilidad y humedad del suelo, llegando a alcanzar un metro (Arellano, 2010).

### **2.3.3. Tallo**

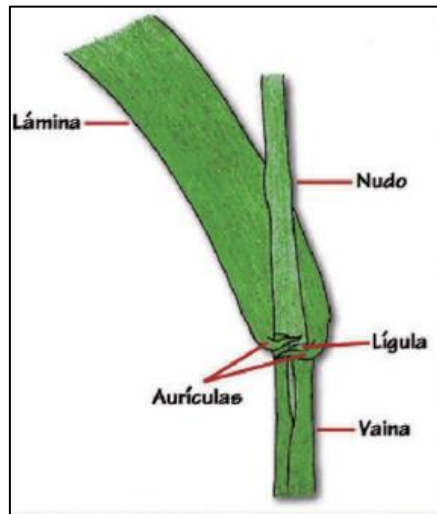
El punto de crecimiento del tallo de la cebada se origina subterráneamente a partir de la unión del mesocotilo con el coleóptilo, y crece lentamente hacia la superficie. Antes de llegar a la superficie, se produce un engrosamiento en el primer nudo, que marca el inicio del encañado (Ponce, Noroña, et al., 2019). El tallo consta de 5 a 7 entrenudos y puede medir entre 0.6 y 1.3 m de altura, con follaje denso que emerge de las hojas. El tallo es hueco y no se distingue entre Floema y Xilema. Finalmente, el tallo termina en una inflorescencia llamada espiga (Arellano, 2010).

### **2.3.4. Hojas**

Las hojas de las plantas de cebada tienen un aspecto diferente al de las hojas de trigo, ya que son más largas y de un color más claro. Estas hojas suelen ser lisas y no tienen pelos, con un ancho que varía entre 5 y 15 mm, y cuentan con 18 a 24 nervaduras. Las variedades de cebada de primavera suelen tener hojas lisas (Figura 2). Cada hoja se compone de una vaina, una lámina, dos aurículas y una lígula (Lema-Aguirre et al., 2016a; Mendoza-Elos et al., 2011). La vaina cubre la sección del tallo que está por encima del nudo donde se originan las hojas. En la unión de la vaina con la lámina se encuentran las aurículas, que son glabras, largas y afiladas (una característica distintiva de la especie). La lígula es glabra, corta y dentada, y puede presentar pigmentación por antocianinas (Lema-Aguirre et al., 2016a).



**Figura 2.**  
*Hojas del cultivo de cebada (Hordeum vulgare L.)*



Fuente: Arias (1991)

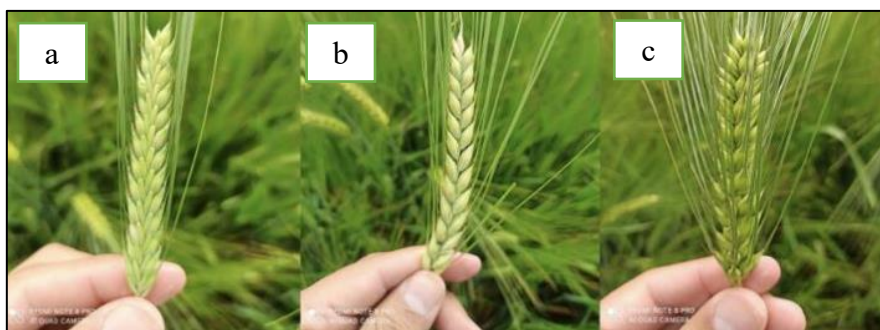
### 2.3.5. Flor

Cada flor de la cebada cuenta con un pistilo compuesto por un ovario y un estigma bífido o dividido, y tres estambres. Dos lodículas se sitúan entre el ovario, hinchándose durante la polinización para facilitar la apertura de la flor (Ponce, Noroña, et al., 2019).

### 2.3.6. Espiga

La parte superior del tallo de la planta de cebada corresponde a la espiga, misma que contiene de 10 a 30 nudos y está formada por espiguillas dispuestas de a tres en ambos lados del raquis central (Figura 3). Si todas las espiguillas son fértiles, la espiga tendrá seis hileras, y si sólo las centrales son fértiles, la espiga tendrá dos hileras. Estas variedades se conocen como *Hordeum hexastichon* y *Hordeum distichium*, respectivamente (Arellano, 2010; Arias, 1991).

**Figura 3.**  
*Espiga de diferentes variedades de cebada (Hordeum vulgare L.).*



Nota: a) Variedad ANDREIA, b) Variedad INIAP-CAÑICAPA, c) Variedad INIAP-ALPHA.

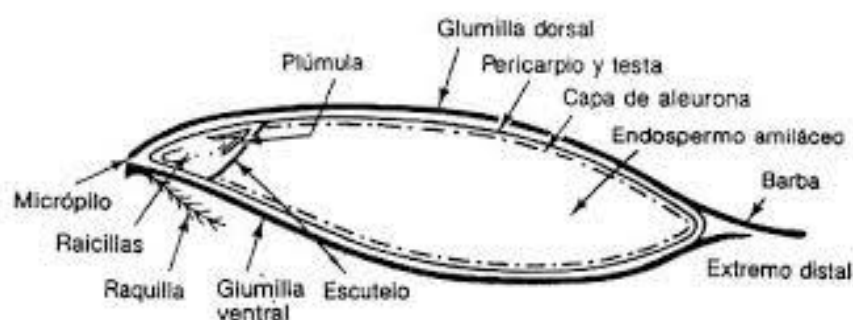
Fuente: Flores (2023).

### 2.3.7. Grano

Los granos de cebada están compuestos por un fruto llamado cariósipide, que incluye la semilla junto con el pericarpio, el lema y la palea (glumillas) que forman la cáscara del fruto y se adhieren a la semilla. A diferencia de la cebada desnuda, la cáscara no se separa de la semilla. Este fruto es seco, no se abre espontáneamente y contiene una sola semilla que se compone de dos partes: el embrión y el endospermo (Figura 4).

#### Figura 4.

*Partes de la semilla (grano) de cebada (Hordeum vulgare L.)*



Fuente: Arellano (2010).

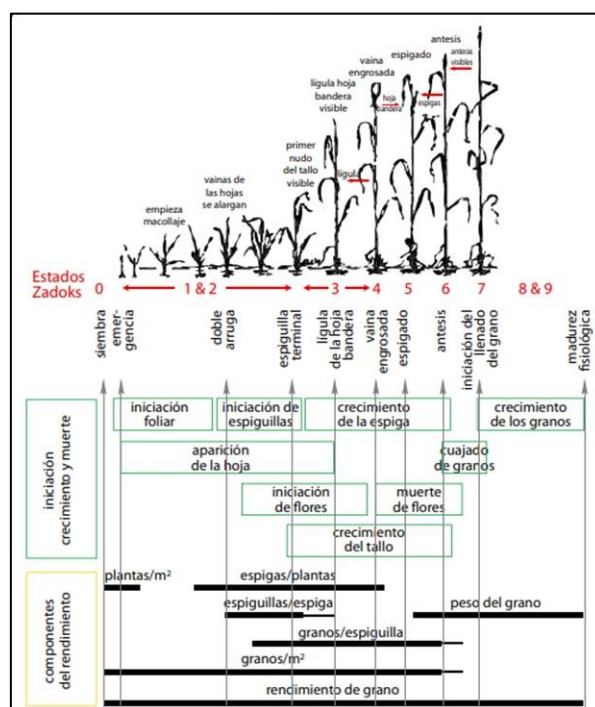
### 2.4. Requerimientos Edafoclimáticos

En Ecuador, se requieren ciertas condiciones agroclimáticas para producir cebada, como áreas ubicadas entre 2400 y 3300 m.s.n.m, precipitaciones de 400 a 600 mm durante el ciclo del cultivo, suelos que sean profundos y de textura franco arenosa, con buen drenaje y un pH que oscile entre 6.5 y 7.5 (Lema-Aguirre et al., 2016).

### 2.5. La Escala Zadoks

La escala de Zadoks (Figura 5) es una herramienta utilizada en la agricultura para clasificar las diferentes etapas de desarrollo de los cultivos a lo largo de su ciclo de crecimiento. Fue desarrollada por los científicos holandeses Jan Zadoks y Theo T. Chang en 1974, y ha sido ampliamente adoptada en todo el mundo para fines de investigación y manejo de cultivos (Roelfs et al., 1992). La escala se basa en la observación de la morfología externa de las plantas y describe diferentes estados fenológicos (como emergencia, aparición de hojas, inicio de la floración, entre otros.) a lo largo del ciclo de vida de la planta. Cada estado fenológico se identifica mediante un código numérico de tres dígitos, que indica la etapa de crecimiento de la planta y se relaciona con el momento óptimo para la aplicación de prácticas agronómicas específicas, como la fertilización, el riego y la cosecha (Stubbs et al., 1986).

**Figura 5.**  
Escala de Zadoks para el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.).



Fuente: FAO (2016)

## 2.6. Estados fenológicos del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.)

### 2.6.1. Germinación

Después de que las semillas se han hidratado, ocurre la germinación. Durante este proceso, las reservas nutricionales del embrión comienzan a transformarse con la ayuda del calor y del oxígeno. Se observa el crecimiento del Coleóptilo y la Coleorriza. Para que la germinación tenga lugar, la temperatura debe estar dentro de ciertos rangos: la temperatura mínima es de 3 a 4 grados Celsius, la temperatura óptima es de alrededor de 20 grados Celsius y la temperatura máxima está entre 28 y 30 grados Celsius. Según la escala de Zadoks, la etapa de germinación se ubica en (E – 0.0 Z) a (E – 0.7 Z) (Ponce, Noroña, et al., 2019).

### 2.6.2. Emergencia

Después de la germinación, la emergencia de la planta tarda entre 5 a 10 días, dependiendo de la temperatura del suelo y la humedad. Durante la emergencia, el coleóptilo es el primer órgano que emerge del suelo. Esta estructura es puntiaguda y dura, y rompe el suelo para permitir que emerja la primera hoja de la planta. El sistema radicular primario se compone de la radícula y las raíces seminales, y da paso a la formación de las raíces definitivas. Estas últimas comienzan a formarse en el estadio de la tercera hoja desplegada, justo debajo del suelo, en la corona. La corona se encuentra en el subnudo,

en el punto de unión del Mesocótilo con el Coleóptilo (Ponce, Noroña, et al., 2019; Stubbs et al., 1986).

En la escala de Zadoks, este estadio se puede catalogar como (E-0.9 Z). Es importante considerar estos estadios de desarrollo en la toma de decisiones agronómicas, ya que pueden afectar el éxito del cultivo. Por ejemplo, la fertilización y el riego deben ser planificados en función del estado fenológico de la planta para asegurar un crecimiento óptimo y una buena cosecha (Ruiz, 2017).

### **2.6.3. Desarrollo de hoja y tallo principal**

El desarrollo de las hojas en la planta comienza con la primera hoja que atraviesa el Coleóptilo y se extiende hasta que se han desplegado nueve o más hojas. Este periodo de crecimiento se puede catalogar en la escala de Zadoks como (E-1.0 Z) a (E-1.9 Z) (Satorre et al., 2003). Durante este tiempo, el tallo principal o cero se desarrolla a partir del Coleóptilo. La formación adecuada de las hojas y el tallo son fundamentales para el crecimiento y desarrollo del cultivo, ya que son las estructuras responsables de la fotosíntesis y la producción de carbohidratos que alimentan la planta. Es importante monitorear regularmente el estado de desarrollo de las hojas y el tallo para detectar cualquier problema y tomar las medidas necesarias para corregirlo (Álvarez Díaz et al., 2006).

### **2.6.4. Macollamiento**

Las macollas o tallos secundarios son ramificaciones que surgen de las yemas axilares del primer tallo y su cantidad puede variar de dos a nueve en cebadas de primavera. La densidad de siembra, así como la disponibilidad de agua y nutrientes, son factores que influyen en su formación. Es importante destacar que el número y vigor de las macollas tienen un papel fundamental en la producción de espigas verdaderas por metro cuadrado, lo que a su vez afecta significativamente el rendimiento del cultivo. Este período de crecimiento se puede catalogar en la escala de Zadoks como (E-2.0 Z) a (E-2.9 Z). Por lo tanto, es fundamental monitorear y controlar adecuadamente la formación de macollas para obtener una producción óptima en el cultivo (Arellano, 2010; Lema-Aguirre et al., 2016).

### **2.6.5. Encañado**

La fase de encañado comienza cuando aparece el primer nudo debajo del suelo, momento en el cual se puede observar la futura espiga de unos 5 mm de tamaño. Durante esta etapa, los tallos crecen rápidamente y se estructuran mediante la formación de nuevos nudos y

entrenados. El final de esta etapa se determina por la aparición de las aurículas de la hoja bandera, antes de que las aristas o barbas aparezcan. Esta etapa se clasifica en la escala Zadoks desde (E-3.0 Z) hasta (E-4.9 Z) (Arellano, 2010).

#### **2.6.6. Espigamiento**

Después de que las aristas emergen, la etapa de espigamiento comienza y generalmente dura de uno a dos días, aunque puede variar según el genotipo de la planta. Esta etapa se considera finalizada cuando se expone el collar de la espiga. En escala de Zadoks se puede observar en (E – 5.0 Z) a (E – 5.9 Z) (FAO, 2016).

#### **2.6.7. Floración**

La fase de floración comienza con la aparición del primer estambre unos días después de la espigadura. La apertura de las flores se inicia en el segundo tercio de la espiga, comenzando por la espiguilla central y luego las laterales, y continúa hacia arriba y hacia abajo. Cada flor permanece abierta durante 100 minutos, pero la extrusión de las anteras y su dehiscencia se limita a solo 10 minutos. La floración completa ocurre en un plazo de dos días (E-60Z) a (E-69Z) (Arellano, 2010).

#### **2.6.8. Formación del grano**

Después de la polinización ocurre el crecimiento acelerado del grano dentro de la flor, el cual finaliza al séptimo día y comienza el aumento de su materia seca. En cebadas cervceras, al noveno día, las glumas se adhieren al grano y se torna amarillento. Después de dos semanas, el grano entra en la etapa pastosa, alcanzando su máximo contenido de agua y deteniéndose el aumento de su materia seca (Ruiz, 2017).

En este periodo, la palea comienza a amarillear desde el centro de su parte dorsal. La cantidad de carbohidratos y citoquininas determinará el llenado del grano, durante el cual las células acumulan carbohidratos y proteínas. En la cebada, el llenado del grano se completa 30 días después de la antesis, en la escala Zadoks (E-7.0 a E-7.7) (Borsini, 2019).

#### **2.6.9. Madurez fisiológica**

La madurez fisiológica se alcanza cuando el grano tiene un 40% de humedad y se asocia con el aumento del ácido abscísico en el endospermo, lo cual aumenta la permeabilidad del pericarpio y provoca la deshidratación del grano. Por otro lado, la madurez de campo se produce cuando el grano se seca, se encoge y se vuelve duro, lo que lo hace difícil de

partir. Este último proceso ocurre en la escala Zadoks (E-8.0 Z) a (E-8.9 Z) (Gómez et al., 2009).

### 2.6.10. Senescencia

La cosecha puede iniciarse cuando la planta muere y el último entrenudo se seca por completo, lo que indica que la madurez es total. Los granos alcanzan un estado muy duro en esta etapa. Es recomendable esperar a que la humedad de los granos baje a menos del 14% antes de iniciar la cosecha. Esta etapa se ubica en la escala de Zadoks entre (E-9.0 Z) y (E-9.9 Z) (Arellano, 2010).

Los estados fisiológicos del cultivo de cebada se resumen de manera clara en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

*Relación de estados fenológicos, desarrollo y tiempo.*

<b>Estado fenológico</b>	<b>Tiempo</b>
Desde siembra a emergencia	0-10 días
Emergencia a inicio de macollaje	11-30 días
Inicio de macollaje a fin de macollaje	31 - 45 días
Fin de macollaje a inicio de encañado	46 – 60 días
Inicio de encañado a Espigadura	61-75 días
Espigadura	76-80 días
Formación de semilla	81- 110 días
Maduréz	111- 140 días

Fuente: Arellano (2010)

## 2.7. Manejo del cultivo de cebada

### 2.7.1. Preparación del suelo

Previamente a la siembra, se recomienda arar y realizar una combinación con arado de vertedera o discos, con un intervalo de 2 a 3 meses. Posteriormente, es recomendable realizar de 2 a 3 pases de rastra una semana antes de la siembra, con el fin de nivelar y desmenuzar adecuadamente el terreno (Navarrete, 2015).

### 2.7.2. Siembra

Se recomienda sembrar durante el inicio de la temporada de lluvias para asegurarse de que la cosecha se dé durante la temporada seca. Es importante asegurarse de que la semilla se siembre a una profundidad no mayor a 5 cm para evitar la asfixia y la muerte de las plántulas. En la sierra ecuatoriana, la siembra manual al voleo es la técnica más utilizada, mientras que la siembra mecanizada es menos común, sin embargo cada técnica tiene sus ventajas particulares (Navarrete, 2015; Rios et al., 2011b).

- **Siembra Manual:**
  - Las ventajas de la siembra de cebada de forma manual al voleo son varias. En primer lugar, es la forma más común de siembra en la sierra ecuatoriana. Además, permite una distribución uniforme de las semillas en el terreno, lo que contribuye a una germinación y crecimiento homogéneos de las plantas. Por otro lado, esta técnica de siembra es bastante económica ya que no requiere del uso de maquinarias costosas (Carvajal et al., 1986).
  - Por último, se puede adaptar fácilmente a diferentes tipos de terreno y topografías. Sin embargo, también presenta algunas desventajas como una menor precisión en la distribución de las semillas y una mayor dificultad para controlar la profundidad de siembra, lo que puede resultar en una mayor tasa de muerte de plántulas (Rios et al., 2011b).
- **Siembra mecanizada:**
  - La siembra mecanizada de cebada por surcos tiene varias ventajas en comparación con la siembra manual al voleo. En primer lugar, la siembra mecanizada permite una mayor precisión en la distribución de semillas, permite ajustar la profundidad y la distancia entre los surcos para adaptarse mejor a las características del suelo y a las necesidades específicas del cultivo, lo que se traduce en un mayor aprovechamiento de los recursos y una mayor eficiencia en la siembra (Ponce et al., 2019).
  - Otra ventaja de la siembra mecanizada por surcos es que permite la aplicación simultánea de fertilizantes y herbicidas, lo que reduce el tiempo y el costo de aplicación, así como la exposición del operario a productos químicos. Finalmente, la siembra mecanizada por surcos es más rápida y eficiente que la siembra manual al voleo, lo que reduce los costos laborales y aumenta la productividad del cultivo (Grupo Modelo México, 2019).

### ***2.7.3. Densidades de siembra***

El manejo adecuado de la densidad de siembra es crucial para maximizar el rendimiento y la calidad del cultivo de cebada. Una densidad de siembra baja puede conducir a una baja utilización del suelo y una disminución en el rendimiento, mientras que una densidad de siembra alta puede conducir a una mayor competencia por los recursos del suelo, lo que resulta en una disminución en la calidad de la cosecha y en la susceptibilidad a enfermedades (Navarrete, 2015). Además, la densidad de siembra también puede influir

en la uniformidad del cultivo, lo que puede afectar la facilidad de cosecha y la calidad del grano. Por lo tanto, es importante seleccionar la densidad de siembra adecuada en función de las condiciones de crecimiento específicas y las características del cultivar para optimizar el rendimiento y la calidad del cultivo de cebada (Cazco, 1978).

En el Ecuador se ha recomendado que para variedades de cebada de ciclo corto y en condiciones óptimas, la densidad recomendada es de 120 a 150 kg/ha, mientras que en condiciones menos favorables o con variedades de ciclo más largo, la densidad puede aumentar hasta 180 kg/ha o más (Cuenca, 2019).

#### **2.7.4. *Desinfección de semilla***

La dosis recomendada para la desinfección de semilla de cebada es de 2-3 g de Carboxin + Captan por kg de semilla. Es importante asegurarse de seguir las instrucciones del fabricante para garantizar una aplicación adecuada y evitar problemas de toxicidad o ineficacia en la protección de la semilla contra enfermedades (Vivar y Gordillo, 2021).

#### **2.7.5. *Fertilización***

El éxito del cultivo de cebada depende en gran medida de una adecuada fertilización. Si bien existen recomendaciones generales para la dosificación de nutrientes, es importante tener en cuenta que cada suelo tiene sus propias características y necesidades específicas (Lema-Aguirre et al., 2016). Es por ello que se recomienda realizar un análisis de suelo previo a la siembra para determinar las dosis necesarias de fertilizantes, y ajustarlas en consecuencia. Además, se debe tener en cuenta que la aplicación de fertilizantes debe ser fraccionada a lo largo del ciclo del cultivo para asegurar una disponibilidad constante de nutrientes y evitar pérdidas por lixiviación o volatilización. En este sentido, se recomienda aplicar entre 80-120 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno, aunque en suelos muy pobres en este nutriente, se puede aumentar hasta 150 kg ha<sup>-1</sup>. En cuanto al Fósforo, se sugiere una dosis entre 20-40 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que para el Potasio se recomienda una dosis entre 50-80 kg ha<sup>-1</sup>. Con un adecuado manejo nutricional, se puede obtener un rendimiento de 3 a 4 toneladas de grano por hectárea (Perez et al., 2016).

#### **2.7.6. *Cosecha y almacenamiento***

La cosecha de cebada se puede realizar de forma manual, utilizando hoces, poco antes de que las espigas estén completamente secas para evitar pérdidas por desgrane, es decir, cuando el grano todavía tiene un 17% de humedad. Sin embargo, la cosecha con máquina es también una opción, en este caso las espigas deben estar completamente secas para evitar daños en la maquinaria y pérdida de grano. Una vez cosechado, es importante



almacenar el grano seco en bodegas limpias, desinfectadas y protegidas contra la humedad y los roedores (Cuenca, 2019).

## **2.8.Principales Enfermedades**

### **2.8.1. *Roya de la Hoja (Puccinia hordei)***

Es una enfermedad fúngica que afecta principalmente a la cebada, aunque también puede atacar a otros cereales como el trigo. La infección se produce a través de las esporas del hongo, que pueden ser transportadas por el viento o por el contacto entre plantas (Lavilla y Petta, 2022). Los síntomas de la roya de la hoja de la cebada incluyen la aparición de manchas de color amarillo pálido en las hojas (Figura 6), que luego se convierten en pústulas de color marrón oscuro con una textura polvorienta. Estas pústulas contienen esporas del hongo y pueden infectar a otras plantas cercanas. La roya de la hoja de la cebada puede reducir el rendimiento del cultivo al debilitar las hojas y reducir su capacidad para realizar la fotosíntesis (Sánchez, 2023).

También se pueden aplicar fungicidas preventivos para evitar la propagación de la enfermedad. Es importante monitorear regularmente los cultivos para detectar cualquier signo de infección y tomar medidas preventivas y de control en consecuencia (Suárez y Villavicencio, 2010).

### **Figura 6.**

*Roya de la hoja de cebada (Hordeum vulgare L).*



Fuente: Wonneberger (2020)

### **2.8.2. *Carbón desnudo (Ustilago nuda J.)***

Este hongo infecta los granos de cebada y los convierte en una masa de esporas negras polvorientas (Figura 7). Los síntomas incluyen la pérdida de la cáscara y el aspecto negro de los granos infectados, lo que puede provocar una reducción en la calidad y el

rendimiento del cultivo. Para prevenir y controlar la enfermedad de la cebada carbón desnudo, es importante usar variedades de cebada resistentes a la enfermedad y evitar sembrar semillas infectadas (Mendoza et al., 2022). También se pueden utilizar prácticas de manejo integrado de plagas, como la rotación de cultivos y la eliminación de residuos de plantas infectadas. En casos graves, se pueden utilizar fungicidas para controlar la propagación del hongo (Stubbs et al., 1986).

**Figura 7.**

*Carbón desnudo (Ustilago nuda J.)*



Fuente: Key (2019)

**2.8.3. Escaldadura de la hoja (Rhynchosporium secalis)**

Esta enfermedad puede provocar manchas foliares de color marrón claro a oscuro, que pueden unirse y cubrir grandes áreas de la hoja, decoloración y muerte prematura de las hojas, lo que puede reducir el rendimiento del cultivo (Figura 8). El control de la escaldadura de la hoja implica prácticas de manejo integrado de plagas, como el uso de variedades resistentes, la eliminación de residuos de plantas infectadas, la rotación de cultivos y la aplicación de fungicidas en momentos oportunos. Es importante monitorear el cultivo y tomar medidas rápidas si se detecta la enfermedad para prevenir la propagación y minimizar los daños (Roelfs et al., 1992; Stubbs et al., 1986).

**Figura 8.**

*Escaldadura de la hoja (Rhynchosporium secalis)*



Fuente: Wonneberger (2020)

## **2.9. Principales Plagas**

Rosales (1999), manifiesta que las principales plagas del cultivo de cebada son las descritas a continuación.

### **2.9.1. Áfidos (*Schizaphis graminum*)**

Lo áfidos, conocidos generalmente como pulgones son insectos chupadores de savia que pueden debilitar las plantas de cebada y transmitir virus. Pueden causar retrasos en el crecimiento, pérdida de hojas y disminución en el rendimiento.

### **2.9.2. Gorgojo de la cebada (*Sitophilus granarius*)**

Es una plaga que afecta principalmente la raíz de la cebada. Las larvas de este insecto se alimentan de las raíces, lo que puede provocar una disminución en la absorción de nutrientes y agua, y finalmente, la muerte de la planta.

## **2.10. La industria cervecera del Ecuador**

En el año 1566, en el convento San Francisco se estableció la primera bebida artesanal conocida como cerveza, producida a partir de las primeras semillas de trigo y cebada traídas por Fray Jodoco Ricke y Fray Pedro en América. En 1886, se inició el primer proyecto de cerveza artesanal en la localidad de Las Peñas, y para 1887, Leonardo Stagg Flores y Martin Reimberg establecieron la primera industria de cerveza nacional en Guayaquil, con el nombre de Guayaquil Lager Beer Brewery Association. En 1913, se patentó la primera cerveza ecuatoriana al estilo pilsen, que se comercializó bajo el nombre de Pilsener y en 1996, debido a su éxito en el mercado cervecero, se trasladó a la Parroquia de Pascuales con el nombre de Cervecería Nacional (Carrillo y Minga, 2021).

## **2.11. Marco legal**

La presente investigación tiene su fundamentación en base a las leyes y estatutos emitidos por el estado ecuatoriano, siendo los más importantes:

- El artículo 281 del capítulo tercero de la Constitución de la República del Ecuador actualizado en enero del 2021, mismo que manifiesta de manera literal: “*La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente*”; mismo que dentro de sus literales se resalta que el Estado Ecuatoriano es responsable de:

1. Impulsar la producción, transformación agroalimentaria y pesquera de las pequeñas y medianas unidades de producción, comunitarias y de la economía social y solidaria.
  6. Promover la preservación y recuperación de la agrobiodiversidad y de los saberes ancestrales vinculados a ella; así como el uso, la conservación e intercambio libre de semillas.
  8. Asegurar el desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica apropiadas para garantizar la soberanía alimentaria.
- El plan de creación de oportunidades 2021-2025 en su objetivo 3, el cual manifiesta: *“Fomentar la productividad y competitividad en los sectores agrícolas, industria, acuícola y pesquero, bajo el enfoque de la economía circular”*.
  - Finalmente, con lo establecido por la Asamblea Nacional del Ecuador mediante la Ley Orgánica de Régimen Alimentario, en 2011 misma que estableció implementar políticas agroalimentarias con el objetivo de fortalecer la agrobiodiversidad, respetando las normas, conocimientos y métodos de producción tradicionales y ancestrales. Estas políticas incluyen la protección a través de la asociación de cultivos, la investigación, la conservación de especies y la creación de bancos de semillas que fomentan la agrobiodiversidad.

## CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

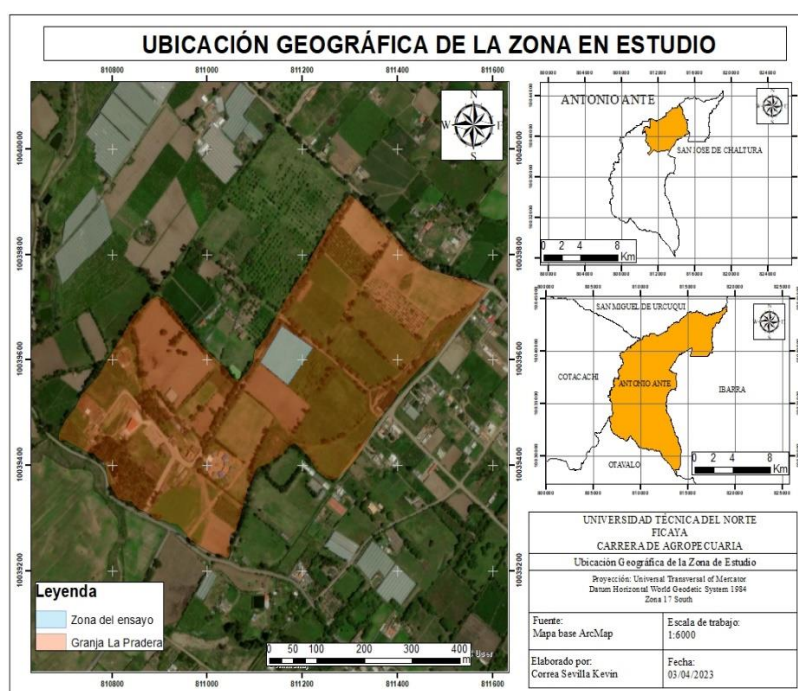
### 3.1. Descripción del área de estudio

#### 3.1.1. Ubicación geográfica del área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la Granja Experimental La Pradera, campus perteneciente a la Universidad Técnica del Norte; ubicada en la parroquia de Chaltura, en el cantón de Antonio Ante, provincia de Imbabura (Figura 9).

**Figura 9.**

*Ubicación geográfica de la Granja Experimental La Pradera.*



#### 3.1.2. Características agroclimáticas del área de estudio

La zona de estudio comprende diversos factores agroclimáticos, detallados en la Tabla 3.

**Tabla 3.**

*Características agroclimáticas de Chaltura, Imbabura*

Característica	Detalle
Altitud	2300 m s.n.m.
Latitud	N°21'19.1"
Longitud	O78°12'20.7"
Temperatura máxima	25°C
Temperatura mínima	14°C
Precipitaciones	700-950 mm anuales
Textura predominante	Franco
pH	7.6

Fuente: GAD Antonio Ante (2023)

### 3.2. Materiales

Los materiales, equipos, insumos y herramientas que se utilizaron en el completo desarrollo del experimento se describen en la Tabla 4.

**Tabla 4.**

*Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizadas en el desarrollo del estudio.*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Herramientas</b>
Libreta de campo	Computadora	Herbicida	Azadón
Carteles	Cámara	Fertilizantes	Bomba estacionaria
Cinta métrica	Impresora	Fungicida	Bomba de mochila
Estacas	Balanza digital y medidor de humedad de grano	Semillas de cebada	Rastrillo
Piola	Trilladora		Sembradora

### 3.3. Métodos

La metodología utilizada fue la proporcionada por el Programa de Siembra por Contrato de Cervecería Nacional, detallada en su protocolo de investigación de 2023. Esta metodología se consolidó a lo largo de los años, estableciendo las variables de interés, las escalas de referencia y los objetivos a alcanzar; todo esto se logró y definió específicamente de acuerdo a resultados obtenidos en investigaciones previas a la presente (Cervecería Nacional, 2023).

#### 3.3.1. Factores en Estudio

Los factores que se llevaron a cabo su estudio se presentan a continuación:

**a) Factor 1: Materiales de Cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera**

- Variedad ABI Voyager
- Línea 21K16-0671
- Línea 21K16-0710
- Línea 21K16-0812

**b) Factor 2: Tipo de Siembra**

- Mecanizada con densidad de siembra de 75 kg ha<sup>-1</sup>
- Mecanizada con densidad de siembra de 100 kg ha<sup>-1</sup>
- Mecanizada con densidad de siembra de 125 kg ha<sup>-1</sup>
- Manual con densidad de siembra de 100 kg ha<sup>-1</sup>
- Manual con densidad de siembra de 125 kg ha<sup>-1</sup>
- Manual con densidad de siembra de 150 kg ha<sup>-1</sup>

### 3.3.2. Tratamientos

Los tratamientos designados para el presente ensayo de validación con ajuste tecnológico se aplicaron, tal como se describen en la Tabla 5.

**Tabla 5.**

*Tratamientos estudiados en el presente ensayo*

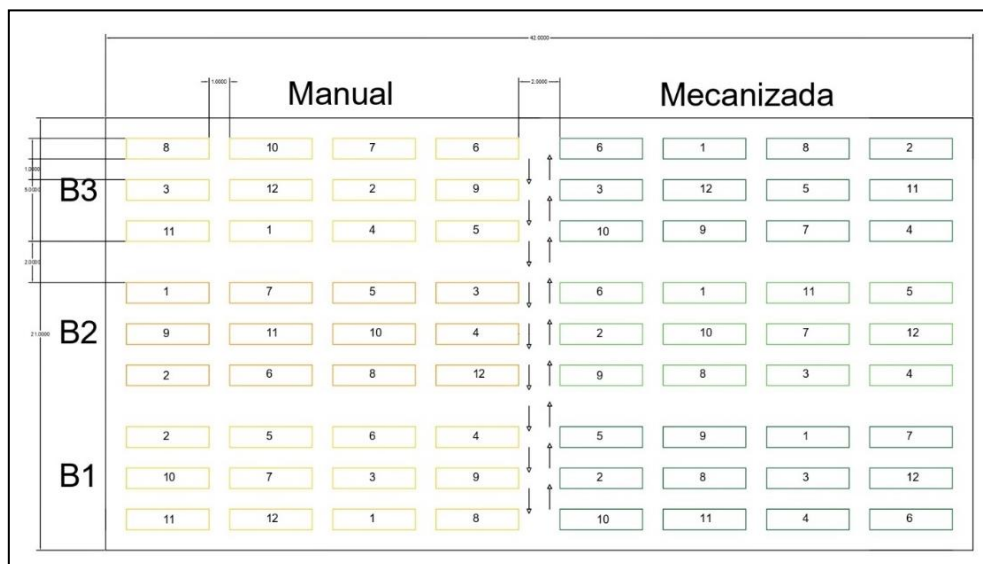
Mecanizada		Manual	
T	Descripción	T	Descripción
1	ABI Voyager a 75 kg ha <sup>-1</sup>	1	ABI Voyager a 100 kg ha <sup>-1</sup>
2	ABI Voyager a 100 kg ha <sup>-1</sup>	2	ABI Voyager a 125 kg ha <sup>-1</sup>
3	ABI Voyager a 125 kg ha <sup>-1</sup>	3	ABI Voyager a 150 kg ha <sup>-1</sup>
4	Línea 21K16-0671 a 75 kg ha <sup>-1</sup>	4	Línea 21K16-0671 a 100 kg ha <sup>-1</sup>
5	Línea 21K16-0671 a 100 kg ha <sup>-1</sup>	5	Línea 21K16-0671 a 125 kg ha <sup>-1</sup>
6	Línea 21K16-0671 a 125 kg ha <sup>-1</sup>	6	Línea 21K16-0671 a 150 kg ha <sup>-1</sup>
7	Línea 21K16-0710 a 75 kg ha <sup>-1</sup>	7	Línea 21K16-0710 a 100 kg ha <sup>-1</sup>
8	Línea 21K16-0710 a 100 kg ha <sup>-1</sup>	8	Línea 21K16-0710 a 125 kg ha <sup>-1</sup>
9	Línea 21K16-0710 a 125 kg ha <sup>-1</sup>	9	Línea 21K16-0710 a 150 kg ha <sup>-1</sup>
10	Línea 21K16-0812 a 75 kg ha <sup>-1</sup>	10	Línea 21K16-0812 a 100 kg ha <sup>-1</sup>
11	Línea 21K16-0812 a 100 kg ha <sup>-1</sup>	11	Línea 21K16-0812 a 125 kg ha <sup>-1</sup>
12	Línea 21K16-0812 a 125 kg ha <sup>-1</sup>	12	Línea 21K16-0812 a 150 kg ha <sup>-1</sup>

### 3.3.3. Diseño Experimental

La Figura 10 presenta un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con parcelas divididas, siendo la parcela principal los materiales de cebada, y las subparcelas los sistemas de siembra (Figura 10).

**Figura 10.**

*Diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas aplicado en el ensayo*



### 3.3.4. Características del Experimento

El presente ensayo se llevó a cabo con los siguientes parámetros: se dividieron en 3 bloques, se utilizaron 4 materiales de cebada, con 6 sistemas de siembra dando un total

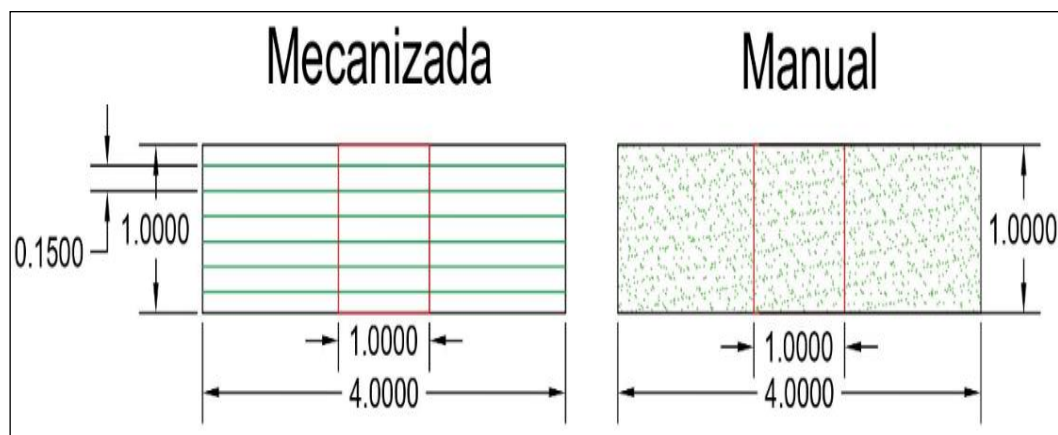
de 72 unidades experimentales. La extensión total de la parcela abarcó 21 m de ancho y 42 m de largo, lo que resultó en un área total del ensayo de 882 m<sup>2</sup>.

### 3.3.5. Características de la unidad experimental

Se establecieron parcelas de 4 m<sup>2</sup> para cada uno de los tratamientos en estudio, distribuidas en tres bloques, como se muestra en la Figura 11.

**Figura 11.**

*Unidades experimentales de acuerdo al diseño utilizado en el experimento*



Asimismo, la descripción para las unidades experimentales de siembra mecanizada se detalla en la Tabla 6.

**Tabla 6.**

*Características de las unidades experimentales para siembra mecanizada.*

Características	Descripción
Largo	4 m
Ancho	1 m
Área	4 m <sup>2</sup>
Tipo de siembra	Por surcos a chorro continuo
Distancia entre surcos	0.15 m
Número de surcos	6
Parcela Neta	1 m <sup>2</sup>

Por su parte las unidades experimentales de la siembra manual se detallan en la Tabla 7.

**Tabla 7.**

*Características de las unidades experimentales para siembra manual.*

Características	Descripción
Largo	4 m
Ancho	1 m
Área	4 m <sup>2</sup>
Tipo de siembra	Al voleo
Parcela Neta	1 m <sup>2</sup>



### 3.4. Variables evaluadas

#### 3.4.1. *Días al macollamiento*

Con el objetivo de medir la variable "días al macollamiento", se registraron los días transcurridos desde la siembra hasta que alrededor del 80% de las plantas de cada unidad experimental produjeron macollos. La observación se realizó de manera directa con percepción visual (Figura 12).

#### **Figura 12.**

*Evaluación de la variable días al macollamiento*



Nota: a) Experimento en fase de macollamiento

#### 3.4.2. *Días al encañado*

Se efectuó el registro de la cantidad de días desde la siembra hasta que alrededor del 80% de las plantas en cada unidad experimental alcanzaron la fase de encañado, que se caracteriza por la aparición del segundo nudo de formación en cada uno de los macollos presentes. Esta evaluación se ejecutó mediante la observación directa (Figura 13).

#### **Figura 13.**

*Cultivo de cebada en etapa de encañado.*



#### 3.4.3. *Días al embuchamiento*

Mediante apreciación visual, se registraron los días transcurridos desde la siembra hasta cuando alrededor del 80% de las plantas en cada unidad experimental alcanzaron esta fase. Esta etapa se manifiesta a través del engrosamiento del tallo en la parte superior de

las plantas, indicando el crecimiento de la espiga, pero antes de su completa emergencia (Figura 14).

**Figura 14.**

*Registro de la variable días al embuchamiento.*



Nota: a) Plantas de cebada en fase de embuchamiento

**3.4.4. Días al espigamiento**

Se registraron los días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en que alrededor del 80% de las plantas de cada unidad experimental mostraron espigas emergidas completamente (Figura 15).

**Figura 15.**

*Registro de la variable días al espigamiento*



Nota: a) Cultivo de cebada en fase de espigamiento

**3.4.5. Días a la madurez fisiológica**

La variable "días a madurez fisiológica" se midió registrando el número de días transcurridos desde la siembra hasta que aproximadamente el 80% del endospermo de los

granos de la espiga perdió completamente su coloración verdosa y presentó una coloración amarillenta, al mismo tiempo que la espiga adoptó un ángulo de aproximadamente 90 grados con respecto al tallo (Figura 16).

**Figura 16.**

*Cultivo de cebada en fase de madurez fisiológica.*



Nota: a) Cultivo de cebada completamente madura, b) Plantas de cebada con características de madurez fisiológica.

**3.4.6. Altura de planta**

Una vez el cultivo alcanzó la madurez fisiológica, se realizó la medición de la altura de la planta desde el suelo hasta el ápice de la espiga en 10 plantas seleccionadas al azar dentro de la parcela neta. La medición se llevó a cabo utilizando una cinta métrica o un flexómetro, dependiendo de la necesidad, y se registraron los resultados de cada medición en centímetros (cm), tal y como se muestra en la Figura 17.

**Figura 17.**

*Registro de la variable altura de planta*



**3.4.7. Longitud de la espiga**

Se midió la distancia desde la base de la espiga hasta el ápice en 10 espigas (las mismas utilizadas para medir la altura de la planta) por cada unidad experimental. Se hizo uso de

una regla, excluyendo las aristas de la espiga en la medición, y se registraron los datos en centímetros (cm) (Figura 18).

**Figura 18.**

*Evaluación de la variable longitud de la espiga*



**3.4.8. Número de granos por espiga**

De las mismas 10 espigas seleccionadas, se realizó el conteo de los granos correspondientes por cada unidad experimental (Figura 19).

**Figura 19.**

*Conteo del número de granos por espiga.*



**3.4.9. Severidad de enfermedades**

Se registraron los valores de severidad de roya, mancha en red y las lesiones causadas por escaladura en referencia a 5 puntos de cada unidad experimental durante los primeros 15,

30 y 45 días a partir de la primera aplicación de fungicida, que se realizó al inicio del macollamiento. Un ejemplo de una hoja con un 100% de afección se presenta en la Figura 20.

**Figura 20.**

*Presencia de Roya en las hojas de cebada.*



**3.4.10. Número de plantas establecidas en 1 m<sup>2</sup>**

Se contabilizó el número de plantas establecidas dentro de la parcela neta (1m<sup>2</sup>), se extrajeron las plantas desde raíz y se procedió a contabilizar cada una de las plantas por todas las unidades experimentales respectivamente (Figura 21).

**Figura 21.**

*Conteo del número de plantas establecidas por metro cuadrado*



### **3.4.11. Número de macollos por planta**

Se contabilizó el número de macollos presentes en la totalidad de la parcela neta (1 m<sup>2</sup>), en cada una de las unidades experimentales (Figura 22). Consecutivamente se procedió a aplicar la siguiente formula a fin de determinar el número de macollos existentes por cada una de las plantas.

$$\text{Macollos por planta} = \frac{\text{Número de macollos } 1\text{m}^2}{\text{Número de plantas establecidas}}$$

#### **Figura 22.**

*Conteo del número de macollos por unidad experimental*



### **3.4.12. Número de espigas efectivas por planta**

Se contabilizó el número de espigas efectivas presentes en la parcela neta (1 m<sup>2</sup>), en cada una de las unidades experimentales (Figura 23). Se aplicó la siguiente fórmula para determinar la variable requerida.

$$\text{Espigas efectivas por planta} = \frac{\text{Número de espigas efectivas en } 1\text{ m}^2}{\text{Número de plantas establecidas}}$$

#### **Figura 23.**

*Espigas consideradas efectivas para su debido registro.*



### 3.4.13. Porcentaje de grano con calibre $\geq$ a 2.5 mm

En cada unidad experimental se tomó una muestra de 100 g, la cual se colocó sobre una zaranda con un calibre de 2.5 mm para separar los granos e impurezas. Posteriormente, se pesaron los granos que quedaron después del proceso de separación y se estableció una relación porcentual (Figura 24).

**Figura 24.**

*Evaluación de porcentaje de grano grande*



Nota: a) Proceso de tamizado, b) Pesado, registro y separación de grano grande.

### 3.4.14. Peso de mil granos

En cada una de las unidades experimentales se contabilizaron mil granos de cebada, tomando únicamente aquellos con un calibre igual o superior a 2.5 mm, para posteriormente proceder a su pesaje y registro del dato respectivo. Los datos se registraron en gramos (Figura 25).

**Figura 25.**

*Evaluación del peso de mil granos.*



Nota: a) Conteo de mil granos, b) Pesaje y registro del dato.

### 3.4.15. *Peso Hectolítrico*

Haciendo uso de una balanza de peso hectolítrico se colocó una muestra del grano de cebada hasta colmar el recipiente, posteriormente se registró el dato que la balanza digital arrojó (Figura 26). Se repitió el proceso para cada una de las unidades experimentales. El dato se registró en  $\text{kg hl}^{-1}$ .

#### **Figura 26.**

*Registro de la variable de peso hectolítrico.*



### 3.4.16. *Rendimiento*

Se procedió a medir el peso en gramos por metro cuadrado de cada una de las unidades experimentales y se registró el nivel de humedad correspondiente. Luego, se llevó a cabo el cálculo de la producción en toneladas por hectárea, realizando un ajuste de la humedad al 12% para estandarizar los datos finales. Para el cálculo del rendimiento se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento } \frac{\text{Tn}}{\text{ha}} = \left( \text{peso } \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * \frac{10000\text{m}^2}{\text{ha}} * \frac{1\text{tn}}{1000\text{kg}}$$

### 3.4.17. *Costo de producción*

Se creó una matriz de Microsoft Excel en la que se introdujeron todos los costos empleados en la producción, detallando los costos directos e indirectos a fin de obtener el costo real de producción por cada uno de los tratamientos, finalmente los resultados se extrapolaron a una hectárea para de ese modo obtener un panorama más claro.



### **3.4.18. Relación Beneficio/Costo**

Los costos de producción de cada uno de los tratamientos se compararon con las ganancias potenciales al final del estudio, basándose en los rendimientos obtenidos. Para esta evaluación, se empleó la fórmula:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Ingresos totales netos}}{\text{Costos totales netos}}$$

Esta fórmula permitió determinar si los beneficios superan los costos cuando el resultado es mayor a 1. Si el resultado es igual a 1, significa que no se generan ganancias ni pérdidas en el proyecto. Por otro lado, si el resultado es menor a 1, indica que los costos superan a los beneficios. Esta metodología ayudó a analizar la viabilidad económica de cada tratamiento en el estudio.

## **3.5. Manejo del Experimento**

### **3.5.1. Selección del predio**

Se seleccionó el predio correspondiente para el establecimiento del ensayo. Las condiciones para la elección se basaron en un espacio de terreno con área suficiente, sin ninguna fuente de variación como sombras de árboles, con riego y de fácil acceso (Figura 27).

#### **Figura 27.**

*Medición y selección del predio*



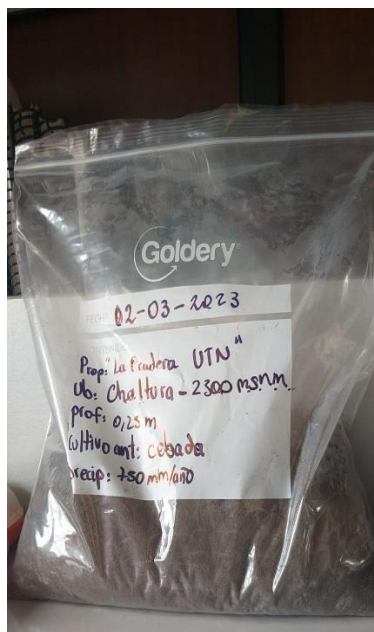
### **3.5.2. Análisis de suelo**

Se estableció un sistema de muestreo de suelo en el espacio seleccionado, utilizando cinco puntos distribuidos en forma de cruz. Se excavó a una profundidad de 0.25 m en cada

punto, tomando submuestras. Las submuestras se mezclaron homogéneamente, y se seleccionó un kg de la mezcla resultante, que se colocó en una bolsa hermética, se etiquetó y procedió a enviar al laboratorio para su respectivo análisis (Figura 28). Los resultados obtenidos se detallan en el Anexo 1.

**Figura 28.**

*Muestra de suelo debidamente etiquetada.*



**3.5.3. Preparación del terreno**

Para la preparación del suelo, se aplicó inicialmente un herbicida no selectivo a base de glifosato en el área experimental y sus alrededores, utilizando una bomba estacionaria. Después de esperar 15 días, se llevaron a cabo dos pases de arado y dos de rastra respectivamente. Posteriormente se procedió a realizar la señalización de cada una de las unidades experimentales de acuerdo al diseño propuesto, para continuar con la siembra de manera efectiva

**3.5.4. Siembra**

En la siembra manual, se utilizaron dosis específicas, aplicando la técnica al voleo de manera uniforme y evitando la dispersión de semillas fuera de la zona designada. En el caso de la siembra mecanizada, se emplearon dosis de semilla conforme a las especificaciones y se simuló el uso de una sembradora, distribuyendo las semillas en seis surcos con una distancia de 0.15 m entre ellos. La cantidad de semilla utilizada por cada tratamiento se detalla en la Tabla 8.

**Tabla 8.***Cantidad de semilla utilizada en la siembra según su densidad.*

Densidades (kg ha <sup>-1</sup> )	Cantidad se semilla por UE (4 m <sup>2</sup> )
75	30g
100	40g
125	50g
150	60g

### 3.5.5. Fertilización

Con base en el análisis de suelo se realizó un esquema de fertilización a fin de suplir las necesidades nutricionales del cultivo, la fertilización se llevó a cabo en dos periodos. La primera se realizó conjuntamente con la siembra, y la fertilización complementaria se realizó en la etapa de macollamiento del cultivo. El método de aplicación de la fertilización fue de manera edáfica y manual. Las dosis y fuentes de fertilización se describen en la Tabla 9.

**Tabla 9.***Esquema de fertilización utilizada en el ensayo.*

Fuente de fertilización			Dosis Parcela (4 m <sup>2</sup> )	
Concentración fertilizantes	Siembra:			
12N-24P-12K	150	kg ha <sup>-1</sup>	60	g parcela <sup>-1</sup>
Total	150	kg ha <sup>-1</sup>		
	Macollamiento:			
28N-4P-6S	100	kg ha <sup>-1</sup>	40	g parcela <sup>-1</sup>
15N-4P-4Mg-23K-2S	50	kg ha <sup>-1</sup>	20	g parcela <sup>-1</sup>
21N-11CaO-7.5MgO	35	kg ha <sup>-1</sup>	14	g parcela <sup>-1</sup>
Total	185	kg ha <sup>-1</sup>	74	g parcela <sup>-1</sup>

### 3.5.6. Control fitosanitario

El control se lo realizó en dos fechas determinadas, de acuerdo a la presencia de arvenses y desarrollo de enfermedades de origen fúngico, la primera se realizó al inicio del macollamiento y la segunda en la etapa de encañamiento. Las aplicaciones se realizaron en primera instancia con el uso de la bomba estacionaria y la aplicación complementaria mediante el uso de una bomba de mochila. Los productos utilizados se detallan en la Tabla 10.

**Tabla 10.***Productos aplicados en el control fitosanitario del cultivo*

Ingrediente activo	Función	Etapas de aplicación	Dosis
Propiconazole	Fungicida	Macollamiento	0.5 L ha <sup>-1</sup>
Metzulfurón methyl	Herbicida selectivo control de hoja ancha.	Macollamiento	12.5 g ha <sup>-1</sup>
Difenoconazole	Fungicida	Encañamiento	0.6 L ha <sup>-1</sup>

Además, se realizaron limpiezas constantes de caminos y al interior de cada una de las parcelas de manera manual, a fin de eliminar malezas que afecten al desarrollo del cultivo y se conviertan en vectores de enfermedades (Figura 29).

**Figura 29.**

*Limpieza de caminos de manera manual.*



**3.5.7. Colocación de ahuyentadores de aves**

En la etapa de maduración del grano se evidenció la presencia de aves dentro del ensayo, mismas que estaban ocasionando caída del grano; de este modo se colocaron bolsas de plástico sobre la totalidad del ensayo, a fin de que el movimiento de las mismas genere sonido suficiente ahuyentando así su presencia (Figura 30).

**Figura 30.**

*Bolsas plásticas colocadas sobre el ensayo.*



**3.5.8. Cosecha**

Una vez que la totalidad del ensayo presentó madurez fisiológica se procedió a la cosecha de manera manual, misma que inició con las plantas que se encontraban en cada una de las parcelas netas de cada unidad experimental, para proceder al conteo de variables finales en campo y finalmente a su debido almacenamiento en sacos debidamente señalados (Figura 31).

**Figura 31.**  
*Labores de cosecha del ensayo*



### **3.5.9. Trillado**

Concluida la fase de cosecha, se empleó una trilladora mecánica para procesar cada unidad experimental de manera individual. Posteriormente, se llevó a cabo la limpieza meticulosa del grano obtenido, garantizando la calidad del material. Las cosechas resultantes se almacenaron cuidadosamente en bolsas debidamente etiquetadas para finalmente ser trasladadas al laboratorio donde se llevaron a cabo los análisis de variables en la fase postcosecha (Figura 32).

**Figura 32.**  
*Trillado del grano y limpieza.*



Nota: a) Labores de trillado del ensayo b) Almacenamiento del grano limpio para análisis postcosecha

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

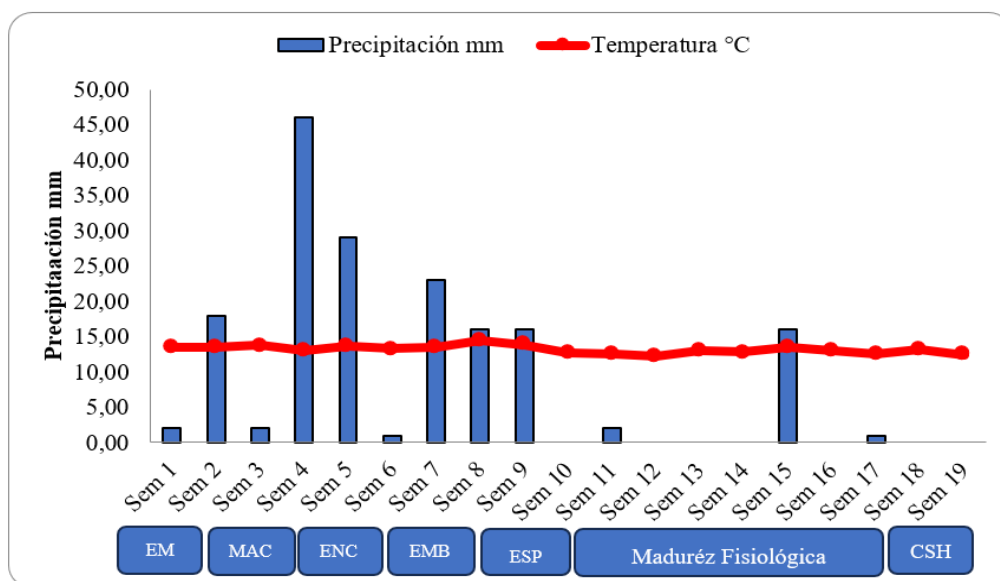
Durante el proceso, se realizaron evaluaciones detalladas de múltiples variables que inciden en los aspectos agronómicos, de calidad y económicos. Estas variables son cruciales para un análisis fundamentado y crítico, respaldado por la experiencia obtenida antes, durante y después de su culminación.

#### 4.1. Análisis agroclimático de la zona de estudio.

A lo largo del proceso de desarrollo del cultivo, se realizó la recopilación de datos diarios de precipitación mediante el uso de un pluviómetro, acompañado del registro correspondiente de la temperatura media. De esta manera, se buscó complementar el análisis del comportamiento del cultivo en relación con las condiciones agroclimáticas reales durante su desarrollo. (Figura 33).

#### Figura 33.

*Desarrollo agronómico del cultivo de cebada en relación con precipitación y temperatura.*



Nota: EM=Emergencia; MAC=Macollamiento; ENC=Encañado; EMB=Embuchado; ESP= Espigado; CSH= Cosecha

La Figura 33 muestra de manera clara el comportamiento de las precipitaciones y temperatura durante las diferentes fases del cultivo, mismo que muestra que en la fase de madurez fisiológica se presentó una ausencia considerable de precipitaciones, así como en las épocas de emergencia y macollamiento. Estas consideraciones fueron elementales

para asociar los resultados de las variables de estudio en función de lo obtenido de manera real.

## 4.2. Días al macollamiento

### 4.2.1. Siembra manual

La tabla 11 correspondiente al análisis de varianza para la variable días al macollamiento bajo el sistema de siembra manual, refleja que existe interacción entre las fuentes de variación: materiales de cebada y densidad de siembra ( $p=0.0212$ ).

**Tabla 11.**

*Análisis de la varianza para la variable días al macollamiento bajo el sistema de siembra manual.*

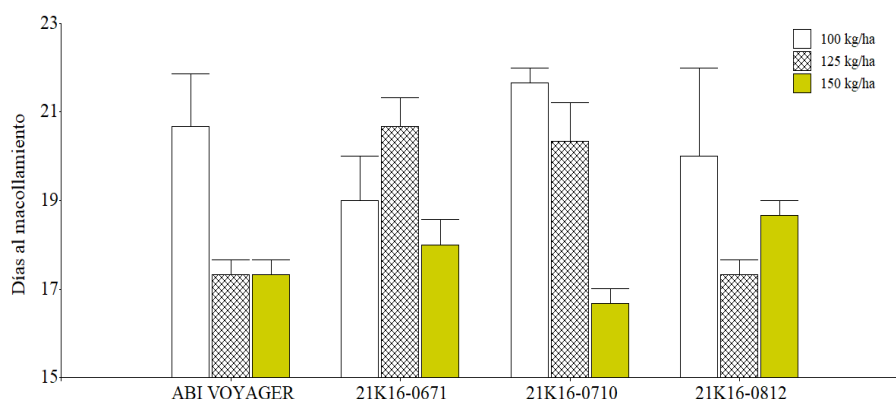
Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	1.07	0.3805
Densidad	2	22	9.87	0.0009
Material:Densidad	6	22	3.18	0.0212

La Figura 34 revela claras disparidades en lo que respecta a la variable de días al macollamiento. Se evidencia que, bajo una densidad de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ , los datos son comparables, con una media de 19 días en la línea 21K16-0671 considerada como la menor, en contraste con la línea 21K16-0710 que tiene una media de 21.67 días para completar su fase, indicando una diferencia aproximada de 3 días entre ellas.

En el caso de los tratamientos con una densidad de siembra de  $125 \text{ kg ha}^{-1}$ , la variedad ABI Voyager, al igual que la línea 21K16-0812 presentan el menor número de días para completar esta fase, con una media compartida de 17.33 días, en comparación con la línea 21K16-0671, que registra una media de 20.67 días, mostrando un incremento del 16.15% en la duración de la fase. Por último, los tratamientos con una densidad de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  muestran similitud en los días necesarios para completar la fase de macollamiento. Los datos oscilan entre 17.33 y 18.67 días, correspondientes a la variedad ABI Voyager y la línea 21K16-0812, respectivamente, demostrando una diferencia de menos de dos días entre ellos.

**Figura 34.**

*Días al macollamiento para el sistema de siembra manual.*



La figura 34 muestra notables variaciones en los días al macollamiento entre distintas densidades de siembra para cada material en estudio. Para la línea 21K16-0671, la densidad de 150 kg ha<sup>-1</sup> presenta una media de 18.00 días, siendo un 12.92% menos que la densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>, que registra una media de 20.67 días.

Por otro lado, para el material 21K16-0710, la densidad de 150 kg ha<sup>-1</sup> exhibe una disminución del 23.53% en relación con la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, con medias de 16.67 y 21.67 días, respectivamente. En cuanto al material 21K16-0812, la densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup> muestra una disminución del 15.83% en comparación con la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, con medias de 17.33 y 20.00 días, respectivamente. Finalmente, para la variedad ABI Voyager, la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> presenta un aumento del 19.19% en comparación con las densidades de 125 kg ha<sup>-1</sup> y 150 kg ha<sup>-1</sup>, que comparten la misma media de 17.33 días.

#### **4.2.2. Siembra mecanizada**

La Tabla 12, correspondiente al ADEVA de la presente variable muestra que existe interacción entre los materiales de cebada y las diferentes densidades estudiadas, con un valor ( $p=0.0109$ ).

**Tabla 12.**

*Análisis de la varianza para la variable días al macollamiento bajo el sistema de siembra mecanizada.*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	4.09	0.0189
Densidad	2	22	3.33	0.0547
Material:Densidad	6	22	3.69	0.0109

De acuerdo con la Figura 35 se evidencia que existe similitud en los días al macollamiento para los tratamientos bajo la densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>, existiendo únicamente una mínima

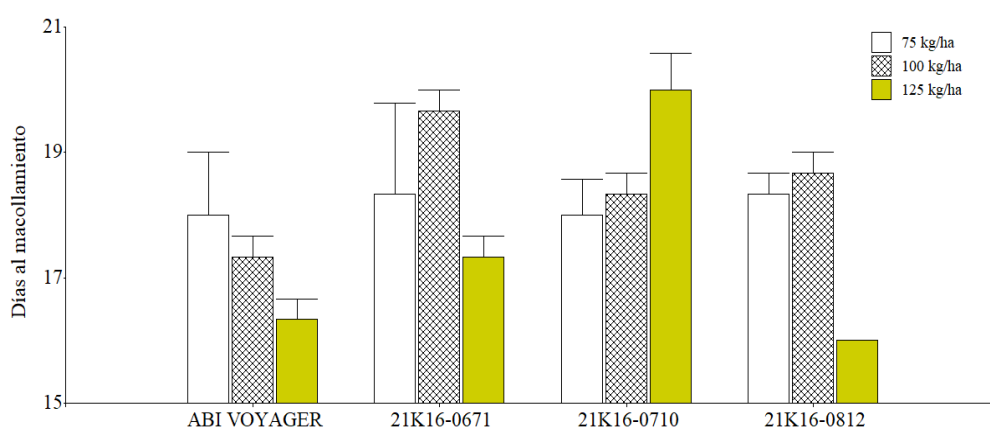


diferencia de 0.33 días entre el menor 21K16-0710 y ABI Voyager (ambos con una media de 18 días) y 21K16-0671 y 21K16-0812, mismos que comparten una media de 18.33 días. Por otro lado, para los tratamientos con densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> existe una diferencia de 2.34 días entre la variedad ABI Voyager con una media de 17.33 días, considerada como la de menor tiempo y la línea 21K16-0671 con una media de 19.67 días, siendo esta la de mayor tardanza en llegar al macollamiento.

Finalmente, para los tratamientos sometidos a la densidad mayor se ha logrado evidenciar similitud entre la variedad ABI Voyager, 21K16-0671 y 21K16-0812 cuyos valores se encuentran entre los 16 a 17.33 días; muy al contrario de la línea 21K16-0710 que destacó con una media de 20 días hasta llegar a la fase de macollamiento bajo un sistema de siembra por surcos.

**Figura 35.**

*Días al macollamiento para el sistema de siembra mecanizada*



En el caso de la línea 21K16-0671, la densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup> destaca con una media de 17.33 días, el menor tiempo registrado. Para 21K16-0710, la preferencia es bajo la densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>, con una media de 18 días, indicando el tiempo más corto hasta el macollamiento. En 21K16-0812, la elección óptima es la densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>, con una media de 16 días. Por último, para la variedad ABI Voyager, se reitera que la densidad mayor, presentó un menor tiempo hasta que alcancen la fase fenológica requerida.

En líneas generales, los resultados concernientes a la variable de días al macollamiento no evidencian grandes disparidades en los lapsos temporales necesarios para alcanzar dicha fase fenológica, según los distintos métodos de siembra empleados. En el contexto de la siembra manual, se registró un rango que oscila entre 15 y 22 días como máximo. Contra puntualmente, la siembra mecanizada exhibió un inicio más tardío a los 16 días, culminando prematuramente a los 20 días. Estos resultados discrepan con el análisis de

Chonte y Pillahuin (2023) quienes bajo condiciones de siembra similares presentaron un intervalo de 28 a 31 días hasta el macollamiento haciendo uso de siembra mecánica.

No obstante, en su análisis titulado "*Respuesta agronómica de 18 líneas de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) con manejo fitosanitario en la Granja Experimental La Pradera, Chaltura Imbabura,*" Sánchez (2023) informa que, bajo condiciones agroclimáticas similares, el período necesario para alcanzar el macollamiento fue de 21 días después de la siembra. Este resultado contrasta con los datos obtenidos, lo que indica que, independientemente del sistema o densidad de siembra, los datos se mantuvieron dentro del rango previamente establecido.

Además, cabe señalar que FAO (2016) establece que el macollamiento ocurre entre los 20 y 29 días después de la siembra, indicando que la mayoría de los tratamientos considerados, incluso aquellos que se consideraron tardíos, presentaron intervalos inferiores a las recomendaciones establecidas.

Aunque la siembra mecanizada y manual difieren en aspectos como la regularidad, el adecuado tapado de las semillas, la distribución espacial, entre otros, se observa que ni la genética de las variedades ni las prácticas de densidad de siembra ejercen un control significativo sobre la fase de macollamiento en las condiciones experimentales analizadas (Huiza, 2008).

### 4.3. Días al encañado

#### 4.3.1. Siembra manual

La Tabla 13 correspondiente al análisis de varianza para los días al encañado bajo el sistema de siembra manual reflejan que no existe interacción entre las fuentes de variación: materiales de cebada y densidad ( $p=0.9984$ ). Asimismo, se identifica que no existen diferencias significativas entre densidades, independientemente de los materiales de cebada ( $p=0.3901$ ), al igual que no se registran diferencias significativas entre los materiales de cebada, independientemente de la densidad ( $p=0.6156$ ).

**Tabla 13.**

*ADEVA para la variable días al encañado bajo el sistema de siembra manual*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	0.61	0.6156
Densidad	2	22	0.98	0.3901
Material:Densidad	6	22	0.07	0.9984

A pesar de no existir interacción entre las fuentes de variación antes mencionadas, el análisis particular para los días al encañado bajo el sistema de siembra manual por parte

de los materiales estudiados, reflejan que ABI Voyager registra la menor media con 40.11 días, seguido por 21K16-0671 con 40.67 días, 21K16-0812 con 40.78 días y 21K16-0710 con la media más alta, 41.22 días hasta llegar a la fase de encañado; resultando en que ABI Voyager reflejó la menor cantidad de días hasta el encañado en comparación con los otros materiales (Tabla 14).

**Tabla 14.**

*Días al encañado entre las variedades estudiadas bajo el sistema de siembra manual (Medias  $\pm$  Error Estándar)*

Materiales	Promedio	Error Estándar.
21K16-0671	40.67	0.53
21K16-0710	41.22	0.62
21K16-0812	40.78	0.66
ABI Voyager	40.11	0.31

Por otra parte, al analizar el comportamiento de la variable con respecto a las densidades utilizadas se puede determinar que a una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, la media es de 40.17 días. Esta cifra aumenta a 40.75 días a una densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup> y alcanza los 41.17 días a una densidad de 150 kg ha<sup>-1</sup>. Este análisis proporciona una visión clara de cómo los días hasta el encañado varían según la densidad de siembra, siendo menores a 100 kg ha<sup>-1</sup> y mayores a 150 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 15).

**Tabla 15.**

*Días al encañado entre las densidades estudiadas bajo el sistema de siembra manual (Medias  $\pm$  Error Estándar)*

Densidades	Promedio	Error Estándar
100 kg ha <sup>-1</sup>	40.17	0.39
125 kg ha <sup>-1</sup>	40.75	0.58
150 kg ha <sup>-1</sup>	41.17	0.41

#### 4.3.2. Siembra mecanizada

La Tabla 16 refleja que existe interacción entre las fuentes de variación materiales y densidades, reflejando un valor ( $p=0.0453$ ).

**Tabla 16.**

*ADEVA para la variable días al encañado bajo el sistema de siembra mecanizada*

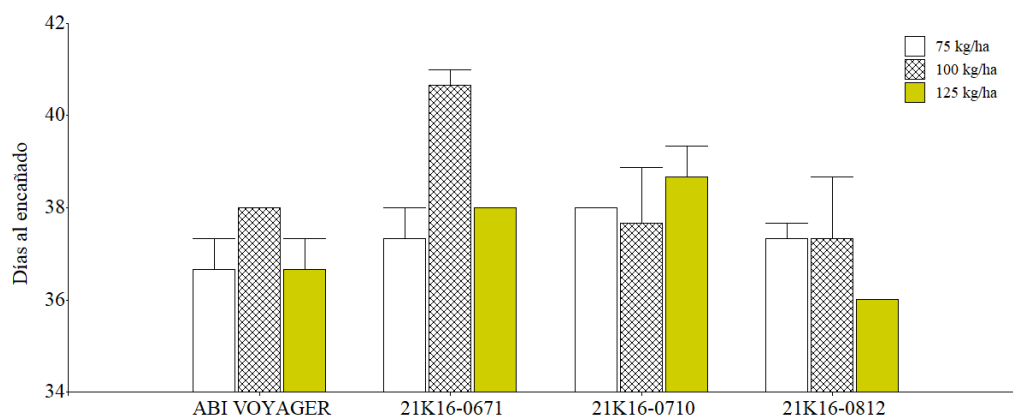
Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	5.54	0.0055
Densidad	2	22	4.11	0.0304
Material:Densidad	6	22	2.62	0.0453

La Figura 36 exhibe de manera clara que en los tratamientos bajo la densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>, los días transcurridos hasta alcanzar la fase de encañado en 21K16-0671 y 21K16-0812 fueron de 37.33 días, para 21K16-0710 con 38.00 días, ABI Voyager con 36.67 días, siendo esta última la que presenta la media más baja.

Al aumentar la densidad a 100 kg ha<sup>-1</sup>, las medias cambian: 21K16-0671 con 40.67 días, 21K16-0710 con 37.67 días, 21K16-0812 consolidándose como la de menor duración con 37.33 días y ABI Voyager con 38.00 días. Finalmente, a una densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>, las medias fueron: 21K16-0671 con 38 días, 21K16-0710 con 38.67 días, ABI Voyager con 36.67 días y 21K16-0812 con 36 días, destacándose nuevamente como la que presentó una media menor en cuanto a los días necesarios hasta alcanzar la fase de encañado.

**Figura 36.**

*Días al encañado bajo el sistema de siembra mecanizada.*



Por otro lado, la Figura 36 complementa mostrando que para el material 21K16-0671, la densidad de siembra de 75 kg ha<sup>-1</sup> exhibe la media más baja de días hasta el encañado, con 37.33 días, mientras que a 100 kg ha<sup>-1</sup> se registra la media más alta, con 40.67 días, generando una diferencia de 3.34 días. En cuanto al material 21K16-0710, la densidad de siembra de 100 kg ha<sup>-1</sup> presenta la media más baja, con 37.67 días, en contraste con la mayor densidad, que registró una media de 38.67 días.

Por último, en el caso de 21K16-0812, la densidad de siembra de 125 kg ha<sup>-1</sup> muestra la media más baja, con 36 días, en contraste con las densidades de 75 y 100 kg ha<sup>-1</sup>, que manifestaron la misma media de 37.33 días. En cuanto a ABI Voyager, las densidades de 75 y 125 kg ha<sup>-1</sup> exhibieron la media similar más baja con 36.67 días, mientras que a 100 kg ha<sup>-1</sup> muestra la media más alta con 38.00 días, generando una diferencia de 1.33 días entre los diversos resultados. De este modo se determina que la combinación más favorable para minimizar los días hasta el encañado es utilizar el material 21K16-0812 a

125 kg ha<sup>-1</sup> puesto que manifestó una menor cantidad de días hasta alcanzar la fase del encañado, bajo la siembra mecanizada.

En términos generales, se observaron variaciones significativas en los días requeridos para el encañamiento entre los sistemas de siembra examinados. Para el sistema de siembra manual, el intervalo de días necesario osciló entre 40 y 41 días, careciendo de diferencias estadísticamente aceptables. No obstante, esta cifra se mantiene como prematura en comparación con los resultados de Suárez y Villavicencio (2010) quienes registraron un rango de 43 a 49 días hasta la fase de encañado. En contraste, el sistema de siembra mecanizada exhibió una reducción en los días necesarios para alcanzar esta etapa, con un rango de entre 36 y 41 días como máximo. Estos resultados discrepan significativamente de los obtenidos por Chonte y Pillahuin (2011) mismos que reportaron un mínimo de 44 días, superando incluso los valores más altos en la presente investigación.

Las notables disparidades observadas se pueden atribuir a las singulares condiciones agroclimáticas presentadas. Durante la fase de encañado, el ensayo registró una temperatura promedio de 17 °C, en contraste con investigaciones anteriores que operaron en un rango térmico entre 13 y 15 °C. Este contraste destaca la importancia de las observaciones de Suárez y Villavicencio (2010), quienes sugieren que, aunque una temperatura inicial óptima puede ser tan baja como 6 °C, a medida que progresa el cultivo, se necesita un aumento y estabilización en el rango de 17 a 18 °C para optimizar diversas características del mismo. Esta variabilidad térmica no solo influye directamente en el rendimiento del cultivo, sino que también afecta el desarrollo de posibles enfermedades (Anderson et al., 1995).

En adición, el análisis realizado por Flores (2023), el cual se enfocó en la evaluación de diversas características agronómicas, incluyendo los días al macollamiento en las variedades Andreia, INIAP-Cañicapa y Alpha, reveló medias de 52, 48 y 46 días, respectivamente. Estas cifras presentan una divergencia sustancial con los resultados obtenidos en el actual estudio. Tal disparidad señala la contribución significativa del material genético en la adaptación y en la duración de los intervalos temporales entre las diferentes fases fenológicas del cultivo.

Factores inherentes a las características genéticas de las variedades, como la expresión de genes relacionados con el macollamiento, pueden influir de manera determinante en estos lapsos temporales específicos, subrayando la importancia de considerar la variabilidad

genética al interpretar y aplicar los resultados de estudios agronómicos (Velasco et al., 2020).

#### 4.4. Días al embuchamiento

##### 4.4.1. Siembra manual

La Tabla 17 muestra que no existe interacción entre las fuentes de variación en estudio ( $p=0.9982$ ), de igual manera se exhibe que no existe diferencia significativa entre las densidades estudiadas, independientemente de los materiales de cebada ( $p=0.4282$ ), como tampoco existe diferencia significativa entre los materiales estudiados, independientemente de la densidad utilizada ( $p=0.7917$ ), para los días al embuchamiento bajo la siembra manual.

**Tabla 17.**

*ADEVA para la variable días al embuchamiento para el sistema de siembra manual*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	0.35	0.7917
Densidad	2	22	0.88	0.4282
Material:Densidad	6	22	0.07	0.9982

La Tabla 18 muestra que a pesar de que no existen diferencias significativas estadísticamente hablando, se puede evidenciar ligeras variaciones entre los días transcurridos hasta alcanzar la fase de embuchamiento en el cultivo de cebada, donde se destaca que independientemente de la densidad de siembra la variedad ABI Voyager, presenta la menor cantidad de días, con una media de 52.11 días; similar a la línea 21K16-0671 la cual presenta una media de 52.44 días, considerada como la más tardía; sin embargo sus diferencias se sitúan a menos de un día de diferencia.

**Tabla 18.**

*Días al embuchamiento entre los materiales estudiados bajo el sistema de siembra manual (Medias  $\pm$  Error Estándar).*

Materiales	Promedio	Error Estándar
21K16-0671	52.44	0.41
21K16-0710	52.78	0.46
21K16-0812	52.44	0.53
ABI Voyager	52.11	0.31

De acuerdo al análisis por cada densidad, independientemente del material, se puede observar que la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> presenta una media de 52.08 días, a contraste de los tratamientos bajo la densidad de 150 kg ha<sup>-1</sup>, los cuales sitúan el alcanzar la fase de embuchamiento menos de un día de diferencia. (Tabla 19).

**Tabla 19.**

*Días al embuchamiento entre las densidades estudiadas bajo el sistema de siembra manual (Medias  $\pm$  Error Estándar).*

Densidades	Promedio	Error Estándar
100 kg ha <sup>-1</sup>	52.08	0.34
125 kg ha <sup>-1</sup>	52.42	0.47
150 kg ha <sup>-1</sup>	52.83	0.27

#### 4.4.2. Siembra mecanizada

La Tabla 20 muestra de manera clara que existe interacción entre las fuentes de variación materiales de cebada y densidades en estudio ( $p=0.0471$ ), para la variable días al embuchamiento correspondientes a los tratamientos bajo el sistema de siembra mecanizada.

**Tabla 20.**

*ADEVA para la variable días al embuchamiento para el sistema de siembra mecanizada*

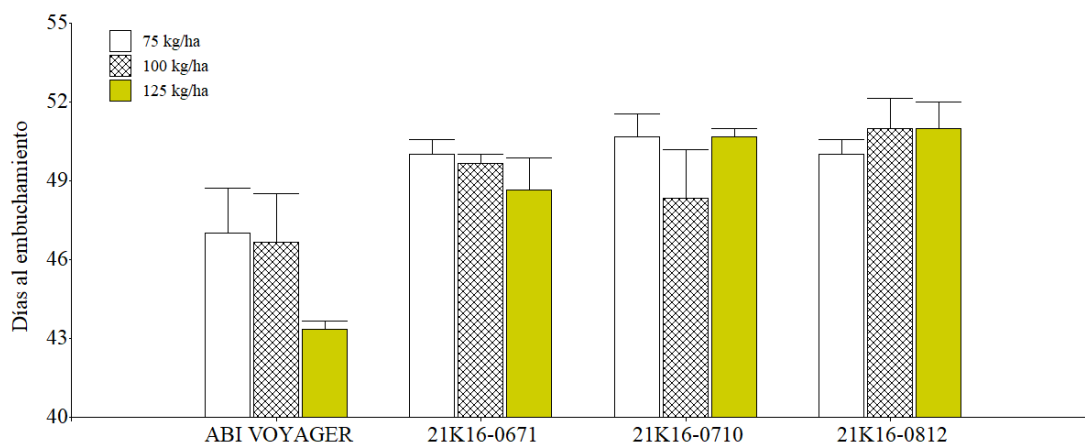
Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	11.58	0.0001
Densidad	2	22	0.78	0.4709
Material:Densidad	6	22	1.49	0.0471

La Figura 37, correspondiente a los días transcurridos hasta llegar a la fase de embuchamiento arrojan resultados similares en cuanto a las densidades utilizadas, dentro de las cuales se destaca que para la densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>, ABI Voyager presenta la menor media de 47 días, mientras que 21K16-0812 y 21K16-0671 registran medias de 50 y 50.67 días, respectivamente, con una brecha de 3.67 días de diferencia entre la más tardía y la más precoz.

Para la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, ABI Voyager conserva la menor media con 46.67 días, mientras que 21K16-0671 y 21K16-0710 presentan medias de 49.67 y 48.33 días, respectivamente, en este caso la línea 21K16-0812 presentó la mayor cantidad de días con una media de 51. Por su parte, para los tratamientos bajo una densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>, ABI Voyager mantiene su liderazgo con la media más baja de 43.33 días, seguido por 21K16-0671 y 21K16-0710 con medias de 48.67 y 50.67 días, respectivamente. Nuevamente la línea 21K16-0812, son sus 51 días, se consideró como la más tardía en alcanzar la fase fenológica descrita.

**Figura 37.**

*Días al embuchamiento bajo el sistema de siembra mecanizada.*



La figura presentada con anterioridad, añade que para la línea 21K16-0812, tanto en las densidades de 125 kg ha<sup>-1</sup> como de 100 kg ha<sup>-1</sup>, se registra una media de 51 días, sin ninguna variación entre ellas, a diferencia que en la densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>, la media reduce a 50 días. Para la línea 21K16-0710, tanto en las densidades de 125 kg ha<sup>-1</sup> como de 75 kg ha<sup>-1</sup>, la media es de 50.67 días. Para la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, la media disminuye a 48.33 días, con una diferencia de 2.34 días entre ellas.

Por su parte, la línea 21K16-0671 presenta que en las densidades de 100 kg ha<sup>-1</sup> y 125 kg ha<sup>-1</sup>, la media es de 49.67 y 48.67 días respectivamente, con mínima diferencia, en contraste con la densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>, en la cual la media aumenta a 50 días. Finalmente, para la variedad ABI Voyager se muestra una disminución progresiva en las medias a medida que aumenta la densidad, denotando que se logra la fase de encañamiento en 47 días a 75 kg ha<sup>-1</sup>, 46.67 días a 100 kg ha<sup>-1</sup>, y 43.33 días a 125 kg ha<sup>-1</sup>.

De manera general, para la variable en cuestión se observa que la combinación ABI Voyager a una densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup> presenta la menor media, con 43.33 días. En contraste, la combinación 21K16-0812 a una densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup> exhibe la mayor media, con 51 días, bajo el sistema de siembra mecanizada. Los resultados demuestran que bajo el sistema de siembra manual entre los 52 días se alcanzó la fase de embuchamiento en la totalidad de las unidades experimentales de los diferentes tratamientos, contraponiéndose a lo expresado por Ramirez (2023), en donde en su evaluación de diferentes densidades bajo el sistema de siembra al voleo obtuvo que los días necesario hasta alcanzar el embuchamiento fueron desde los 52 días hasta los 56 días.



Por otro lado, Abad (2017) analizó la variable de días al embuchamiento y encontró que, al utilizar maquinaria para la siembra, los diferentes tratamientos tardaron entre 57 y 63 días en alcanzar esta fase. Esto contrasta significativamente con los resultados del presente ensayo, donde se alcanzó el embuchamiento en un período de 43 a 51 días.

La comparación entre la siembra manual y mecanizada revela que el proceso manual tiende a alcanzar el embuchamiento más tarde que el método mecanizado. Según Grupo Modelo México (2019), la siembra en surcos presenta ventajas como la uniformidad en la emergencia de semillas y la consistencia en la madurez del grano, lo que reduce el uso de agroquímicos y acelera el tiempo necesario para la cosecha. Esto conlleva un desarrollo más rápido del cultivo, aumentando la eficiencia temporal en la producción agrícola y potencialmente mejorando la capacidad de respuesta ante condiciones climáticas variables.

#### 4.5. Días al espigado

##### 4.5.1. Siembra manual

La Tabla 21 correspondiente al ADEVA para la variable de días al espigado bajo el sistema de siembra manual, refleja que no existe interacción entre las fuentes de variación presentes ( $p=0.9966$ ), de manera similar indica que no existe diferencia significativa entre las densidades estudiadas independientemente de los materiales ( $p=0.4474$ ), así como existe nula diferencia significativa entre los materiales de cebada estudiados ( $p=0.8371$ ), independientemente de las densidades propuestas.

**Tabla 21.**

*ADEVA para la variable días al espigado para el sistema de siembra manual*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	0.28	0.8371
Densidad	2	22	0.83	0.4474
Material:Densidad	6	22	0.09	0.9966

Aunque no se hayan presentado interacción entre las fuentes de variación, ni diferencia significativa independientemente en cada una de estas, mediante la Tabla 22 se puede identificar que con respecto a los materiales estudiados el que presenta favorablemente menos días hasta alcanzar esta fase fenológica es ABI Voyager con 61.11 días, seguido por 21K16-0671 y 21K16-0812 con medias de 61.78 días cada uno, y finalmente 21K16-0710 con una media de 62.44 días (Tabla 22).

**Tabla 22.**

*Días al espigado entre los materiales estudiados bajo el sistema de siembra manual (Medias  $\pm$  Error Estándar).*

Materiales	Promedio	Error Estándar
21K16-0671	61.78	0.91
21K16-0710	62.44	1.02
21K16-0812	61.78	1.19
ABI Voyager	61.11	0.72

Del mismo modo, de acuerdo al estudio de las densidades para la presente variable se determinó que para los tratamientos bajo la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> presenta la media de menos días, con 61.08 días, seguida por la densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>, que presenta una media de 61.58 días, mientras que la densidad de 150 kg ha<sup>-1</sup> exhibe la media más alta, con 62.72 días (Tabla 23).

**Tabla 23.**

*Días al espigado entre las densidades estudiadas bajo el sistema de siembra manual (Medias  $\pm$  Error Estándar).*

Densidades	Promedio	Error Estándar
100 kg ha <sup>-1</sup>	61.08	0.77
125 kg ha <sup>-1</sup>	61.58	1.05
150 kg ha <sup>-1</sup>	62.72	0.54

#### 4.5.2. Siembra mecanizada

De acuerdo al análisis de varianza para la variable de días al espigado correspondiente a la siembra mecanizada, expresa que existe interacción entre las dos fuentes de variación (materiales de cebada y densidades de siembra) con un valor ( $p=0.0421$ ).

**Tabla 24.**

*ADEVA para la variable días al espigado para el sistema de siembra mecanizada.*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	11.33	0.0001
Densidad	2	22	1.19	0.3224
Material:Densidad	6	22	1.14	0.0421

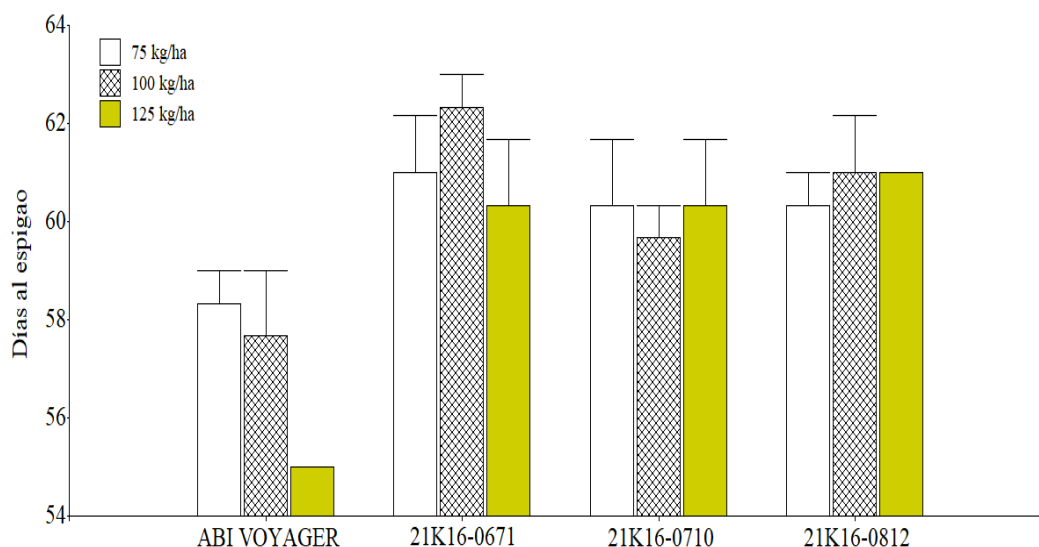
La Figura 38, complementa la información, exponiendo que a 75 kg ha<sup>-1</sup> se destaca la variedad ABI Voyager mostrando una media de 58.33 días, seguido por 21K16-0710 y 21K16-0812 con medias de 60.33 días, con una diferencia de 2 días entre ellos, mientras que por su parte 21K16-0671 presentó la media más elevada, con 61 días.

Con una marcada diferencia de 3.33 días entre la media más alta y la más baja, la densidad de siembra de 100 kg ha<sup>-1</sup> exhibe que ABI Voyager destaca con la menor media de 57.67 días, mientras que 21K16-0710 y 21K16-0812 muestran medias de 59.67 y 61.00 días, respectivamente, se reitera que 21K16-0671 exhibe una mayor cantidad de días necesarios para alcanzar el espigado con 62.33 días en su haber.

En el caso de los tratamientos bajo la densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>, ABI Voyager mantiene su destacada posición con la menor media de 55.00 días, en contraste con 21K16-0812 que presentó una cantidad superior de 61 días hasta espigar.

**Figura 38.**

*Días al espigado bajo el sistema de siembra mecanizada*



La Figura 38 añade que para el caso de la línea 21K16-0671, la densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup> presenta la menor media de días al espigado con 60.33 días, mientras que la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> tiene la mayor media con 62.33 días, reflejando una diferencia de 2 días. Por su parte, en la línea 21K16-0710, la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> presentó una menor demanda en los días para el espigado con 59.67 días, en contraste con las dos densidades estudiadas ya que comparten 60.33 días como media.

Del mismo modo, en la línea 21K16-0812, las densidades de 100 kg ha<sup>-1</sup> y 125 kg ha<sup>-1</sup> comparten la mayor media de días al espigado con 61.00 días, mientras que la densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup> presenta una media ligeramente inferior con 60.33 días, lo cual se considera no representativo. Finalmente, para la variedad ABI Voyager, la densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup> muestra la menor media de días al espigado con 55 días, en comparación con la densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup> que tiene la mayor media de 58.33 días, reflejando una diferencia de 2.33 días entre ellos.

Con estos antecedentes, se deduce que la variedad ABI Voyager a una densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup> sembrada en surcos muestra la mejor media con 55 días, lo cual lo hace más recomendable debido a su menor tiempo requerido para alcanzar dicho estado. Por el

contrario, el material 21K16-0671 a una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> presenta la menos favorable, ya que exhibe la mayor media con 62.33 días.

La siembra manual no mostró diferencias significativas en la interacción entre los materiales y las diversas densidades de siembra. Los días necesarios para el espigado oscilaron entre 61 y 63 días después de la siembra, lo que se considera tardío en comparación con la siembra mecanizada. Esta última comenzó a mostrar espigado a los 55 días y completó el proceso en 63 días. Estos hallazgos contrastan con los de Flores (2023), quien, al analizar tres variedades de cebada en la Granja Experimental La Pradera, Chaltura, obtuvo tiempos medios de espigado de 59, 62 y 66 días, indicando que el factor climático no influyó en esta variable.

Sin embargo, según la recomendación de Arellano (2010), normalmente la fase de espigado en cebada maltera abarca desde los 75 hasta los 80 después de la siembra, demostrando que independientemente del sistema de siembra aplicado, estos se sitúan bajo del promedio, siendo considerados precoces y acelerando su ciclo hasta la cosecha.

#### 4.6. Días a la madurez fisiológica

##### 4.6.1. Siembra manual

De acuerdo con el análisis de la varianza correspondiente a la siembra manual para la variable días a la madurez fisiológica, se logra identificar que no existe interacción entre las fuentes de variación materiales de cebada y densidades de siembra ( $p=0.1674$ ), del mismo modo para la densidad, independientemente de los materiales en estudio no se encuentran diferencias significativas ( $p=0.2018$ ), asimismo como no se encuentra diferencia significativa entre los materiales de cebada ( $p=0.9143$ ), independientemente de las densidades de siembra (Tabla 25).

**Tabla 25.**

*ADEVA para la variable días a la madurez fisiológica bajo el sistema de siembra manual.*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	0.17	0.9143
Densidad	2	22	1.72	0.2018
Material:Densidad	6	22	1.70	0.1674

En concordancia con lo expuesto, la Tabla 26 muestra de manera clara que todos los materiales de cebada presentan una media de entre 104 a 105 días para llegar a su madurez fisiológica, lo que indica que carece de diferencia significativa al ésta ser de menos de un día.

**Tabla 26.**

*Días a la madurez fisiológica entre los materiales estudiados bajo el sistema de siembra manual (Medias  $\pm$  Error Estándar).*

Materiales	Promedio	Error Estándar
21K16-0671	104.78	0.62
21K16-0710	104.67	0.60
21K16-0812	104.33	0.44
ABI Voyager	104.56	0.38

Del mismo modo, la Tabla 27 refleja que los tratamientos bajo la densidad de 150 kg ha<sup>-1</sup> presentan la mejor media con 104.17, al contrario de la densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup> que exhibe la media más elevada con 105.17 días, sin embargo, esta diferencia de un día no se considera estadísticamente representativa.

**Tabla 27.**

*Días a la madurez fisiológica entre las densidades estudiadas bajo el sistema de siembra manual (Medias  $\pm$  Error Estándar).*

Densidades	Promedio	Error Estándar
100 kg ha <sup>-1</sup>	104.42	0.48
125 kg ha <sup>-1</sup>	105.17	0.39
150 kg ha <sup>-1</sup>	104.17	0.41

#### 4.6.2. Siembra mecanizada

La Tabla 28, correspondiente al ADEVA para la presente variable bajo el sistema de siembra mecanizada reflejan que existe interacción entre las fuentes de variación materiales de cebada y las densidades aplicadas, reflejadas en un valor ( $p=0.0467$ ).

**Tabla 28.**

*ADEVA para la variable días a la madurez fisiológica bajo el sistema de siembra mecanizada.*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	8.02	0.0009
Densidad	2	22	0.35	0.7073
Material:Densidad	6	22	2.60	0.0467

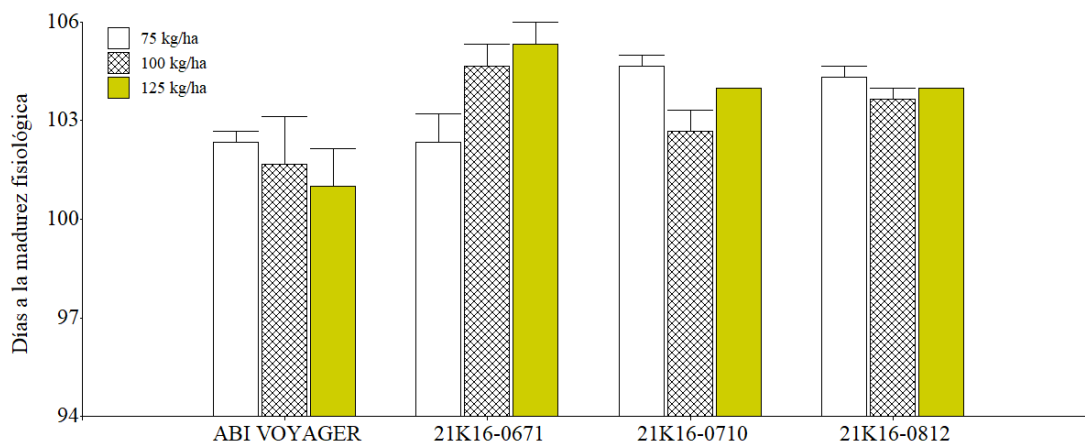
De acuerdo con la Figura 39, para los tratamientos bajo la densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>, ABI Voyager y 21K16-0671 presentan la menor media con 102.33 días, en contraste con la línea 21K16-0710 la cual presenta una mayor media de 104.67 días necesarios para alcanzar la madurez fisiológica. Por su parte, para tratamientos bajo densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, la variedad Voyager, nuevamente exhibe la menor media con 101.67 días, mientras que las líneas 21K16-0812 y 21K16-0671 presentan medias de 103.67 y 104.67 días, respectivamente.

Finalmente, en la densidad de siembra de 125 kg ha<sup>-1</sup>, se mantiene la tendencia, ya que ABI Voyager registra la media más baja con 101.00 días, seguido por 21K16-0710 con

104.00 días y 21K16-0671 con 105.33 días, es decir, ABI Voyager se consideraría la más prematura para su cosecha.

**Figura 39.**

*Días a la madurez fisiológica para el sistema de siembra mecanizada*



Por otra parte, al analizar la Figura 39 en base a cada uno de los materiales se obtiene que para la línea 21K16-0671, en la densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>, la media más baja se observa con 102.33 días, mientras que en la densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>, la media más alta es de 105.33 días hasta completar el ciclo. Por su parte, en la línea 21K16-0710, la menor media se registra en la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> con 102.67 días, y la mayor en la densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup> con 104.67 días, con una mínima diferencia de dos días entre ellos.

Para 21K16-0812, la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> presenta la menor media con 103.67 días, y la densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup> exhibe la mayor media con 104.33 días, con una minúscula diferencia entre los tratamientos hasta alcanzar la fase de madurez fisiológica. Finalmente, para ABI Voyager, la densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup> presenta la menor media con 101 días, mientras que nuevamente a 75 kg ha<sup>-1</sup> se registra la mayor media con 102.33 días, una diferencia que no exhibe una mayor diferencia.

De este modo, ABI Voyager sembrada a una densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>, presenta una mayor precocidad en su madurez con una media de 101.00 días, denotando que, en promedio, este material logra alcanzar la madurez fisiológica en un periodo más corto en las condiciones específicas de siembra consideradas. Esto dista de lo reportado por Suárez y Villavicencio (2010), puesto que su experimento realizado en Loja, expresa que el tratamiento que presentó el menor tiempo en alcanzar la madurez fisiológica culminó con 112 días. Sin embargo, es notorio que incluso la interacción más precoz, sugiere ser incluso mayor a la más tardía del presente ensayo.

Los resultados con base en la siembra manual muestran una neutralidad en los datos obtenidos, denotando que existe similitud entre los diferentes tratamientos estudiados, reflejado que la totalidad de tratamientos alcanzó su madurez fisiológica uniformemente antes de los 104 días, a diferencia de lo obtenido en Carchi por parte de Chonte y Pillahuin (2011) en dónde los registros datos de madurez demostraron un intervalo de entre 112 hasta 134 días después de la siembra.

Estas comparativas muestran de manera efímera que las variedades independientemente de las condiciones específicas a las que se sometían varían en función de condiciones agroclimáticas, específicamente en tanto la altura y la temperatura, denotando que a una menor altura y mayor temperatura (2350 m.s.n.m vs 2740 m.s.n.m) existe un acortamiento entre la siembra y su punto de madurez total (Sánchez, 2023).

#### 4.7. Número de plantas por m<sup>2</sup>

##### 4.7.1. Siembra manual

La Tabla 29 proporciona la información correspondiente al análisis de varianza para la variable del número de plantas por m<sup>2</sup> para el sistema manual, en donde se expresa que existe interacción entre las fuentes de variación materiales de cebada y las distintas densidades a las que se las sometió, reflejando un valor ( $p=0.0001$ ).

**Tabla 29.**

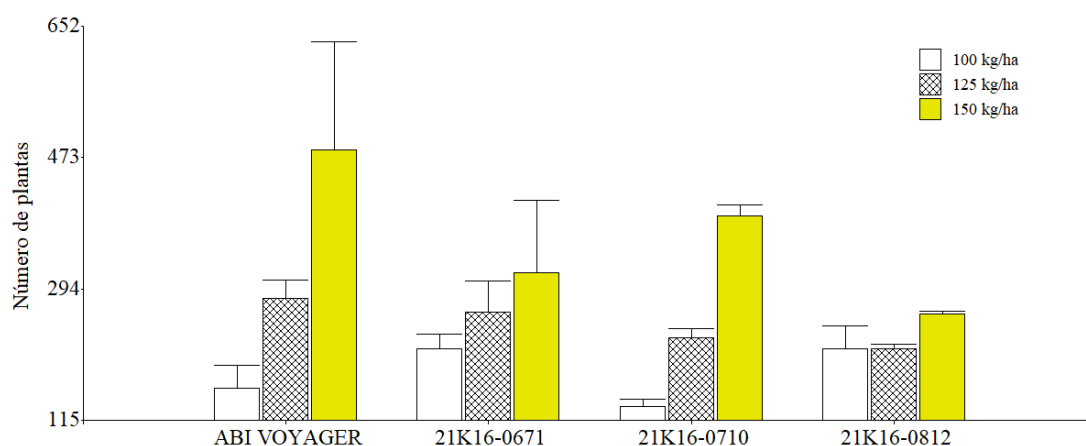
*ADEVA para la variable número de plantas por metro cuadrado bajo el sistema de siembra manual.*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	1.76	1.1845
Densidad	2	22	99.54	<0.0001
Material:Densidad	6	22	8.07	0.0001

La Figura 40, refleja que para la densidad de siembra 100 kg ha<sup>-1</sup>, los diferentes tratamientos presentaron ligeras disparidades entre los datos, en los que destaca que las medias oscilan entre 134 para la línea 21K16-0710 y 212 plantas por m<sup>2</sup> para 21K16-0671 y 21K16-0812, con una diferencia de 78 plantas/m<sup>2</sup> entre estos dos resultados. Al aumentar la densidad a 125 kg ha<sup>-1</sup>, las medias varían entre 212 plantas para la línea 21K16-0812 siendo la menor y 280 plantas por metro cuadrado para la variedad ABI Voyager. Finalmente, para la densidad de 150 kg ha<sup>-1</sup>, las medias fluctúan entre 259.33 para 21K16-0812 y 483.33 para ABI Voyager, evidenciando la mayor diferencia de 224 plantas/m<sup>2</sup> entre el mayor y el menor valor.

**Figura 40.**

*Número de plantas por metro cuadrado para el sistema de siembra manual*



Por otra parte, en el análisis del número de plantas por metro cuadrado para los diferentes materiales en diversas densidades, se observan variaciones significativas en los valores. En el caso específico de la línea 21K16-0671, la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> tiene un promedio de 212 plantas/m<sup>2</sup>, aumenta a 262.00 a 125 kg ha<sup>-1</sup>, y alcanza 316 a 150 kg ha<sup>-1</sup>. Para la línea 21K16-0710, se registran 134 plantas/m<sup>2</sup> a 100 kg ha<sup>-1</sup>, 227.33 a 125 kg ha<sup>-1</sup>, y un aumento significativo a 394.00 a 150 kg ha<sup>-1</sup>.

Por otro lado, la línea 21K16-0812 muestra cierta estabilidad en la densidad de plantas a diferentes niveles. Se mantiene en 212.00 plantas/m<sup>2</sup> tanto a 100 kg ha<sup>-1</sup> como a 125 kg ha<sup>-1</sup>, con un leve incremento a 259.33 a 150 kg ha<sup>-1</sup>. Para finalizar, el análisis para ABI Voyager presenta aumentos más pronunciados, destacando un incremento significativo a medida que la densidad aumenta. Se registran 159.33 plantas/m<sup>2</sup> a 100 kg ha<sup>-1</sup>, 280.67 a 125 kg ha<sup>-1</sup>, y un promedio de 483.33 a 150 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 40).

De este modo se expone que bajo el sistema de siembra manual la línea 21K16-0671 presenta el mayor número de plantas por metro cuadrado en todas las densidades, alcanzando su punto máximo a 150 kg ha<sup>-1</sup> con 316.00 plantas/m<sup>2</sup>. Por otro lado, la línea 21K16-0710 muestra el menor número de plantas en todas las densidades, con un mínimo de 134.00 plantas/m<sup>2</sup> a 100 kg ha<sup>-1</sup>.

#### **4.7.2. Siembra mecanizada**

La Tabla 30, correspondiente al ADEVA de la presente variable para el sistema de siembra mecanizada indica que no existe interacción ( $p=0.9231$ ) entre las fuentes de variación proporcionadas, sin embargo, se exhibe que existe diferencia significativa entre las densidades de siembra estudiadas ( $p=0.0001$ ) independientemente del material, no así



para el análisis de los materiales independientemente de la densidad, donde no se presentó diferencia significativa ( $p=0.3357$ ).

**Tabla 30.**

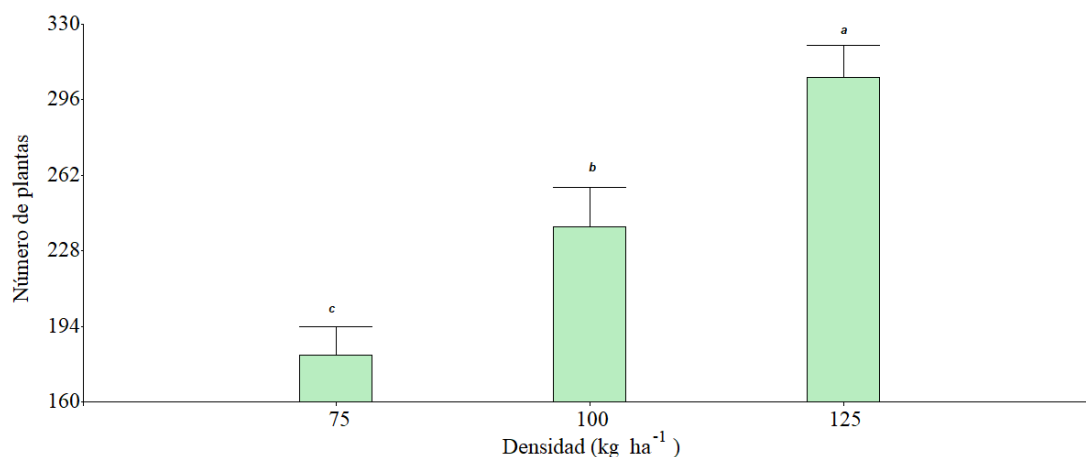
*ADEVA para la variable número de plantas por metro cuadrado bajo el sistema de siembra mecanizada*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	1.19	0.3357
Densidad	2	22	15.74	0.0001
Material:Densidad	6	22	0.31	0.9231

La representación gráfica en la Figura 41 evidencia un aumento sistemático en la media de la densidad de plantas por metro cuadrado al incrementar la densidad de siembra. A  $75 \text{ kg ha}^{-1}$ , la media se sitúa en 181.17 plantas/m<sup>2</sup>, experimentando un incremento a 239 plantas a  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  y alcanzando su punto culminante a 306.08 a  $125 \text{ kg ha}^{-1}$ .

**Figura 41.**

*Número de plantas metro cuadrado del sistema de siembra mecanizada, en función de la densidad.*



El patrón de aumento observado sugiere una correlación positiva entre la densidad de siembra y el desarrollo de plantas por unidad de superficie. Aunque un mayor número de semillas se traduce directamente en una mayor cantidad de plantas establecidas por metro cuadrado, es esencial tener en cuenta que el aumento en la densidad también puede tener implicaciones en la competencia por recursos como nutrientes, agua y espacio (Caluguillin, 2023). Estos factores adicionales pueden influir tanto positiva como negativamente en el rendimiento individual de las plantas, lo que resalta la importancia de considerar aspectos más amplios al planificar la densidad de siembra (Freire, 1975; Sánchez, 2023)

Los datos obtenidos en la siembra manual reflejan una interacción positiva en cada material estudiado, destacando que para bajo densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> las líneas 21K16-0671 y 21K16-0812 presentaron el mayor número de plantas con 212 plantas m<sup>-2</sup>, en 125 kg ha<sup>-1</sup> y 150 kg ha<sup>-1</sup>, ABI Voyager con 280.67 y 483.33 plantas por metro cuadrado respectivamente.

Esto se contrasta con Ramirez (2023) en su estudio titulado “*Densidad de siembra en el comportamiento del rendimiento de cebada (Hordeum vulgare L.)*”, mismo que bajo la menor densidad de siembra obtuvo un promedio de 174 plantas por m<sup>2</sup>, a una densidad media presentó 250 plantas m<sup>-2</sup> y finalmente a su mayor densidad de siembra obtuvo, la un promedio de 360 plantas m<sup>-2</sup>.

Estos resultados muestran las diferencias en la aceptación de las condiciones específicas de cada tratamiento, las cuales están determinadas por factores como las condiciones climáticas, el riego, el porcentaje de radiación diaria y las precipitaciones, entre otros (Chalacán, 2023).

#### 4.8. Número de macollos por planta

##### 4.8.1. Siembra manual

De acuerdo con el análisis de la varianza para la variable del número de macollos por planta se exhibe que existe interacción entre las fuentes de variación densidad de siembra y materiales de cebada (p=0.0033) (Tabla 31).

**Tabla 31.**

*ADEVA para la variable número de macollos por planta para el sistema de siembra manual*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	0.67	0.5784
Densidad	2	22	9.56	0.0010
Material:Densidad	6	22	4.69	0.0033

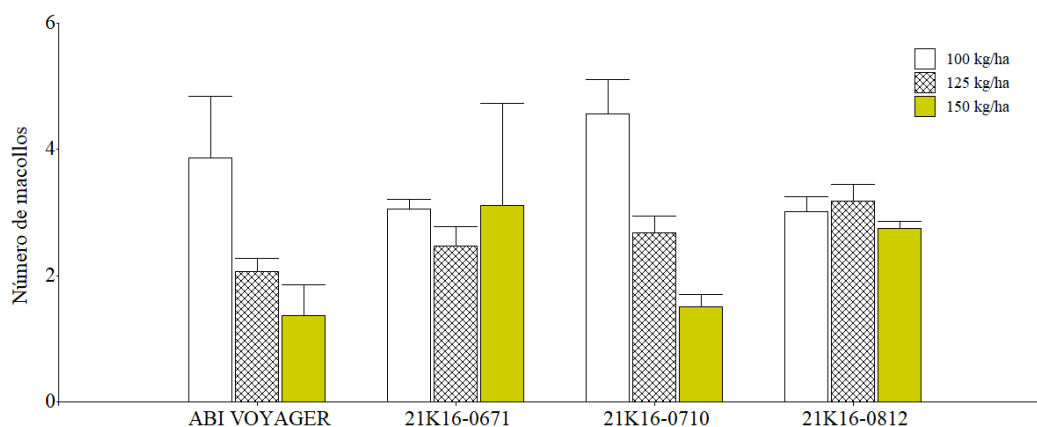
La Figura 42 muestra de manera evidente que en los tratamientos bajo la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, la línea 21K16-0710 destaca con la media más alta de macollos por planta, alcanzando 4.56, mientras que la línea 21K16-0812 exhibe la media más baja entre todos los materiales, registrando 3.01 macollos por planta.

Al incrementar la densidad a 125 kg ha<sup>-1</sup>, la línea 21K16-0812 lidera con la media más alta, mostrando 3.18 macollos por planta, mientras que la variedad ABI Voyager presenta la media más baja, con 2.06 macollos por planta.

Por otra parte, a densidad de 150 kg ha<sup>-1</sup>, la línea 21K16-0671 destaca con la media más alta de macollos por planta, registrando 3.11, mientras que tanto la variedad ABI Voyager como la línea 21K16-0710 muestran las medias más bajas, con 1.36 y 1.50 macollos por planta, respectivamente.

**Figura 42.**

*Número de macollos por planta para el sistema de siembra manual.*



De manera general se observa que la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> tiene un impacto variable en la media de macollos por planta para cada material, denotando que para el material 21K16-0671, la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> presenta una media de 3.05 macollos por planta, mientras que a 125 kg ha<sup>-1</sup> disminuye a 2.47 y vuelve a aumentar a 3.11 a 150 kg ha<sup>-1</sup>.

En el caso de 21K16-0710, la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> muestra una media de 4.56 macollos por planta, disminuyendo a 2.67 a 125 kg ha<sup>-1</sup> y descendiendo aún más a 1.50 a 150 kg ha<sup>-1</sup>. La línea 21K16-0812 presenta una disminución en la media de macollos por planta, pasando de 3.01 a 100 kg ha<sup>-1</sup> a 2.75 a 150 kg ha<sup>-1</sup>. Finalmente, la variedad ABI Voyager muestra un aumento en la media de macollos por planta a medida que la densidad disminuye. A 100 kg ha<sup>-1</sup>, la media es de 3.86 macollos por planta, disminuyendo a 2.06 a 125 kg ha<sup>-1</sup> y descendiendo aún más a 1.36 a 150 kg ha<sup>-1</sup>.

De este modo se deduce que, bajo el sistema de siembra manual, la interacción que favorablemente presenta el mayor número de macollos por planta, es la línea 21K16-0710 a una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, con una media de 4.56 macollos por planta. En contraste, con la variedad ABI Voyager bajo una densidad de 150 kg ha<sup>-1</sup>, registrando un número de 1.36 macollos por planta.

#### 4.8.2. Siembra mecanizada

La Tabla 32 muestra que no existe interacción entre las fuentes de variación materiales de cebada y densidades de siembra ( $p=0.7807$ ) para el número de macollos por planta en siembra mecanizada, sin embargo, de manera independiente al material, el estudio de las densidades presenta diferencia significativa ( $p=0.0008$ ), al contrario de los materiales en estudio, independientemente de la densidad, mismos que no presentan diferencia significativa ( $p=0.1794$ ).

**Tabla 32.**

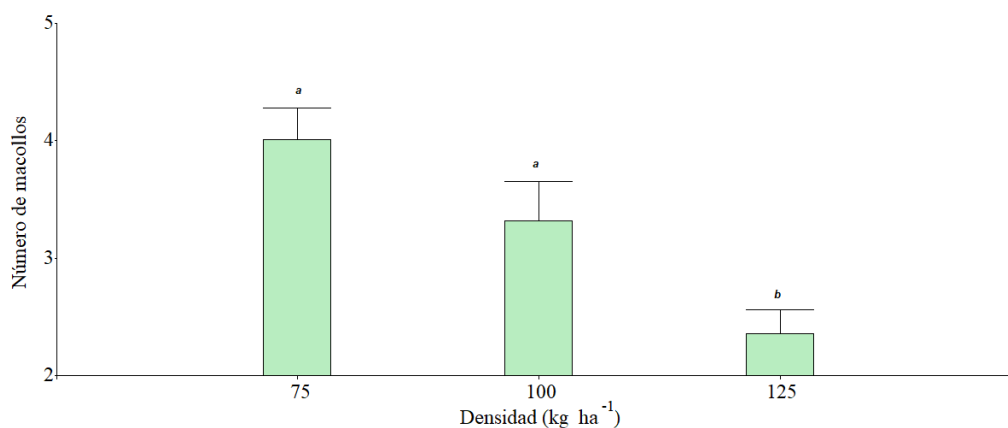
*ADEVA para la variable número de macollos por planta para el sistema de siembra mecanizada.*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	1.79	0.1794
Densidad	2	22	10.04	0.0008
Material:Densidad	6	22	0.53	0.7807

De este modo, la Figura 43 muestra de manera clara que en el número de macollos por planta se observa un patrón descendente en la cantidad de macollos a medida que la densidad aumenta. A una densidad de  $75 \text{ kg ha}^{-1}$ , se presenta una media de 4.01 macollos por planta, disminuyendo a 3.32 a  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  y alcanzando su valor mínimo de 2.36 a  $125 \text{ kg ha}^{-1}$ , denotando que mientras mayor sea la densidad de las plantas bajo el sistema de siembra mecanizada, el número de macollos desciende.

**Figura 43.**

*Número de macollos por planta para el sistema de siembra mecanizada, en función de la densidad.*



De manera general se observa un patrón decreciente en el número de macollos por planta a medida que la densidad de siembra aumenta, denotando que en el sistema de siembra manual los datos oscilaron en 1.36 a 4.56 macollos por planta en la generalidad de los resultados. Sin embargo, estos presentan una gran diferencia con lo obtenido por Castillo

(2020), quien obtuvo un promedio de 3.6 a 8 macollos por planta indistintamente de la variedad utilizada. Esta diferencia se puede deber a la genética de cada uno de los materiales, factores ambientales y factores inherentes a las prácticas de siembra y sus derivaciones (Guañuna, 2014).

La cantidad de macollos por planta se ve influenciada por diversos factores, entre ellos, la luminosidad asociada al fotoperiodo largo o corto. En condiciones de fotoperiodo bajo, la formación del primordio foliar se ralentiza, resultando en un menor número de macollos por planta (Guañuna, 2014).

Asimismo, en densidades más altas, el espacio se convierte en un desafío de supervivencia, ya que la competencia por nutrientes y luz se intensifica. En entornos con mayor densidad foliar debido a un mayor número de plantas, la lucha por la luz se intensifica, lo que, a su vez, determina el número de macollos (Castillo, 2020).

La siembra mecanizada muestra un patrón decreciente a medida que aumenta la densidad de siembra, aunque los valores siguen siendo superiores a 2 macollos por planta. Esto confirma lo expresado por Arellano (2010), quien indica que la siembra mecanizada ofrece más beneficios que la tradicional, ya que esta última puede tener irregularidades, como semillas superficiales que pueden resultar en un arraigamiento deficiente y aumentar la vulnerabilidad al consumo por parte de aves y otros animales.

Por otro lado, un tapado a una profundidad considerable, superior a 6 cm, puede resultar en el desarrollo de epicótilos excesivamente largos y coleótilos más débiles, obstaculizando su emergencia a través de la capa superficial del suelo. Este escenario aumenta la vulnerabilidad de las plantas a enfermedades tempranas, disminuyendo su vigor y capacidad de formar macollos (Perez et al., 2016).

#### **4.9. Número de espigas efectivas por planta**

##### ***4.9.1. Siembra manual***

En concordancia con lo expuesto en la Tabla 33, se presenta interacción entre las fuentes de variación materiales de cebada y las densidades de siembra estudiadas, con un valor ( $p=0.0011$ ), para la variable de número de espigas efectivas por planta bajo el sistema de siembra manual.

**Tabla 33.**

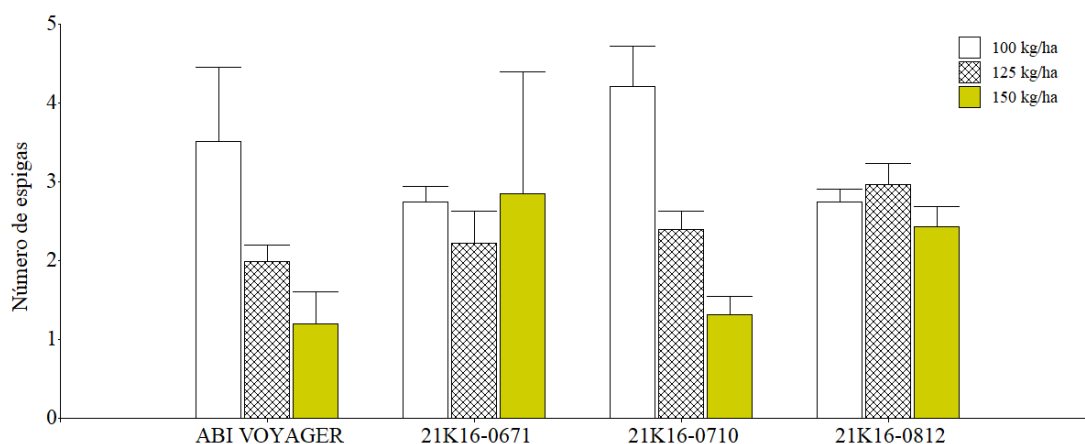
*ADEVA para la variable número de espigas por planta para el sistema de siembra manual*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	0.60	0.6237
Densidad	2	22	15.68	0.0001
Material:Densidad	6	22	5.63	0.0011

La Figura 44, presenta un panorama claro sobre el comportamiento del número de espigas efectivas en el sistema de siembra manual de acuerdo a las diferentes densidades estudiadas, de modo que a una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, la línea 21K16-0710 muestra la media más alta con 4.21 espigas por planta, mientras que la variedad ABI Voyager presenta la segunda media más alta, registrando 3.51 espigas por planta. Al aumentar la densidad a 125 kg ha<sup>-1</sup>, la línea 21K16-0812 mantiene la media más alta con 2.97 espigas por planta, mientras que la variedad ABI Voyager registra tan solo 1.99 macollos por cada planta cultivada. Finalmente, a densidad de 150 kg ha<sup>-1</sup>, la línea 21K16-0671 muestra la media más alta con 2.85 espigas por planta, y nuevamente ABI Voyager se destaca con la menor cantidad de macollos por cada planta, con un valor reducido de 1.20 macollos.

**Figura 44.**

*Número de espigas por planta para el sistema de siembra manual.*



Además, la Figura 44 menciona que para la línea 21K16-0671, bajo una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, la media es de 2.75 espigas por planta, disminuyendo a 2.22 a 125 kg ha<sup>-1</sup> y luego aumentando a 2.85 a 150 kg ha<sup>-1</sup>. Por su parte, la línea 21K16-0710 exhibe una clara preferencia por una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, donde alcanza la media más alta de 4.21 espigas por planta. La línea 21K16-0812 muestra una respuesta relativamente estable a las diferentes densidades, con medias de 2.74, 2.97 y 2.43 a 100 kg ha<sup>-1</sup>, 125 kg ha<sup>-1</sup> y 150 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, tendiendo una menor en comparación con otras líneas.

Finalmente, ABI Voyager, presenta una tendencia decreciente en la media de espigas por planta a medida que la densidad aumenta. A 100 kg ha<sup>-1</sup>, la media fue de 3.51, disminuyendo a 1.99 a 125 kg ha<sup>-1</sup> y alcanzando el valor más bajo de 1.20 a 150 kg ha<sup>-1</sup>.

De este modo, los resultados arrojan que la interacción que presenta la mayor cantidad de espigas por planta es la línea 21K16-0710 sembrada a una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, con una media de 4.21 espigas, resaltando como la más favorable en relación con la variable analizada. En contraste, la interacción menos propicia en términos de espigas por planta corresponde a la variedad ABI Voyager sembrada a una densidad de 150 kg ha<sup>-1</sup>, mostrando una media de 1.20 espigas por planta.

#### 4.9.2. Siembra mecanizada

La Tabla 34 por su parte expresa que a pesar de que no existe interacción entre las fuentes de variación (p=0.9610) para la variable del número de espigas efectivas sembrándolas de manera mecanizada, existe diferencia significativa entre las densidades estudiadas (p=0.0022) independientemente de los materiales estudiados. De manera opuesta, se expresa que no existe diferencia significativa entre los materiales de cebada estudiados (p=0.5278), independientemente de la densidad aplicada.

**Tabla 34.**

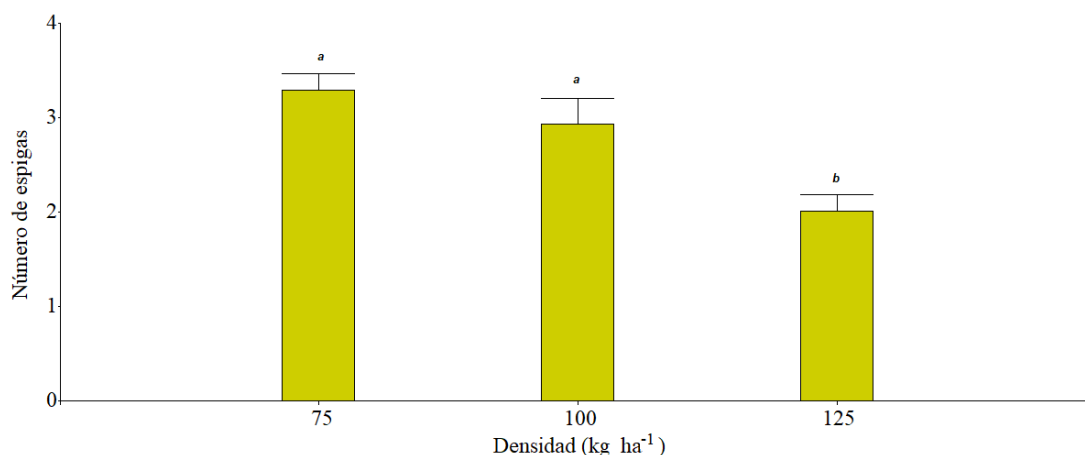
*ADEVA para la variable número de espigas por planta para el sistema de siembra mecanizada.*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	0.76	0.5278
Densidad	2	22	8.15	0.0022
Material:Densidad	6	22	0.23	0.9610

En concordancia con lo expuesto anteriormente, la Figura 45 expresa que a una densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>, la media es de 3.29 espigas por planta, disminuyendo a 2.93 a 100 kg ha<sup>-1</sup> y alcanzando el valor más bajo de 2.01 a 125 kg ha<sup>-1</sup>. Estas diferencias sugieren que la densidad de siembra tiene un impacto considerable en la formación de espigas por planta, con una tendencia decreciente a medida que la densidad aumenta.

**Figura 45.**

*Número de espigas por planta para el sistema de siembra mecanizada.*



Los datos resultantes muestran una relación similar a lo sucedido con el número de macollos por planta, debido a que normalmente cada macollo debería producir una espiga, sin embargo su efectividad y buen desarrollo se ve influenciado por factores tales como la densidad de siembra, disponibilidad de agua, correcta dosificación de fertilizante, entre otros (Rios et al., 2011a).

En la siembra manual los datos oscilaron entre 1.20 y como máximo 4.21 espigas por cada planta, mientras que para la siembra mecanizada se presentaron datos de 2 a 3.5 espigas por planta, demostrando que, aunque en la siembra al voleo se hayan presentado menor número de macollos, estos produjeron espigas más efectivas en comparación con la siembra mecanizada. Sin embargo, estos datos se mantienen bajos puesto que en el estudio realizado en la misma zona geográfica por parte de Caluguillin (2023), presentó de 3 a 7 macollos por cada planta.

Sin embargo, Orrala (2020), atribuye que características como el número de espigas efectivas viene determinada por el uso de agroquímicos, pues defiende que para una producción sostenible, es crucial favorecer genotipos resistentes a enfermedades. Sin embargo, el uso de fungicidas en experimentos limita el desarrollo completo del genotipo en resistencia y adaptabilidad, al centrarse exclusivamente en el control fitosanitario sin permitir la expresión plena de las características genéticas de la planta.

#### **4.10. Altura de planta**

##### ***4.10.1. Siembra manual***

Los resultados del ADEVA de la variable altura de planta, bajo el sistema de siembra manual expuesto en la Tabla 35 reflejan que existe interacción entre los factores



materiales de cebada y densidades a las que fueron sometidas, reflejadas en un valor ( $p=0.0001$ ).

**Tabla 35.**

*ADEVA para la variable altura de planta bajo el sistema de siembra manual*

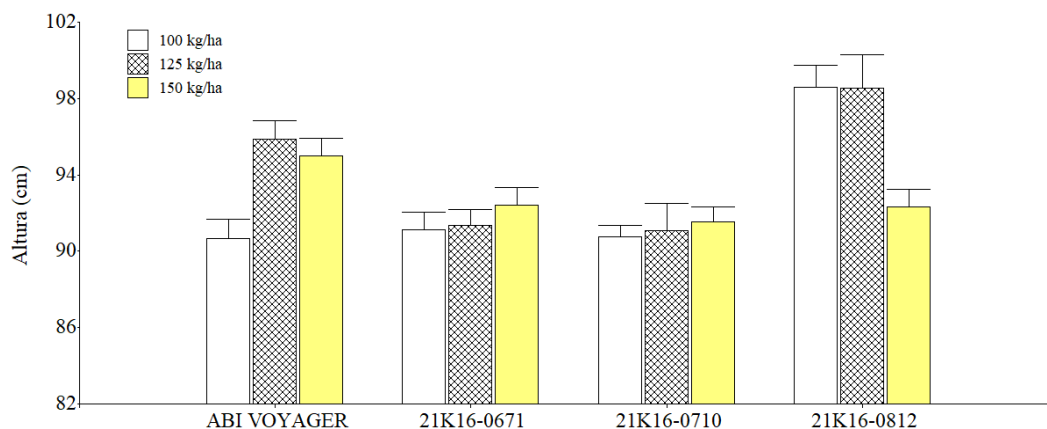
Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	17.59	<0.0001
Densidad	2	22	2.62	0.0744
Material:Densidad	6	22	6.09	<0.0001

De acuerdo con la Figura 46, los tratamientos bajo densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, la línea 21K16-0812 exhibe la mayor altura promedio, alcanzando los 98.60 cm, mientras que ABI Voyager presenta la menor altura promedio, registrando 90.67. Por otro lado, a densidad 125 kg ha<sup>-1</sup>, nuevamente, 21K16-0812 destaca con la altura más alta, con una media de 98.57, mientras que 21K16-0710 muestra mayor variabilidad en comparación con otros materiales. Por su parte, para densidad de siembra la variedad ABI Voyager exhibe una altura ligeramente mayor en comparación con otros materiales con 95.02 cm.

Al aumentar la densidad de siembra a 125 kg ha<sup>-1</sup>, ABI Voyager destaca con 95.02 cm en contraste con la línea 21K16-0710, misma que opuestamente presentó la media más baja, alcanzado 91.52 cm de altura en promedio de las plantas evaluadas.

**Figura 46.**

*Altura de planta para el sistema de siembra manual.*



En la Figura 46 se demuestra que, en el caso de ABI Voyager, la densidad de siembra de 125 kg ha<sup>-1</sup> resultó en la mayor altura promedio de 95.86 cm, mientras que la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> exhibió una altura menor de 90.67 cm con una diferencia de 5.19 cm entre ellas. Para la línea 21K16-0812, la densidad de siembra de 100 kg ha<sup>-1</sup> mostró la mayor altura promedio con 98.60 cm, en comparación con la densidad de 150 kg ha<sup>-1</sup>, que

presentó una altura menor de 92.32 cm, presentando una gran diferencia de 6.28 cm entre ellos.

En cuanto a 21K16-0710, la densidad de siembra de 150 kg ha<sup>-1</sup> exhibió una altura ligeramente superior, con una media de 91.52 cm, frente a la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, que tuvo una media de 90.74 cm. Finalmente, para 21K16-0671, la densidad de siembra de 150 kg ha<sup>-1</sup> resultó en la mayor altura promedio de 92.40 cm, mientras que la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> registró una menor altura de 91.13 cm.

#### 4.10.2. Siembra mecanizada

La Tabla 36 por su parte en el análisis de varianza de altura de planta para el sistema de siembra mecanizada, supone que existe interacción entre las fuentes de variación materiales de cebada y densidades en estudio (p=0.0001).

**Tabla 36.**

*ADEVA para la variable altura de planta bajo el sistema de siembra mecanizada*

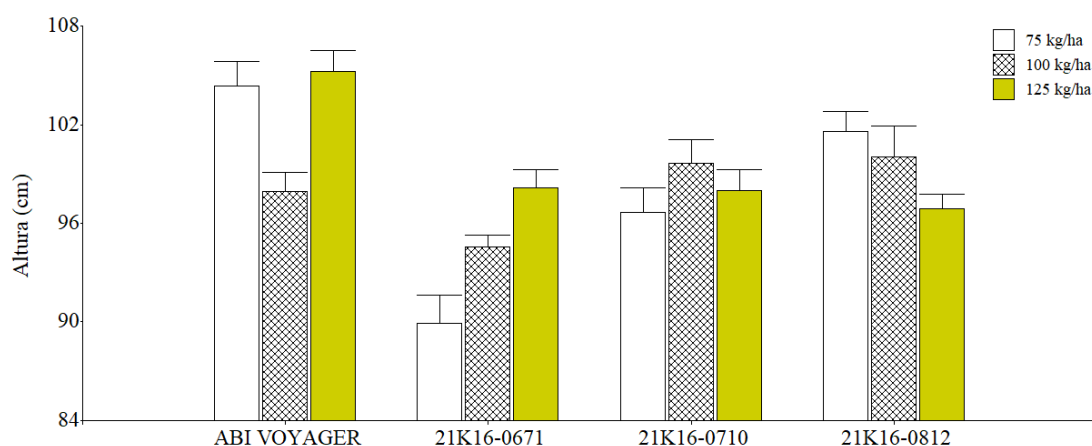
Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	23.49	<0.0001
Densidad	2	22	1.96	0.1423
Material: Densidad	6	22	8.36	<0.0001

En relación con lo expresando en la Figura 47, ABI Voyager destaca con la mayor altura media de 104.34 cm, mientras que 21K16-0671 muestra la menor altura con 89.91 cm presentando una variabilidad de 14.43 cm; todo estos bajo una densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>. A 100 kg ha<sup>-1</sup>, 21K16-0812 lidera con una altura media de 100.03 cm a diferencia de 21K16-0671, con una diferencia grande de 5.49 cm entre ellos.

Finalmente, para la densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>, ABI Voyager presenta la mayor altura media de 105.25 cm, mientras que 21K16-0812 muestra la menor altura media de 96.88 cm. La diferencia de 8.37 cm entre estas variedades subraya la influencia significativa de la densidad de siembra en la respuesta de los materiales.

**Figura 47.**

*Altura de planta para el sistema de siembra mecanizada.*



Por otra parte, el análisis particular en cada uno de los materiales supone que en el caso de 21K16-0671, la media más alta se encuentra con una densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>, alcanzando 98.15 cm, mientras que la media más baja se registra con una densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>, siendo 89.91 cm.

Para el material 21K16-0710, la media más elevada se presenta con una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, alcanzando 99.67 cm, mientras que la media más baja ocurre con una densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>, registrando 96.69 cm. En cuanto a 21K16-0812, la media más alta se encuentra con una densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>, siendo 101.57 cm, y la media más baja se da con una densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>, siendo 96.88 cm.

Por último, para ABI Voyager, la media más alta se presenta con una densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>, alcanzando 105.25 cm, mientras que la media más baja se registra con una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, siendo 97.92 cm.

De este modo para siembra manual se concluye que aquella interacción entre material de cebada y densidad de siembra, que proporcionó la mayor altura media se encontró en la línea 21K16-0812 sembrado a una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, alcanzando una altura media de 98.60 cm, en contraste con ABI Voyager, que presentó el menor promedio de altura, mismo que fue sembrado a una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, registrando una altura media de 90.67 cm, estos datos contrastan con los de Ramírez (2014), quien reportó una altura promedio menor de 65 cm en la densidad media y una altura mayor de 89 cm en los tratamientos con la densidad más alta.

En el análisis general de siembra mecanizada, sobresale que ABI Voyager con una densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup> exhibe la media más alta, alcanzando un promedio de 105.25 cm,

en contraste con la interacción de 21K16-0671 con una densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup> la cual presentó la media más baja, registrando un promedio de 89.91 cm, estos datos contrastan con Suárez y Villavicencio (2010) autores que obtuvieron datos que abarcaron un promedio de altura de planta entre 48.35 cm y los 85 cm, asociando la diferencia entre los resultados con las variantes condiciones agroclimáticas de las zonas de estudio.

La altura de la planta, determinada intrínsecamente por la variedad, se ve influenciada por las condiciones ambientales (Carrillo y Minga, 2021). Se sugiere que plantas con una estatura superiores a un metro son más propensas al acame, especialmente en situaciones de vientos fuertes o lluvias intensas. Mantener la altura de las plantas en el rango óptimo de 0.67 a 1 metro es esencial para maximizar los rendimientos, ya que seleccionar plantas más cortas puede favorecer una producción más eficiente (Escobar, 2018).

#### 4.11. Tamaño de la espiga

##### 4.11.1. Siembra manual

La Tabla 37 correspondiente al ADEVA del tamaño de espiga bajo la siembra manual expresa que no existe interacción entre las fuentes de variación (p=0.5237), sin embargo, existe diferencia significativa entre las densidades estudiadas (p=0.0473) independientemente del material de cebada utilizado, asimismo se identifica que existe diferencia significativa entre la variedad de cebada y las líneas respectivamente analizadas (p=0.0007), sin interferencia de la densidad aplicada.

**Tabla 37.**

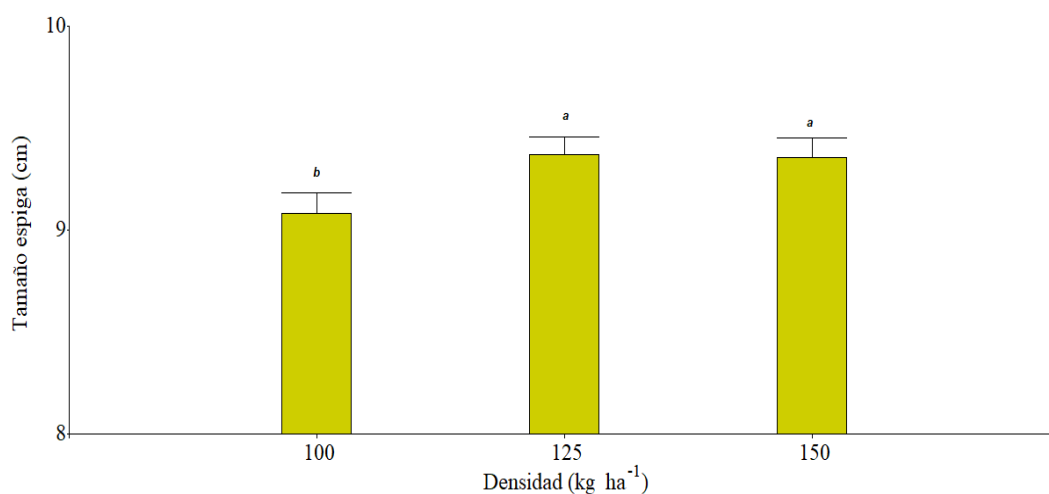
*ADEVA para la variable tamaño de la espiga bajo el sistema de siembra manual.*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	5.77	0.0007
Densidad	2	22	3.08	0.0473
Material:Densidad	6	22	0.86	0.5237

La Figura 48 proporciona una visión clara de los resultados obtenidos y sus diferencias al tamaño de la espiga en función de las densidades aplicadas, demostrando que a una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, se observa un tamaño de espiga promedio más bajo, 9.08 cm, indicando una posible influencia negativa en el crecimiento. En contraste, las densidades de 125 kg ha<sup>-1</sup> y 150 kg ha<sup>-1</sup> que exhiben tamaños de espiga relativamente, 9.37 cm y 9.36 cm respectivamente, sugiriendo una relación positiva entre la densidad y el tamaño de la espiga.

**Figura 48.**

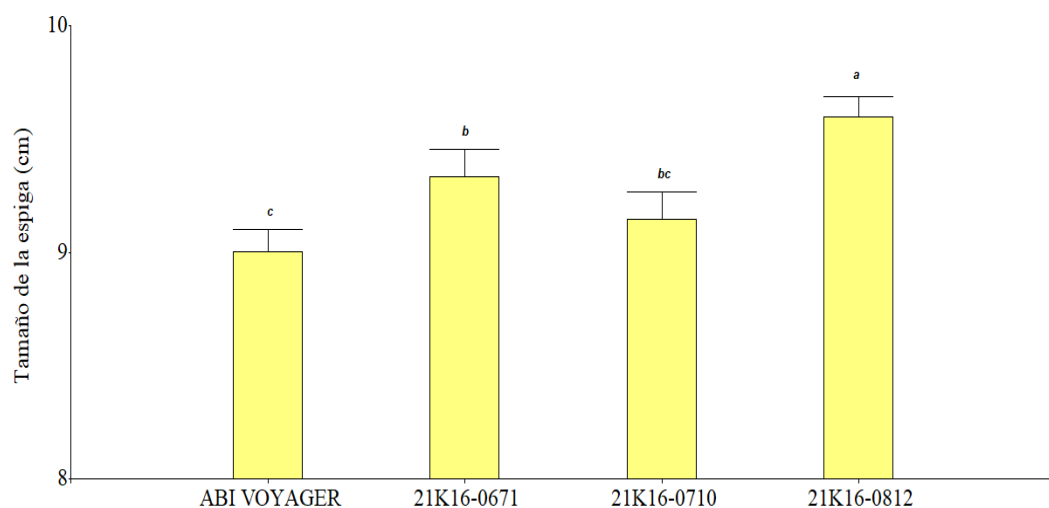
*Tamaño de la espiga para el sistema de siembra manual en función de la densidad*



La Figura 49 revela que la línea 21K16-0812 presenta la media más elevada, registrando 9.60 cm y señalando un tamaño de espiga promedio mayor que los demás. En contraste, ABI Voyager exhibe la media más baja, marcando 9.00 cm e indicando un tamaño más pequeño. Para los materiales 21K16-0671 y 21K16-0710, las medias intermedias de 9.33 cm y 9.15 cm, respectivamente, revelan diferencias sutiles, con una leve ventaja para 21K16-0671.

**Figura 49.**

*Tamaño de la espiga para el sistema de siembra manual en función del material.*



#### **4.11.2. Siembra mecanizada**

La Tabla 38 indica que existe interacción entre las variables materiales de cebada y densidades de siembra ( $p=0.0390$ ), en la variable de tamaño de la espiga para los tratamientos bajo el sistema de siembra mecanizada.

**Tabla 38.**

*ADEVA para la variable tamaño de la espiga bajo el sistema de siembra mecanizada.*

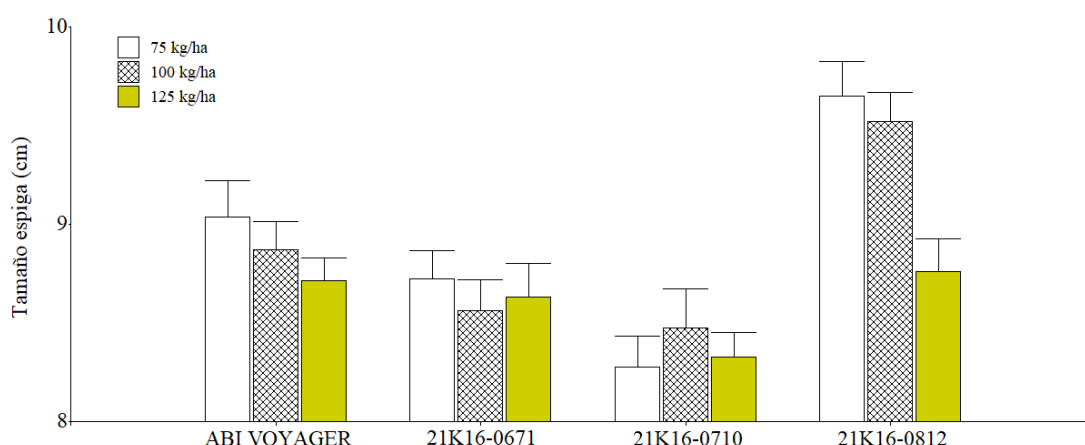
Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	19.86	<0.0001
Densidad	2	22	4.48	0.0120
Material:Densidad	6	22	2.24	0.0390

La Figura 50, responde a los resultados obtenidos en cuanto a tamaño de la espiga se refiere, demostrando que en la densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>, la espiga más grande se encuentra en el material 21K16-0812, con una media de 9.65 cm, mientras que la espiga más pequeña está en el material 21K16-0710, con una media de 8.28 cm.

Para la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, nuevamente el material 21K16-0812 presenta la espiga más grande, con una media de 9.52 cm, y el material 21K16-0710 muestra la espiga más pequeña, con una media de 8.47 cm. Finalmente, a 125 kg ha<sup>-1</sup>, el material 21K16-0812 mantiene la espiga más grande, con una media de 8.76 cm, mientras que la espiga más pequeña se encuentra en el material 21K16-0710, con una media de 8.33 cm.

**Figura 50.**

*Tamaño de la espiga para el sistema de siembra mecanizada.*



Además, el análisis independiente por cada material proporciona que, en la línea 21K16-0671, la diferencia entre las densidades de 100 kg ha<sup>-1</sup> y 75 kg ha<sup>-1</sup> fue de 0.16 cm, con dimensiones de 8.56 cm y 8.72 cm, respectivamente, siendo esta última la de mayor media. Para el material 21K16-0710, la variación en las mediciones de densidad 75 kg ha<sup>-1</sup> y 100 kg ha<sup>-1</sup> fue de 0.19 cm, con dimensiones de 8.28 cm y 8.47 cm.

En cuanto al material 21K16-0812, se observó un patrón decreciente en el tamaño de la espiga a medida que la densidad aumentaba, con significativa de 0.89 cm entre las densidades 125 kg ha<sup>-1</sup> y 75 kg ha<sup>-1</sup>, con dimensiones de 8.76 cm y 9.65 cm, respectivamente. En ABI Voyager, esta última relación se presenta puesto que a una

densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup> la media fue de 9.04 cm, disminuyendo paulatinamente hasta que en 125 kg ha<sup>-1</sup> la media se presentó en 8.71 cm.

El estudio realizado por Chonte y Pillahuin (2011) bajo distintas formas de siembra, revelaron que la longitud de la espiga abarcó desde los 7.2 cm entre las de menor tamaño y 8.9 cm para la de mayor, a comparación de lo obtenido en el presente estudio, donde los datos no presentaron mayor diferencia significativa ya que abarcaron tamaños superiores a 9 cm pero inferiores a 10 cm. Demostrando que las diferencias agroclimáticas influyen en el tamaño de la espiga, y que factores como la temperatura, el fotoperiodo y las características genéticas de cada variedad afectan también a la variable. (Garrido, 2017).

Por su parte, bajo la siembra mecanizada a nivel general, para la presente variable aquellos tratamientos que destacaron fueron la línea 21K16-0812 con densidad 75 kg ha<sup>-1</sup> la cual exhibió la mayor media de 9.65 cm, mientras que el material 21K16-0710 con densidad 75 kg ha<sup>-1</sup> presentó la menor media, registrando 8.28 cm, siendo bastante diferente a lo obtenido por Abad (2017) mismo que manifestó tener una media de 7.8 cm en la longitud de la espiga de los diversos tratamientos.

La comparativa entre los dos sistemas de siembra y sus resultados relativamente similares manifiestan que el factor sistema de siembra no es crítico en la consecución de un tamaño de espiga uniforme, sin embargo Ponce, Garófalo, et al. (2019) mencionan que la longitud de la espiga puede ser influenciada por la densidad de siembra, dado que una menor densidad resulta ecológicamente en una reducción de la competencia por nutrientes, lo cual puede repercutir en la morfología y desarrollo de la espiga.

#### **4.12. Número de granos por espiga**

##### ***4.12.1. Siembra manual***

La Tabla 39 revela que, para el número de granos por espiga en la siembra manual, no se encuentra una interacción estadísticamente significativa ( $p=0.6451$ ) entre las fuentes de variación "materiales de cebada" y "densidad de siembra". Asimismo, se resalta que no se aprecia una disparidad significativa entre las densidades evaluadas, independientemente del material de cebada bajo análisis ( $p=0.2917$ ). En cambio, se detecta una disparidad significativa entre los diversos materiales de cebada, sin importar la densidad a la que hayan sido sometidos ( $p=0.0001$ ).

**Tabla 39.**

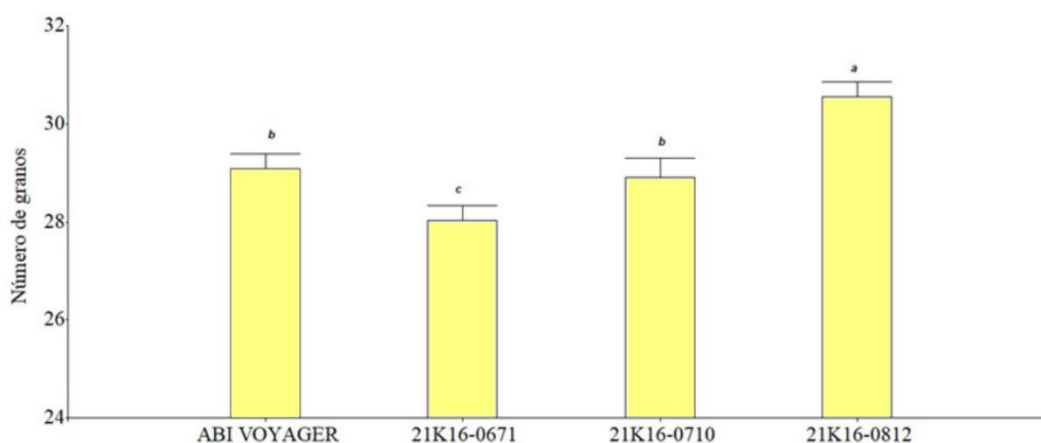
*ADEVA para la variable número de granos por espiga para el sistema de siembra manual.*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	10.17	<0.0001
Densidad	2	22	1.24	0.2917
Material:Densidad	6	22	0.71	0.6451

La Figura 51 referente a la apreciación gráfica del comportamiento de la variable en base a cada uno de los materiales expresa que la línea 21K16-0671 exhibe un promedio de 28.02 granos por espiga, el material 21K16-0710 muestra una media de 28.90, el material 21K16-0812 destaca con la media más alta de 30.54 granos por espiga, y ABI Voyager presenta una media de 29.09 granos por espiga.

**Figura 51.**

*Número de granos por espiga para el sistema de siembra manual*



Estos resultados indican variaciones en el rendimiento de granos por espiga entre los diferentes materiales evaluados, siendo 21K16-0812 el que presenta la media más alta, en contraste con 21K16-0671, teniendo el menor número de granos por espiga.

#### **4.12.2. Siembra mecanizada**

Por su parte, la Tabla 40 expresa que no existe interacción entre las fuentes de variación estudiadas ( $p=0.1121$ ) para el número de granos por espiga en la siembra mecanizada, así como tampoco diferencia significativa entre las densidades independientemente del material en estudio ( $p=0.6782$ ). Al contrario, entre los materiales se presenta diferencia significativa ( $p=0.0001$ ), esto, independientemente de las diferentes densidades de siembra.



**Tabla 40.**

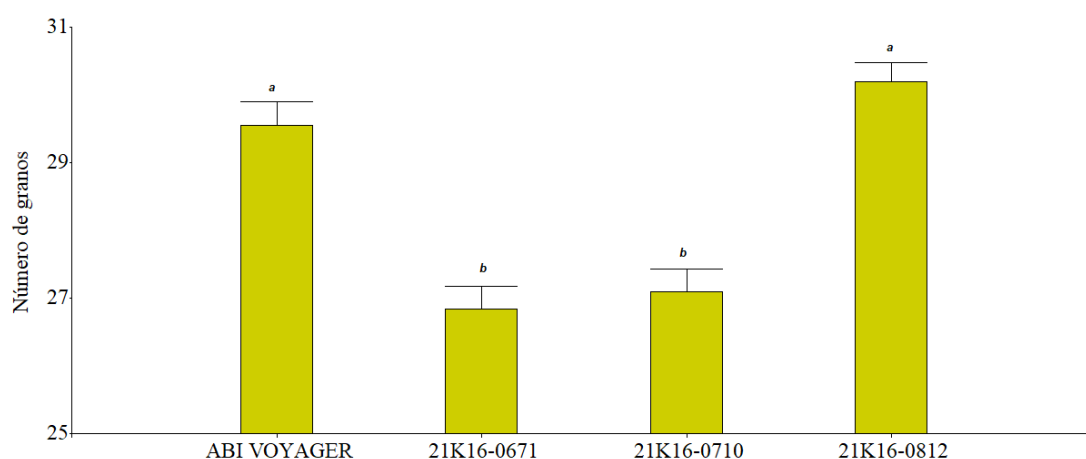
*ADEVA para la variable número de granos por espiga para el sistema de siembra mecanizada*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	26.63	<0.0001
Densidad	2	22	0.39	0.6782
Material:Densidad	6	22	1.73	0.1121

En concordancia, la Figura 52 muestra que el material 21K16-0671 presenta una media de 26.83 granos por espiga, mientras que el material 21K16-0710 muestra una media ligeramente superior de 27.09 granos por espiga, mismos que son bastante similares. Por su parte, el material 21K16-0812 destaca con la media más alta entre los materiales mencionados, registrando 30.19 granos por espiga, similarmente a ABI Voyager, misma presenta una media de 29.54 granos por espiga.

**Figura 52.**

*Número de granos por espiga para el sistema de siembra mecanizada.*



De este modo, en términos generales, estos resultados proporcionan información valiosa sobre las diferencias en el rendimiento de granos por espiga entre los materiales analizados bajo siembra mecanizada, siendo 21K16-0812 el que presenta la media más alta y 21K16-0671 la más baja.

Los resultados obtenidos de manera estadística reflejan que el número de granos por espiga se mantuvo relativamente constante en los diferentes tratamientos indistintamente del sistema de siembra abarcando un rango de entre 26 a 30 granos/espiga, lo que muestra que estos factores no son altamente relevantes para la obtención del número de granos específicos, sin embargo al compararlos con lo realizado por Flores (2023) el cual en su evaluación de INIAP-Cañicapa, INIAP-Alpha y Andreina obtuvo medias entre los 22 a

53 granos por espiga, demostrando así que el principal factor que incide es el germoplasma y su adaptación al medio.

Coronel y Jimenez (2011), añaden que el número adecuado de granos por espiga en un buen genotipo de dos hileras ronda entre 27 a 30, por lo que la totalidad de los tratamientos se consideran como recomendados en función de la presente variable. Es esencial considerar que el número de granos por espiga está directamente relacionado con la longitud de la espiga tal y como la presente investigación arrojó, se observó que a medida que la longitud de la espiga aumentaba, también lo hacía el número de granos, especialmente en la línea 21K16-0812 (Rosario, 2018).

En el marco de estas consideraciones Castillo (2020), proporciona una perspectiva adicional al señalar que el tipo de grano y su interacción mutua desempeñan un papel significativo en la determinación del número de granos por espiga. Este número, según el autor, se ve influenciado tanto por el potencial genético único de cada variedad de grano como por las prácticas agronómicas aplicadas durante el cultivo.

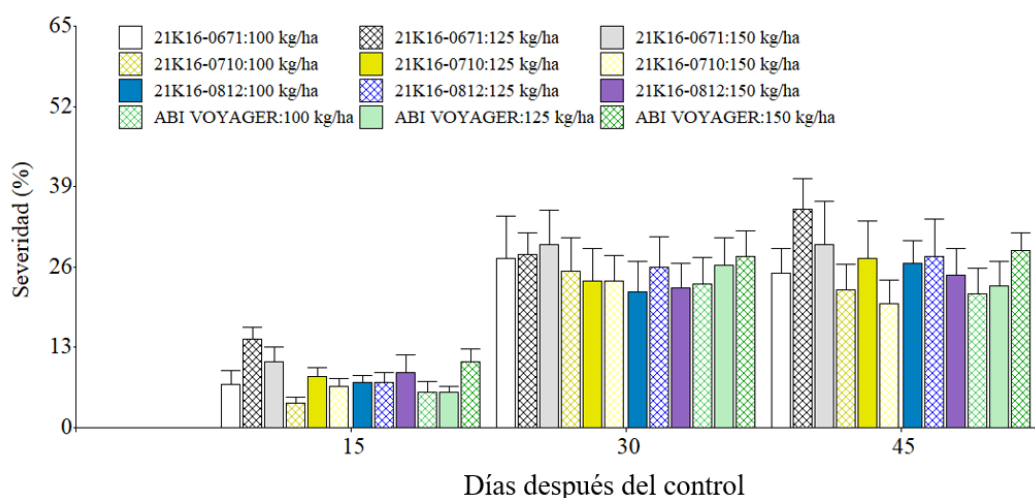
#### 4.13. Severidad de roya (*Puccinia hordei*)

##### 4.13.1. Siembra manual

Los resultados del análisis de varianza para datos no paramétricos Prueba Friedman indican que existe interacción ( $T^2=10.45$ ;  $p<0.0001$ ) entre las diferentes fechas de evaluación de severidad de roya y los diferentes tratamientos estudiados, bajo el sistema de siembra manual.

**Figura 53.**

*Porcentaje de severidad para roya a través del tiempo bajo el sistema de siembra manual.*



La Figura 53 muestra que, a nivel general, la severidad de roya presenta un comportamiento porcentual ascendente a lo largo de los primeros 30 días posteriores al control fúngico en todos los tratamientos, sin embargo, al llegar al día 45 esta tendencia se ve alterada puesto que se presenta aumento, permanencia y disminución del porcentaje de severidad en los diferentes tratamientos. De este modo, es destacable ahondar en que en los primeros 15 días después del control con fungicida los tratamientos que presentaron el menor porcentaje de severidad fueron 21K16-0710 bajo densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, y ABI Voyager bajo densidades de 100 y 125 kg ha<sup>-1</sup>, reflejando un porcentaje de severidad de 4%, 5.67% y 5.67 % respectivamente, en contraste con la línea 21K16-0671 a 125 kg ha<sup>-1</sup>, presentando una severidad del 14.33%.

A los 30 días, después del control, se observó un incremento potencial en la severidad de la presente enfermedad en donde se pudo observar que la línea 21K16-0671 presentó una baja aceptación al tratamiento fúngico puesto que reflejó una severidad del 29.67%. Por su parte el tratamiento con mayor aceptación al control fue el tratamiento 21K16-0812 a 100 kg ha<sup>-1</sup> puesto que presentó un 22% de severidad.

Finalmente, a los 45 días después de la aplicación se destaca que el tratamiento que reflejó un mejor control fue 21K16-0710 bajo densidad de 150 kg ha<sup>-1</sup>, puesto que el análisis reflejó una presencia de un 20% en cuanto a la severidad, en contraste a la línea 21K16-0671 a 125 kg ha<sup>-1</sup> que presentó un comportamiento ascendente en la severidad con un 35.33%, demostrando que el control fue menos efectivo ya que desde el primer muestreo, hasta el final, su severidad aumentó en 21 unidades porcentuales.

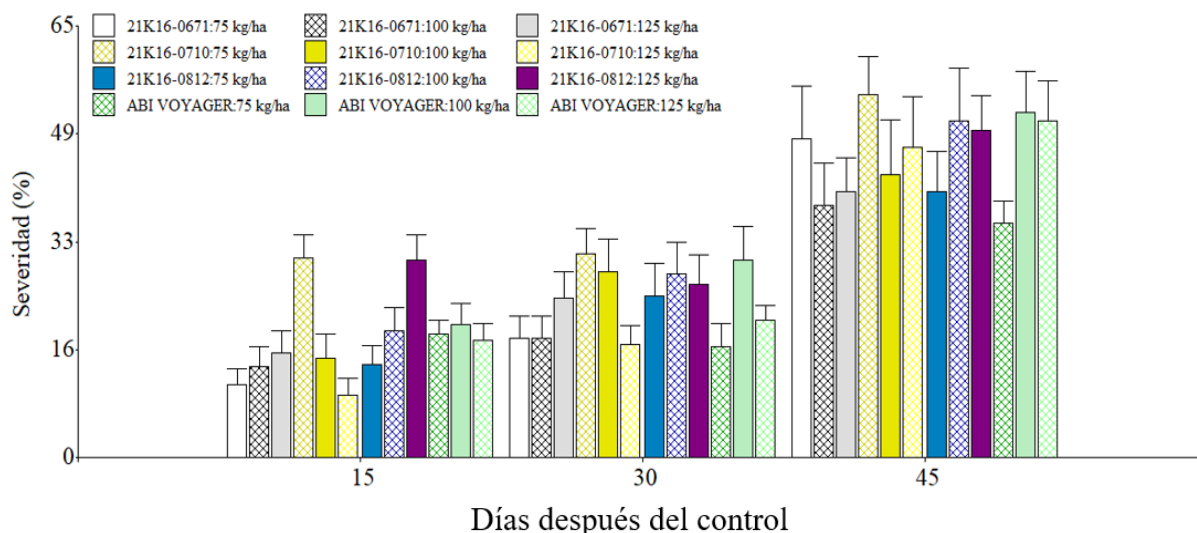
#### ***4.13.2. Siembra mecanizada***

Los resultados del análisis de varianza para datos no paramétricos Prueba Friedman para la variable de severidad de roya en la siembra mecanizada indican que existe interacción ( $T^2=10.10$ ;  $p<0.0001$ ) entre las diferentes fechas de evaluación de severidad de roya y los diferentes tratamientos estudiados.

La Figura 54, refleja el comportamiento de la severidad de roya en los diferentes tratamientos de la siembra mecanizada, en función de las tres fechas de evaluación, en donde se destaca que en la mayoría de los tratamientos el comportamiento es mínimamente ascendente entre los primeros 15 a 30 días, sin embargo, se observa que para el día 45, existió un crecimiento exponencial del ataque de roya en la totalidad de los tratamientos.

**Figura 54.**

*Porcentaje de severidad para roya a través del tiempo bajo el sistema de siembra mecanizada.*



En los primeros 15 días después de la aplicación del control fúngico, se puede observar que la severidad de roya destacó en dos tratamientos con un porcentaje máximo en relación a los demás tratamientos, siendo 21K16-0710 a 75 kg ha<sup>-1</sup> con 30%, similar a 21K16-0812 con un porcentaje elevado de 29.67%.

Para el día 30 posterior a la aplicación de fungicida, se puede observar un desarrollo más controlado de la enfermedad, sin embargo, no se presenta en todos los tratamientos, de modo que se puede observar que 21K16-0710 a 75 kg ha<sup>-1</sup> continuó liderando las estadísticas, aumentando su severidad en un 0.37%.

Finalmente, para el día 45 posterior a la aplicación se presentó un fenómeno poco común, puesto que se observa un crecimiento desmedido de la severidad de roya en todos los tratamientos, mismos en los que 21K16-0710 bajo 75 kg ha<sup>-1</sup> presentó el mayor daño ocasionado por la enfermedad, denotando un 54.67% de severidad.

De este modo se concluye que la línea 21K16-0710 es la que presentó una menor aceptación al control fúngico, puesto que independientemente de la densidad de siembra, su severidad presentó un patrón ascendente a lo largo de los diferentes días evaluados. Por otra parte la línea 21K16-0671, independientemente de la densidad de siembra fue la que presentó una mejor respuesta ante el control fitosanitario, misma que a pesar de su crecimiento constante en cuanto a la severidad de la enfermedad, sus valores se mantuvieron bajos a lo largo de las fechas de monitoreo.

Simbaña (2022) en su análisis demostró que INIAP-Calicuchima 92 e INIAP-Cañari 2003 presentaron únicamente 0.7% de severidad en roya, lo que muestra de manera clara que las condiciones climáticas en Cevallos fueron más propicias para reducir el índice de severidad de la presente enfermedad. Stubbs et al. (1986), añaden que la estrategia más eficaz para enfrentar la roya es emplear variedades de cultivo que presenten resistencia natural a este patógeno. Grupo Modelo México (2019) añade que ABI Voyager exhibe una capacidad de defensa contra la mancha en red, aunque es más propensa a ser afectada por la roya.

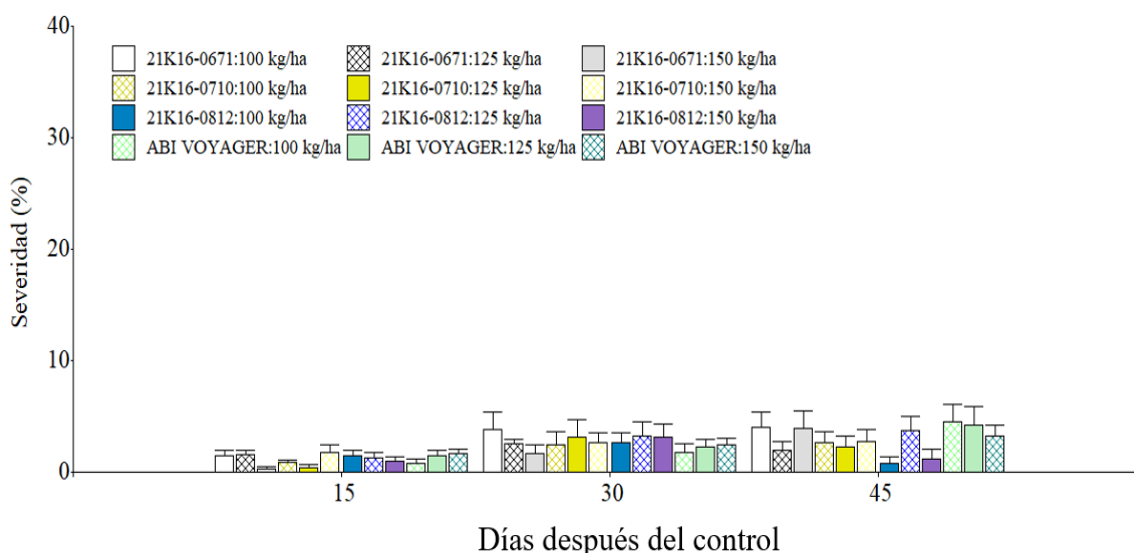
#### 4.14. Severidad de Mancha en red (*Pyrenophora teres*)

##### 4.14.1. Siembra manual

Los resultados del análisis de varianza para datos no paramétricos Prueba Friedman para porcentaje de severidad de Mancha en red, para la siembra manual indican que existe interacción ( $T^2=1.50$ ;  $p=0.0365$ ) entre los diferentes días de muestreo y los diferentes tratamientos. La Figura 55 indica que, a través de los diferentes días de evaluación, la evolución de la enfermedad se dio en límites relativamente bajos, puesto que en ningún tratamiento se presentaron valores mayores al 5% en cuanto a la severidad. Sin embargo, es importante destacar que, en el trayecto, en la mayoría de los tratamientos se presentó una tendencia ascendente en la afección de la enfermedad.

**Figura 55.**

*Porcentaje de severidad para mancha en red a través del tiempo bajo el sistema de siembra manual*



A los 15 días posteriores al control fúngico, los valores oscilaron entre 0.28% de severidad correspondientes a la línea 21K16-0671 bajo la densidad de 150 kg ha<sup>-1</sup> con el índice más bajo, y 1.79% de severidad correspondiente a la línea 21K16-0710 bajo la

misma densidad de siembra. Sin embargo, a nivel general dentro de los primeros 15 días, el material que a nivel general presentó una respuesta positiva al control fue la línea 21K16-0710, misma que reflejo en su mayoría, los índices más bajos de severidad.

A los 30 días post-control se evidenció un ligero crecimiento en la severidad de la enfermedad, sin embargo, los índices se mantuvieron bajos, siendo el máximo 3.83% de severidad correspondiente a la línea 21K16-0671 bajo 100 kg ha<sup>-1</sup> de densidad. Por otra parte, ABI Voyager, presentó una regularidad en sus bajos índices de severidad a nivel general independientemente de la densidad de siembra.

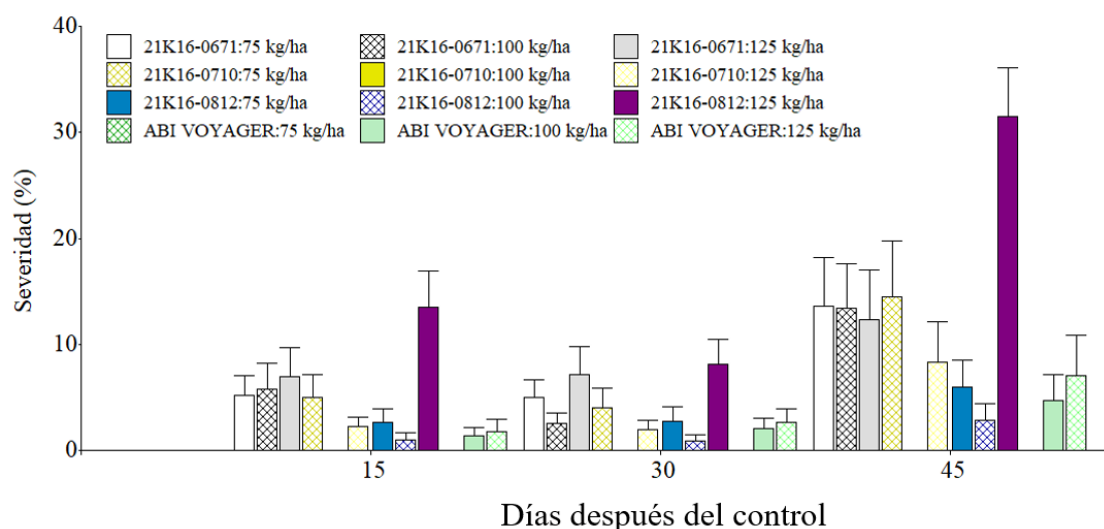
Finalmente, a los 45 días después del control fúngico, se pudo observar que los índices en muchos casos se mantuvieron bajos y pocos presentaron un ligero incremento, por su parte ABI Voyager presentó los porcentajes de afección mayor, con un 4.52% y 4.19% de severidad bajo 100 y 125 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Por su parte, la línea 21K16-0710 presentó un margen de severidad menor a 3%, demostrando la mejor eficacia en el control aplicado para la mancha en red (Figura 55).

#### 4.14.2. Siembra mecanizada

Los resultados del análisis de varianza para datos no paramétricos Prueba Friedman para la variable de severidad de Mancha en red bajo la siembra en surcos expresa que existe interacción ( $T^2=5.06$ ;  $p<0.0001$ ) durante los diferentes días de evaluación en los diferentes tratamientos.

**Figura 56.**

*Porcentaje de severidad para mancha en red a través del tiempo bajo el sistema de siembra mecanizada*



La Figura 56 refleja un comportamiento ascendente en la mayoría de los tratamientos, pero destaca uno en especial, mismo que refleja los valores más altos de severidad en los diferentes días de control. A los 15 días de control, se observa que la línea 21K16-0812 a 125 kg ha<sup>-1</sup> presentó 13.53%, a los 30 días tuvo una ligera reducción en la media con un valor de 8.09%, para finalmente ascender a los 45 días a un valor de 31.51%, denotando que el control aplicado no fue trascendental a comparación de otros tratamientos. Por otra parte, ABI Voyager y la línea 21K16-0710 a 75 y 100 kg ha<sup>-1</sup> presentaron niveles nulos de severidad para mancha en red, a través de los diferentes días de evaluación.

Es destacable mencionar que a nivel general ABI Voyager presentó los niveles más reducidos de severidad a lo largo de la fase evaluativa, concluyendo que tuvo una mejor aceptación en cuanto al control se refiere; muy opuesto a 21K16-0671 que a nivel general presentó las medias de severidad más elevados en las diferentes etapas de control, demostrando un rechazo al control que ofrece el fungicida, contrastando lo emitido por Grupo Modelo México (2019), mismo que indica que ABI Voyager presenta resistencia frente a la mancha moteada pero muestra susceptibilidad a la roya lineal amarilla.

#### 4.15. Calibre del grano $\geq 2.55$ mm

##### 4.15.1. Siembra manual

La Tabla 41 correspondiente al análisis de la varianza para el calibre del grano superior a 2.5 mm bajo el sistema de siembra manual expresa que no existe interacción entre las fuentes de variación materiales de cebada y densidades aplicada ( $p=0.7632$ ), así mismo de manera independiente al material, las densidades no presentan diferencia significativa entre ellas ( $p=0.3781$ ). Por otra parte, el estudio de los materiales de cebada, independientemente de la densidad aplicada exhibe que existe diferencia significativa ( $p=0.0104$ ).

**Tabla 41.**

*ADEVA para la variable calibre del grano bajo el sistema de siembra manual.*

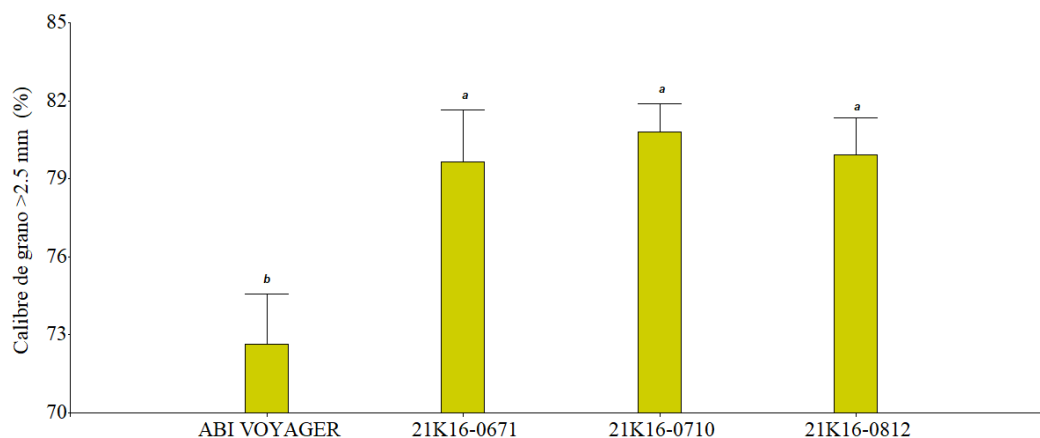
Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	4.77	0.0104
Densidad	2	22	1.02	0.3781
Material:Densidad	6	22	0.55	0.7632

La Figura 57 por su parte, muestra el comportamiento de la variable bajo el sistema de siembra en función de los distintos materiales evaluados, en la que destaca que las líneas 21K16-0671, 21K16-0710 y 21K16-0812 son bastante similares puesto que reflejan un porcentaje de calibre de grano mayor a 2.5 mm es de 79.63%, 80.81% y 79.91%

respectivamente. Caso contrario, la variedad ABI Voyager presenta una diferencia clara en relación a las demás líneas evaluadas con un valor de grano grande de 72.63%, considerado como el de menor media, reflejando así una diferencia de 8.18 unidades entre el de mayor porcentaje.

**Figura 57.**

*Porcentaje de grano con calibre  $\geq$  a 2.5mm para el sistema de siembra manual.*



#### 4.15.2. Siembra mecanizada

El análisis de varianza para la variable pertinente bajo la siembra en surcos expresa que no existe interacción entre los niveles material de cebada y densidades de siembra ( $p=0.3214$ ), del mismo modo que el análisis independiente de la densidad sin importar el material refleja nula diferencia significativa entre las mismas ( $p=0.8204$ ). Por el contrario, los materiales de cebada, independientemente de la densidad aplicada presentan diferencia estadísticamente significativa ( $p=0.0029$ ).

**Tabla 42.**

*ADEVA para la variable calibre del grano bajo el sistema de siembra mecanizada*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	6.36	0.0029
Densidad	2	22	0.20	0.8204
Material:Densidad	6	22	1.25	0.3214

En relación a la Figura 58, se expresa el comportamiento de la variable en función de cada uno de los materiales evaluados, en la que se puede distinguir que la línea 21K16-0710 destaca con la media más alta con un 83.31% de calibre de grano mayor a 2.5 mm.

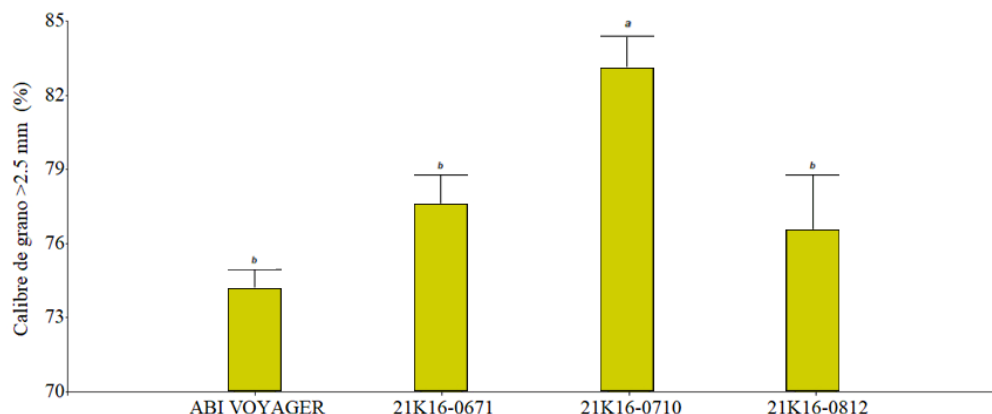
Le sigue la línea 21K16-0671 con una media de 78.31%, indicando un porcentaje promedio. En contraste, la línea de cebada 21K16-0812 muestra una media más baja de 76.20%, mientras que ABI Voyager registra la media más baja de 74.11%, sugiriendo el porcentaje inferior a las demás. Estas diferencias en las medias resaltan variaciones



significativas en el porcentaje de grano con calibre superior a 2.55 mm de los materiales, con 21K16-0710 mostrando la mayor eficiencia y ABI Voyager la menor.

**Figura 58.**

*Calibre del grano para el sistema de siembra mecanizada en función del material.*



Los datos obtenidos reflejan similitud nuevamente entre los tratamientos bajo la siembra manual y mecanizada con un porcentaje de grano superior a 2.5 mm similar, donde ABI Voyager presenta el valor más bajo indistintamente del tratamiento. Sin embargo se presenta un fenómeno relativamente desfavorable puesto que Rivas P. y Barriga B. (2002), expresan que para que se pueda considerar rentable para temas de maltería el calibre de grano grande debe superar el 80% como mínimo, caso que en el presente estudio únicamente la línea 21K16-0710 tanto el siembra al voleo como en surcos presentaron porcentajes superiores.

Al contrastar estos datos con los obtenidos por Ramirez (2014), para siembra manual y Abad (2017) para siembra con el uso de maquinaria, se observa un escenario favorable. En la primera situación, solo el 2% presentó un porcentaje de calibre de grano inferior a 2.5 mm, mientras que, en el segundo caso, únicamente el 1,4 % de todos los tratamientos mostró este efecto desfavorable.

Las temperaturas a lo largo del ciclo de cultivo desempeñan un papel crucial en el desarrollo del grano, siendo óptimas alrededor de los 15 °C para garantizar un crecimiento adecuado. La densidad de siembra, el riego y la fertilización en la obtención del calibre del grano durante la fase de llenado también son cruciales (Caluguillin, 2023; Rios et al., 2011b).

#### 4.16. Peso de mil granos

##### 4.16.1. Siembra manual

La Tabla 43 referente al peso de mil granos para el sistema de siembra al voleo expresa que, entre los niveles de estudio, materiales de cebada y densidades de siembra no existe interacción estadística ( $p=0.3036$ ). Del mismo modo, el estudio independientemente del material de cebada, exhibe que entre las densidades estudiadas no se hallan diferencias significativas ( $p=0.0563$ ).

Por otro lado, los materiales de cebada presentan diferencias significativas entre ellos ( $p=0.0043$ ), independientemente de la densidad aplicada.

**Tabla 43.**

*ADEVA para la variable peso de mil granos bajo el sistema de siembra manual*

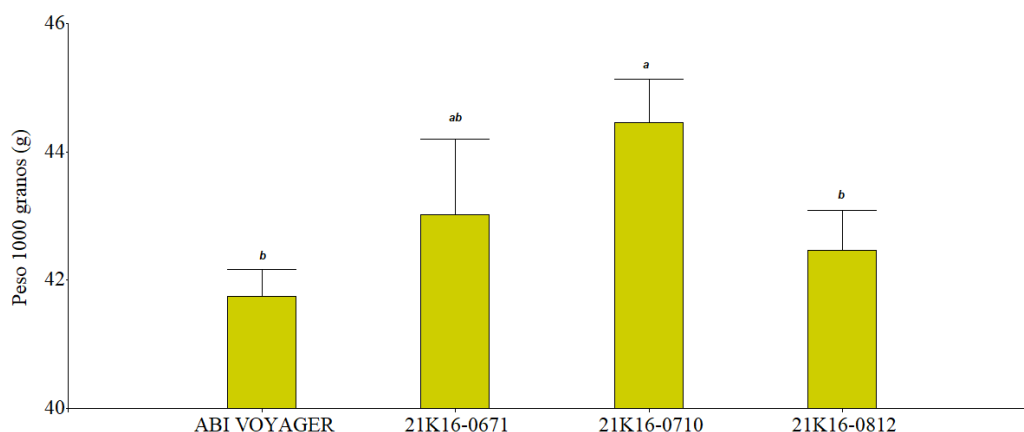
Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	5.83	0.0043
Densidad	2	22	3.87	0.0563
Material:Densidad	6	22	1.29	0.3036

La Figura 59 brinda un panorama claro sobre la variable de peso de mil granos bajo el sistema de siembra manual en función de los materiales de cebada, misma que exhibe que la línea 21K16-0710 destaca con la media más alta de 44.45 g, indicando un mayor peso promedio de 1000 granos en comparación con los otros materiales. A continuación, la línea 21K16-0671 con una media de 43.02g, mostrando también un peso considerable.

Por otro lado, la línea 21K16-0812 presenta una media ligeramente más baja de 42.47 g, mientras que ABI Voyager registra la media más baja de 41.75 g, sugiriendo un peso menor de 1000 granos en comparación con los demás materiales. Estas diferencias en las medias resaltan variaciones notables en la variable entre los materiales, con 21K16-0710 mostrando la media más alta y ABI Voyager con una diferencia de 2.7 g entre las medias de estos materiales.

**Figura 59.**

*Peso de mil granos para el sistema de siembra manual en base a los materiales estudiados.*



#### **4.16.2. Siembra mecanizada**

La Tabla 44 correspondiente al ADEVA del peso de mil granos para la siembra en surcos exhibe que existe interacción entre los niveles evaluados: materiales de cebada maltera y densidades de siembra, reflejados en un valor ( $p=0.0481$ ).

**Tabla 44.**

*ADEVA para la variable peso de mil granos bajo el sistema de siembra mecanizada.*

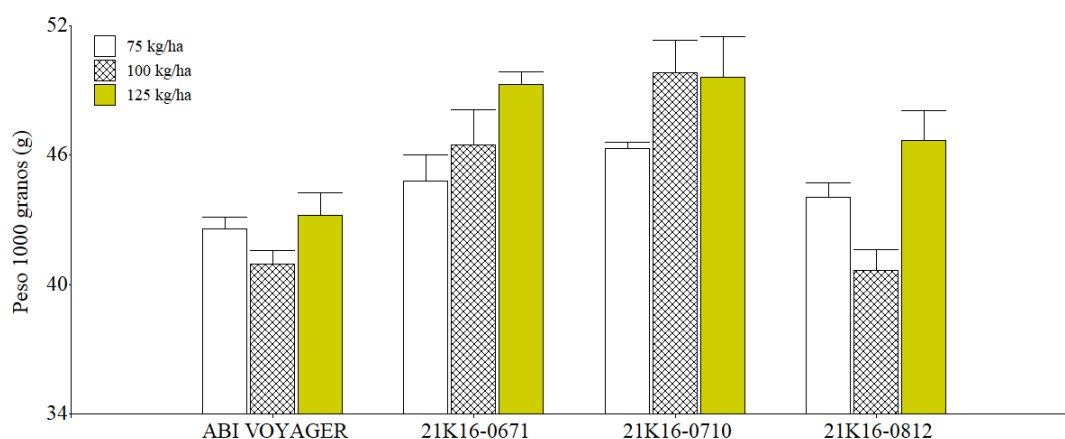
Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	19.17	<0.0001
Densidad	2	22	7.74	0.0028
Material:Densidad	6	22	2.44	0.0481

De acuerdo con la Figura 60 que hace alusión al comportamiento de la variable para los diferentes tratamientos, en base a las diferentes densidades se destaca que para la densidad de  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  la mayor media se registra en el material 21K16-0710 con 46.33g, mientras que la menor media corresponde a ABI Voyager con 42.58g. Para la densidad de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ , 21K16-0710 muestra la mayor media con 49.82g, a contraste de ABI Voyager y 21K16-0812 que presentan medias similares, con 40.95g y 40.67g respectivamente, representando los pesos más bajos.

Finalmente, para  $125 \text{ kg ha}^{-1}$  las líneas 21K16-0710 y 21K16-0671 comparten el liderazgo, con medias de 49.61g y 49.26 g respectivamente, a diferencia de ABI Voyager, misma que repite la menor media en el peso con un valor de 43.22 g.

**Figura 60.**

*Peso de mil granos para el sistema de siembra mecanizada*



Además, en el análisis individual por material de cebada se puede observar que para la línea 21K16-0671, se observa un aumento progresivo en la media del peso de 1000 granos a medida que la densidad aumenta. A densidad 75 kg ha<sup>-1</sup>, la media es de 44.79g, incrementando a 46.48g a densidad 100 kg ha<sup>-1</sup> y alcanzando el valor más alto de 49.26g a densidad 125 kg ha<sup>-1</sup>.

En el caso de 21K16-0710, también se evidencia un aumento en la media del peso de 1000 granos con el incremento de la densidad. A densidad 75 kg ha<sup>-1</sup>, la media es de 46.33g, aumentando a 49.82g a densidad 100 kg ha<sup>-1</sup> y disminuyendo a 49.61g a densidad 125 kg ha<sup>-1</sup>.

En contraste, el material 21K16-0812 muestra un patrón diferente. La media disminuye de densidad 75 kg ha<sup>-1</sup> (44.06 g) a densidad 100 kg ha<sup>-1</sup> (40.67 g) y luego vuelve a aumentar a densidad 125 kg ha<sup>-1</sup> (46.69 g). Finalmente, para la variedad ABI Voyager, bajo la densidad 75 kg ha<sup>-1</sup>, la media es de 42.58g, disminuyendo a 40.95 g a densidad 100 kg ha<sup>-1</sup> y luego aumentando ligeramente a 43.22g a densidad 125 kg ha<sup>-1</sup>.

A nivel general los datos oscilaron entre 41 y 45 gramos para la siembra manual, con un promedio de 42.92 g destacando la línea 21K16-0710 con el promedio de peso de 1000 mayor, contraponiéndose a los resultados de Caluguillin (2023), misma que en su evaluación de 144 líneas de cebada maltera bajo las mismas condiciones climáticas de Chaltura (Temperaturas oscilando entre 14 y 16 °C, acompañadas de precipitaciones anuales en un rango de 500 a 750 mm), obtuvo rendimientos de 38.68 g.

Datos similares se presentaron para la siembra mecanizada, donde a nivel general 21K16-0710 presentó las medias superiores, especialmente aquel tratamiento sometido a una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> con 49.82 g.

Según la guía de cultivo de cebada expuesta por Grupo Modelo México (2019), indica que el valor ideal para grano maltero puede oscilar entre 30 a 45 g, sin embargo reafirma que estas condiciones son variables y determinadas por condiciones ambientales. Con esta premisa se concluye que tanto para el sistema de siembra manual el 100% de los tratamientos cumplieron con el requerimiento, sin embargo, para siembra mecanizada únicamente el 50% de los tratamientos se acoplaron a lo expuesto.

En concordancia con Caluguillin (2023) y Perez et al. (2016), quienes expresan que la calidad física del grano experimenta una mejora sustancial en entornos con temperaturas frescas favoreciendo a una acumulación más prolongada de materia seca, mientras que niveles superiores de humedad en el suelo reducen la evapotranspiración.

#### 4.17. Peso Hectolítrico

##### 4.17.1. Siembra manual

El análisis de varianza para el peso hectolítrico correspondiente al sistema de siembra manual expresado en la Tabla 45, expone que existe interacción entre las fuentes de variación analizadas (materiales de cebada y densidades de siembra), con un valor (p=0404), mismo que se considera estadísticamente estable.

**Tabla 45.**

*ADEVA para la variable peso hectolítrico bajo el sistema de siembra manual.*

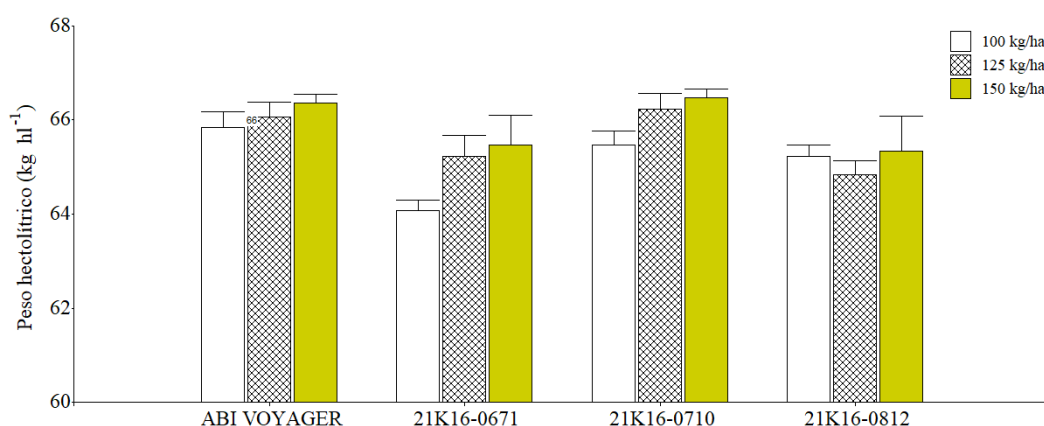
Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	7.21	0.0015
Densidad	2	22	3.76	0.0595
Material:Densidad	6	22	0.86	0.0404

La Figura 61 muestra una similitud en los resultados obtenidos en base a cada densidad de siembra, sin embargo, es importante identificar que bajo la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, la línea 21K16-0671 presenta el valor más bajo de 64.07 kg hl<sup>-1</sup>, en contraste con la variedad ABI Voyager, misma que presentó la media más alta con 65.83 kg hl<sup>-1</sup>. En cuanto a la densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>, la línea 21K16-0671 presenta una media de 65.23 kg hl<sup>-1</sup>, 21K16-0710 tiene una media de 66.23 kg hl<sup>-1</sup>, 21K16-0812 tiene una media de 64.83 kg hl<sup>-1</sup>, y ABI Voyager tiene una media de 66.07 kg hl<sup>-1</sup>. Aquí, nuevamente, ABI Voyager muestra la mayor media, y 21K16-0812 muestra la menor media.

Finalmente, bajo la densidad de 150 kg ha<sup>-1</sup>, el comportamiento en ABI Voyager y 21K16-0710 fue similar, con las medias más altas (66.37 y 66.47 kg hl<sup>-1</sup>). En comparación con las líneas 21K16-0671 y 21K16-0812, mismas que presentaron las medias más bajas en cuanto al peso hectolítrico.

**Figura 61.**

*Peso hectolítrico para el sistema de siembra manual.*



En base al análisis por cada material, cabe recalcar que el comportamiento en las diversas densidades fue relativamente similar, puesto que a medida que aumentó la densidad, el valor de peso hectolítrico incrementaba, a excepción de la línea 21K16-0812, misma que presentó un comportamiento irregular. Para ABI Voyager, a densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>, la media fue de 65.83 kg hl<sup>-1</sup>, aumenta a 66.07 kg hl<sup>-1</sup> a 125 kg ha<sup>-1</sup>, y mantiene la mayor media en 66.37 kg hl<sup>-1</sup> a 150 kg ha<sup>-1</sup>. ABI Voyager presenta una tendencia al aumento de la media con la densidad, siendo consistente en su posición como el material con la mayor media en todas las densidades evaluadas.

En 21K16-0671, se mantiene la tendencia ascendente en el peso hectolítrico a medida que aumenta la densidad, con una clara diferencia de 1.4 unidades entre la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> y 150 kg/ ha. En cuanto a la línea 21K16-0710, la densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> presentó una media de 65.47 kg hl<sup>-1</sup>, aumentando a 66.23 kg hl<sup>-1</sup> a 125 kg ha<sup>-1</sup> y manteniéndose en 66.47 kg hl<sup>-1</sup> a 150 kg ha<sup>-1</sup>. Por último, la línea 21K16-0812 bajo densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> presentó una media de 65.23 kg hl<sup>-1</sup>, disminuyendo a 64.83 kg hl<sup>-1</sup> a 125 kg ha<sup>-1</sup>, y aumentando ligeramente a 65.33 kg hl<sup>-1</sup> a 150 kg ha<sup>-1</sup>.

#### **4.17.2. Siembra mecanizada**

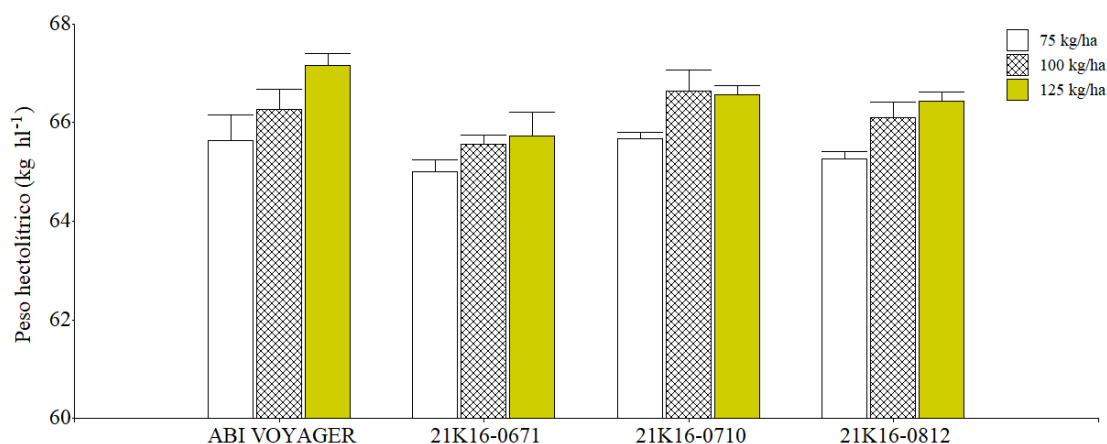
En relación a la Tabla 46, misma que presenta el análisis de la varianza para el peso hectolítrico en el sistema de siembra mecanizada, refleja que existe interacción estadística entre los materiales de cebada maltera y las densidades de siembra aplicadas (p=0.0446).

**Tabla 46.***ADEVA para la variable peso hectolítrico bajo el sistema de siembra mecanizada.*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	5.17	0.0074
Densidad	2	22	11.89	0.0003
Material:Densidad	6	22	2.52	0.0446

La Figura 62 muestra el comportamiento de la variable en relación a los diferentes materiales de cebada utilizados y las densidades a las que fueron aplicados, a pesar de que estas se comportan de manera similar, arrojando resultados parecidos es importante destacar sus diferencias más notables, de modo que se presenta que a 75 kg ha<sup>-1</sup>, la línea 21K16-0671 exhibe la menor media con 65.00 kg hl<sup>-1</sup>, mientras que la línea 21K16-0710 presenta la mayor media con un valor de 65.67 kg hl<sup>-1</sup>.

Al aumentar a 100 kg ha<sup>-1</sup>, 21K16-0671 mantiene la menor media, 65.57 kg hl<sup>-1</sup>, y 21K16-0710 sigue liderando con la mayor media, 66.27 kg hl<sup>-1</sup>. Finalmente, a 125 kg ha<sup>-1</sup>, 21K16-0671 nuevamente muestra la menor media de 65.73 kg hl<sup>-1</sup>, mientras que la variedad ABI Voyager conserva la mayor media, 67.17 kg hl<sup>-1</sup>.

**Figura 62.***Peso hectolítrico para el sistema de siembra mecanizada.*

En base al análisis por cada uno de los materiales se observa que existe un patrón ascendente en el valor del peso hectolítrico en todos los materiales, a excepción de la línea 21K16-0710, el mismo que presenta un patrón irregular, de este modo la Figura 62 complementa la información mostrando que, en ABI Voyager, se observa una clara tendencia positiva en el peso hectolítrico a medida que la densidad aumenta. La media del peso hectolítrico incrementa progresivamente desde 65.63 a 67.17 a medida que la densidad pasa de 75 a 125 kg ha<sup>-1</sup>.

Caso similar a la línea 21K16-0671 puesto que se observa que a medida que la densidad aumenta de 75 a 125 kg ha<sup>-1</sup>, el peso hectolítrico también experimenta un aumento gradual, pasando de 65 a 65.73 kg hl<sup>-1</sup> respectivamente.

Por su parte en la línea 21K16-0710, se observa un aumento en el peso hectolítrico al aumentar la densidad de 75 a 100 kg ha<sup>-1</sup> (de 65.67 a 66.63) kg hl<sup>-1</sup>, pero luego hay una ligera disminución a 66.57 kg hl<sup>-1</sup> con una densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>.

Finalmente, en 21K16-0812, se observa un aumento consistente en el peso hectolítrico a medida que la densidad se incrementa de 75 a 125 kg ha<sup>-1</sup>. La media del peso hectolítrico pasa de 65.27 a 66.43, indicando que se conserva esa relación positiva entre la densidad y valor de la variable.

A forma de resumen se expone que el peso hectolítrico en siembra al voleo presentó valores entre 64 a 66, precisamente con un promedio de 66.03 kg hl<sup>-1</sup>, bastante similar con la siembra mecanizada misma que arrojó un promedio de 66.33 kg hl<sup>-1</sup>. De este modo se reafirma que indistintamente del tipo de siembra o densidad de siembra, el peso hectolítrico viene determinada por factores de genotipo, condiciones agroclimáticas y factores externos. Esta variabilidad se corrobora con los análisis de Ramirez (2014), mismo que en condiciones climáticas diferentes a la zona del presente ensayo bajo siembra manual obtuvo un promedio de 60.34 kg hl<sup>-1</sup>.

Grupo Modelo México (2019), expresa que el peso hectolítrico ideal para el grano de cebada maltera se ubica en 56 a 65 kg hl<sup>-1</sup>, demostrando que el 100% de los ensayos se encuentran por debajo de los límites especificados, sin embargo, estudios previos en la localidad expresan que se han obtenido pesos específicos entre 59 y 77.9 kg hl<sup>-1</sup> lo que indica que el peso elevado es una característica inherente de la localidad (Pinchao, 2023).

#### **4.18. Rendimiento**

##### ***4.18.1. Siembra manual***

En relación a la variable rendimiento (Tn ha<sup>-1</sup>), la Tabla 47 refleja que no existe interacción entre los materiales de cebada y las densidades aplicadas bajo el sistema de siembra manual (p=0.5678), así mismo no se presentan diferencias significativas entre las densidades aplicadas, independientemente del material de cebada (p=0.7014); sin embargo al analizar cada uno de los materiales se presentaron diferencias significativas independientemente de la densidades de siembra a las que se las expuso (p=0.0020).

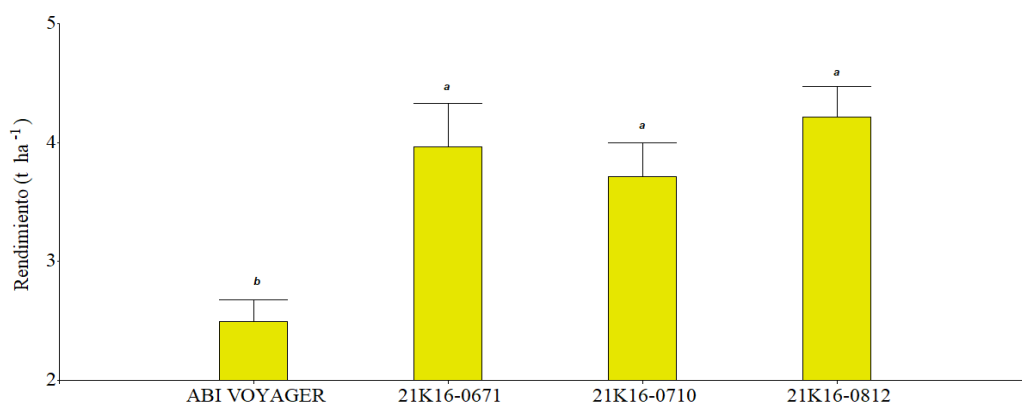


**Tabla 47.***ADEVA para el rendimiento del sistema de siembra manual*

Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	6.86	0.0020
Densidad	2	22	0.36	0.7014
Material:Densidad	6	22	0.82	0.5678

La Figura 63 refleja el comportamiento del rendimiento en cada uno de los materiales de cebada, independientemente de la influencia que pudo haber tenido la densidad de siembra sobre estos. La figura es clara en exponer que las 3 líneas evaluadas presentaron un comportamiento similar entre ellas, a diferencia de la variedad ABI Voyager, misma que claramente ofrece un rendimiento menor en comparación de los otros materiales evaluados.

Las líneas 21K16-0812 y 21K16-0671 destacan con el rendimiento medio más alto de 4.21 Tn ha<sup>-1</sup> y 3.96 Tn ha<sup>-1</sup> respectivamente, indicando una productividad superior en comparación con los otros. En contraste, ABI Voyager presenta el rendimiento más bajo con una media de 2.49 Tn ha<sup>-1</sup>.

**Figura 63.***Rendimiento del cultivo para el sistema de siembra manual en base a cada material.*

#### 4.18.2. Siembra mecanizada

La Tabla 48, por su parte refleja el análisis de varianza correspondiente al rendimiento de la siembra mecanizada, misma que expresa que existe interacción entre los materiales de cebada y las diferentes densidades de siembra a las que fueron sometidas, reflejándose estadísticamente en un valor ( $p=0.0475$ ).

**Tabla 48.***ADEVA para el rendimiento del sistema de siembra mecanizada*

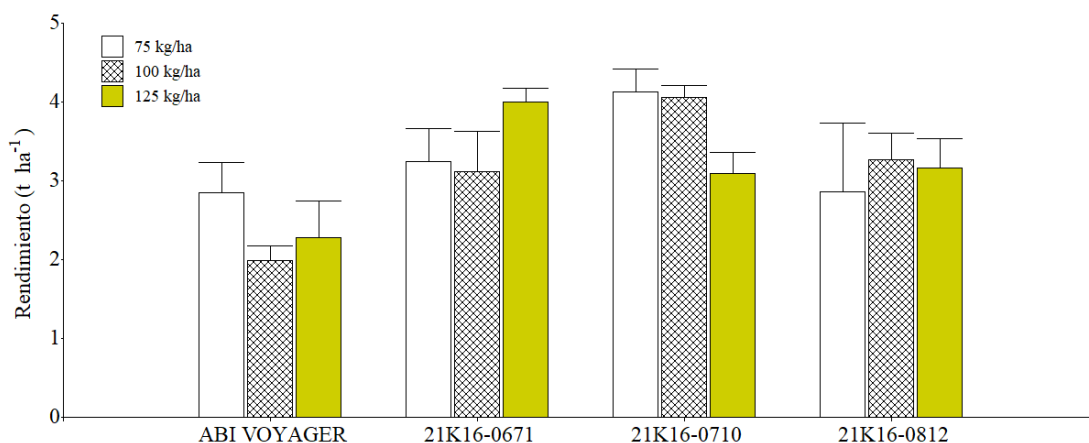
Fuente de variación	glFV	glEE	F	P
Material	3	22	6.25	0.0031
Densidad	2	22	0.18	0.8336
Material:Densidad	6	22	1.49	0.0475

La Figura 64 muestra el comportamiento de los tratamientos bajo las distintas densidades de siembra, destacando que a 75 kg ha<sup>-1</sup>, 21K16-0710 lidera con un rendimiento máximo de 4.13 Tn ha<sup>-1</sup>, mientras que ABI Voyager muestra el mínimo de 2.85 Tn ha<sup>-1</sup>, generando una diferencia de 1.28 Tn ha<sup>-1</sup>, evidenciando variabilidad en las respuestas.

A 100 kg ha<sup>-1</sup>, 21K16-0710 destaca con 4.06 Tn ha<sup>-1</sup>, en contraste con el mínimo de 1.99 Tn ha<sup>-1</sup> de ABI Voyager. La brecha significativa de 2.07 Tn ha<sup>-1</sup> subraya la importancia de elegir la densidad adecuada. En 125 kg ha<sup>-1</sup>, 21K16-0671 lidera con 4.00 Tn ha<sup>-1</sup>, mientras que ABI Voyager muestra el mínimo de 2.28 Tn ha<sup>-1</sup>. La diferencia de 1.72 Tn ha<sup>-1</sup> destaca la variabilidad en las respuestas a distintas densidades, indicando que un rendimiento más alto es más favorable.

**Figura 64.**

*Rendimiento del cultivo para el sistema de siembra mecanizada.*



El análisis independiente de cada variable expresa que para la línea 21K16-0671, se aprecia un aumento significativo en el rendimiento al pasar de una densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup> (3.25 Tn ha<sup>-1</sup>) a 125 kg ha<sup>-1</sup> (4.00 Tn ha<sup>-1</sup>). En contraste, el rendimiento de 21K16-0710 muestra una disminución desde 4.13 Tn ha<sup>-1</sup> a 3.09 Tn ha<sup>-1</sup> al aumentar la densidad de 75 a 125 kg ha<sup>-1</sup>. 21K16-0812 exhibe variabilidad, con un aumento en el rendimiento de 2.86 Tn ha<sup>-1</sup> a 3.26 Tn ha<sup>-1</sup> al pasar de 75 a 100 kg ha<sup>-1</sup>, seguido de una leve disminución a 3.16 Tn ha<sup>-1</sup> a una densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>. Finalmente, en ABI Voyager, la relación entre densidad y rendimiento es más compleja, mostrando una disminución drástica de 2.85 Tn ha<sup>-1</sup> a 1.99 Tn ha<sup>-1</sup> al aumentar la densidad de 75 a 100 kg ha<sup>-1</sup>, seguida de un aumento a 2.28 Tn ha<sup>-1</sup> a 125 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 62).

De este modo se puede concluir que 21K16-0710 destaca con la mayor media de 4.13 Tn ha<sup>-1</sup> a una densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que ABI Voyager registra la menor media de 1.99 Tn ha<sup>-1</sup> a 100 kg ha<sup>-1</sup>.

De forma general se puede observar un comportamiento irregular en el rendimiento obtenido por los diferentes tratamientos, Garrido (2017), propuso que el rendimiento viene determinado por la densidad de siembra, puesto que mientras más cantidad de semilla utilizada más rendimiento final se obtendría, lo que se opone directamente a lo obtenido en el presente ensayo, sin embargo Anderson et al., (1995), manifiestan que la generación de polen vulnerable, escasez de agua y temperaturas elevadas, en la etapa de formación de granos, puede conducir a una reducción en los rendimientos del cultivo.

De manera general se observa que ABI Voyager indistintamente del sistema de siembra o densidad, presenta los promedios más bajos con 2.49 Tn ha<sup>-1</sup> en siembra manual y 2.37 Tn ha<sup>-1</sup>, lo que corresponde a un valor muy por debajo del promedio puesto que Grupo Modelo México (2019), indica que para ABI Voyager en zonas de mediana y alta productividad el rendimiento oscilaría entre 4.2 a 6.4 Tn ha<sup>-1</sup>.

Sin embargo, el estudio realizado en Chaltura por Sánchez (2023), supone medias similares en cuanto a rendimiento, siendo la más notable la línea 21K16-0812, misma que presentó una media de 3.67 Tn ha<sup>-1</sup>, siendo relativamente similar a los resultados obtenidos en la presente investigación.

Basantes (2015), ha manifestado que la media de producción de Cebada en el Ecuador está entre 2.5 a 3.7 toneladas, partiendo de esta premisa se puede concluir en únicamente el 12% de los resultados obtenidos se encuentran por debajo del promedio, denotando la idealidad de las condiciones agroclimáticas de la zona para una producción adecuada.

Internamente la comparativa entre los diferentes sistemas de siembra demuestran que existe similitud entre los rendimientos para los diferentes sistemas de siembra, con un rendimiento máximo de 4.21 Tn ha<sup>-1</sup> para mecanizada y 4.13 Tn ha<sup>-1</sup> para manual, sin embargo, es importante recalcar que las densidades de siembra que interactúan en las formas de sembrar no fueron las mismas.

#### **4.19. Costos de producción**

La Tabla 49, referente a los costos de producción de los diferentes tratamientos expone que a nivel general los costos por cada hectárea producida no superan los 1 500 USD, sin

embargo, se observa que todos estos varían en relación a la densidad de siembra aplicada y el sistema de siembra.

Para el cálculo independiente de cada costo se consideraron elementos variables e indispensables, como lo son el rendimiento promedio obtenido por cada tratamiento, el costo de la mano de obra en las actividades de siembra, precio de la semilla en función de la densidad utilizada, costo de alquiler de trilladora en función de la cantidad obtenida y el costo de alquiler de maquinaria en el caso de la siembra mecanizada, tal y como se exponen en los Anexos 14 y 15.

**Tabla 49.**

*Costos de producción en los diferentes tratamientos, bajo los diferentes sistemas de siembra.*

Sistema de siembra	Tratamiento	Material	Densidad kg ha <sup>-1</sup>	Costo de producción (USD/ha)
Manual	1	ABI Voyager	100	1 216.39
Manual	2	ABI Voyager	125	1 238.73
Manual	3	ABI Voyager	150	1 256.38
Manual	4	21K16-0671	100	1 221.63
Manual	5	21K16-0671	125	1 241.74
Manual	6	21K16-0671	150	1 262.10
Manual	7	21K16-0710	100	1 231.90
Manual	8	21K16-0710	125	1 238.56
Manual	9	21K16-0710	150	1 259.14
Manual	10	21K16-0812	100	1 219.04
Manual	11	21K16-0812	125	1 235.69
Manual	12	21K16-0812	150	1 251.26
Mecanizada	1	ABI Voyager	75	1 257.25
Mecanizada	2	ABI Voyager	100	1 276.45
Mecanizada	3	ABI Voyager	125	1 296.50
Mecanizada	4	21K16-0671	75	1 260.14
Mecanizada	5	21K16-0671	100	1 280.97
Mecanizada	6	21K16-0671	125	1 301.68
Mecanizada	7	21K16-0710	75	1 262.28
Mecanizada	8	21K16-0710	100	1 279.69
Mecanizada	9	21K16-0710	125	1 297.03
Mecanizada	10	21K16-0812	75	1 262.54
Mecanizada	11	21K16-0812	100	1 283.63
Mecanizada	12	21K16-0812	125	1 303.03

En la Tabla 49 se observa un patrón de costo ascendente en medida que la densidad aumenta, sin embargo, los costos se mantienen en un rango estable. Para la siembra manual, destaca que el tratamiento que presentó un mayor costo de producción fue el T6,

con un costo de 1 262.10 USD ha<sup>-1</sup>, en comparación de T1, mismo que presentó el menor costo de producción con un total de 1 216.39 USD, reflejando una diferencia de 45.71 USD, misma que no supondría una diferencia mayormente significativa.

Por parte del sistema de siembra mecanizada se exhibe que el tratamiento con un costo de producción mayor fue T12, correspondiente a la línea 21K16-0812 a una densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>, en contraste con el T1 que presentó un costo de producción de 1 257.25 USD, situando una diferencia de 45.78 USD entre ellos.

A pesar de que los tratamientos indistintamente del sistema de siembra resulten similares en su costo, análisis con proyecciones a mayor área cultivada supone que la siembra mecanizada resultaría una reducción incluso mayor al 50% por parte de los costos de producción, ya que la mecanización destaca en su eficiencia y velocidad superando a la siembra manual, ya que reduce significativamente los costos laborales asociados (Huiza, 2008).

La precisión y uniformidad en la distribución de semillas por las máquinas de siembra modernas contribuyen a un mejor rendimiento de los cultivos, generando beneficios económicos sostenidos. Además, la menor fatiga física en comparación con el trabajo manual y la escalabilidad de la maquinaria permiten una gestión más eficiente y flexible de las operaciones agrícolas, consolidando así la siembra mecanizada como una alternativa más rentable en contextos de grandes superficies de cultivo (Grupo Modelo México, 2019).

Sin embargo, es indispensable reconocer que indistintamente de los costos de producción obtenidos, lo realmente relevante es la rentabilidad que se obtuvo en cada tratamiento, para poder determinar económicamente los tratamientos más recomendables en cada caso.

#### **4.20. Relación Beneficio/Costo**

La Tabla 50 exhibe el comportamiento económico de la variable de relación B/C, en relación con cada tratamiento, considerando tanto el sistema de siembra manual como el mecanizada. El informe adjunto proporciona una visión clara desde el punto de vista monetario, basándose en el costo de producción y el rendimiento final alcanzado en cada tratamiento. Este análisis culmina en un indicador revelador que permite identificar, en cada caso, el tratamiento más ventajoso en función de las circunstancias particulares, sin embargo, en la totalidad de los casos se observa un patrón positivo, de acuerdo con el indicado de beneficio/costo.

**Tabla 50.***Análisis económico de rentabilidad para los diferentes tratamientos*

Sistema de siembra	T	Material	Densidad (kg ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	Precio de venta (USD/kg)	Beneficio Total (USD/ha)	Costo de producción kg ha <sup>-1</sup>	B/C
Manual	1	ABI Voyager	100	3 701.88	0.77	2 850.45	1 216.39	2.34
Manual	2	ABI Voyager	125	3 759.56	0.77	2 894.86	1 238.73	2.33
Manual	3	ABI Voyager	150	3 727.6	0.77	2 870.25	1 256.38	2.28
Manual	4	21K16-0671	100	3 798.52	0.77	2 924.86	1 221.63	2.39
Manual	5	21K16-0671	125	3 815.8	0.77	2 938.17	1 241.74	2.36
Manual	6	21K16-0671	150	3 834	0.77	2 952.18	1 262.10	2.33
Manual	7	21K16-0710	100	3 988	0.77	3 070.76	1 231.90	2.49
Manual	8	21K16-0710	125	3 756.24	0.77	2 892.30	1 238.56	2.33
Manual	9	21K16-0710	150	3 778.76	0.77	2 909.65	1 259.14	2.31
Manual	10	21K16-0812	100	3 750.8	0.77	2 888.12	1 219.04	2.36
Manual	11	21K16-0812	125	3 702.72	0.77	2 851.09	1 235.69	2.30
Manual	12	21K16-0812	150	3 633.16	0.77	2 797.53	1 251.26	2.23
Mecanizada	1	ABI Voyager	75	3 056.08	0.77	2 353.18	1 257.25	1.87
Mecanizada	2	ABI Voyager	100	3 055.08	0.77	2 352.41	1 276.45	1.84
Mecanizada	3	ABI Voyager	125	3 070.92	0.77	2 364.61	1 296.50	1.82
Mecanizada	4	21K16-0671	75	3 109.84	0.77	2 394.58	1 260.14	1.90
Mecanizada	5	21K16-0671	100	3 137.40	0.77	2 415.80	1 280.97	1.88
Mecanizada	6	21K16-0671	125	3 166.68	0.77	2 438.34	1 301.68	1.87
Mecanizada	7	21K16-0710	75	3 148.60	0.77	2 424.42	1 262.28	1.92
Mecanizada	8	21K16-0710	100	3 115.88	0.77	2 399.23	1 279.69	1.87
Mecanizada	9	21K16-0710	125	3 077.64	0.77	2 369.78	1 297.03	1.82
Mecanizada	10	21K16-0812	75	3 153.76	0.77	2 428.40	1 262.54	1.92
Mecanizada	11	21K16-0812	100	3 186.64	0.77	2 453.71	1 283.63	1.91
Mecanizada	12	21K16-0812	125	3 189.64	0.77	2 456.02	1 303.03	1.88

Para ABI Voyager, bajo el sistema de siembra manual se expresa que el T1 fue el que ofreció una mejor rentabilidad, generando 1.343 USD por cada dólar invertido en una producción por hectárea, así mismo, en la siembra mecanizada el T1 produjo una mejor valoración económica, obteniendo 0.872 USD por cada dólar invertido.

En función de la línea 21K16-0671, bajo el sistema de siembra manual el tratamiento que obtuvo una mejor relación económica b/c fue el sometido a una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>,

puesto que ofrece 1.394 USD por cada unidad de dólar invertida, por su parte en el sistema de siembra mecanizada, el T4 conserva el liderazgo, puesto que genera 0.900 USD por cada 1 USD de inversión.

Para 21K16-0710 en la siembra manual el tratamiento 7 produjo 1.493 USD por cada dólar invertido en la producción por hectárea, similar a lo obtenido en el sistema de siembra mecanizada a una densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>, ya que monetariamente significa una ganancia de 0.921 USD por cada inversión de dólar. Finalmente, para 21K16-0812 en la siembra manual el T10 resultó en el mejor, ya que ofreció una rentabilidad de 1.369 USD por cada dólar utilizado en su producción por hectárea. En contraste, con la siembra mecanizada donde la siembra a 75 kg ha<sup>-1</sup> produjo una ganancia de 0.923 USD por unidad monetaria invertida.

De manera general para siembra manual, en base a los resultados se puede decir que el T7 reflejó ser favorable puesto que ofrece una ganancia de 1.493 USD por cada dólar invertido, en contraste con el T12, ya que este genera una rentabilidad de 1.236 USD. Por su parte en la siembra mecanizada se destaca el T10, reflejando una ganancia mayor de 0.923 USD por cada unidad de dólar invertida. Chalacan (2023), presentó una rentabilidad similar, con un promedio de (B/C = 1.80), lo que supone que obtuvo una ganancia de 0.80 USD por cada dólar invertido, asemejándose con el sistema de siembra mecanizada.

Sin embargo, a pesar de un panorama aparentemente exitoso en cada uno de los tratamientos, es indispensable recordar que los aspectos económicos vienen influenciados directamente por el manejo previo en el cultivo, mismos que al realizarlos en grandes extensiones van a variar en función de las características del mismo.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Con base en los resultados obtenidos, se ha podido determinar que todos los tratamientos se ajustaron a los parámetros ideales de producción. No obstante, bajo el sistema de siembra manual, los tratamientos independientemente del material genético o densidad, exhibieron una madurez prematura antes de los 105 días después de la siembra. Por otro lado, en el caso de la siembra mecanizada, aunque los valores se mantuvieron similares entre sí, se destaca que el cultivar ABI Voyager, sembrado a una densidad de 125 kg ha<sup>-1</sup>, que mostró una madurez más temprana con una media de 101 días. En general, esto sugiere que esta variedad tiende a alcanzar la madurez fisiológica en un período más corto en las condiciones específicas de siembra evaluadas. Estos hallazgos contribuyen significativamente a la comprensión de los factores que influyen en la maduración de los cultivos y tienen implicaciones importantes para mejorar la eficiencia y productividad en la agricultura.
- Se añade que, en el contexto de la siembra manual, los tratamientos T12, T10, T7 y T1 destacan por su sobresaliente adaptación y respuestas agronómicas, evidenciadas especialmente por valores superiores en el número de granos por espiga, una altura acorde al tamaño ideal y una notable resistencia a enfermedades fúngicas como Roya y Mancha en red, reflejada en porcentajes de severidad bajos. Por otro lado, en el ámbito de la siembra mecanizada, los tratamientos T1 y T12 sobresalen en las mismas variables agronómicas críticas. De manera consistente, independientemente del sistema de siembra y densidad aplicada, ABI Voyager y 21K16-0812 exhiben una respuesta superior en los aspectos evaluados.
- Al abordar los criterios de calidad en el contexto de la siembra manual, resalta el notable desempeño de los tratamientos T4 y T11, evidenciando pesos hectolítricos de 64 y 64.83 kg hl<sup>-1</sup> respectivamente, situándose dentro de los estándares establecidos para granos de cebada maltera de alta calidad. A pesar de que todos los tratamientos cumplen con los parámetros establecidos para el peso de mil granos, se observa un porcentaje de calibre de grano inferior a lo requerido. En el ámbito de la siembra mecanizada, el tratamiento más sobresaliente en términos de



los parámetros de calidad es el T4, con un peso de mil granos de 44.79 g y un peso hectolítrico ideal de 65 kg hl<sup>-1</sup>. En consecuencia, se concluye que, de manera consistente en todos los tratamientos, la línea 21K16-0671 destaca como la más eficiente en cuanto a los criterios de calidad evaluados.

- En el ámbito económico, es crucial señalar que todos los tratamientos analizados mostraron variaciones en los costos de producción, dependiendo de la densidad y el tipo de siembra aplicados. Estos costos fluctuaron en función de la cantidad de semilla utilizada y el tiempo de mano de obra o alquiler de la sembradora. Sin embargo, el indicador de relación beneficio-costos reveló que, en términos de rentabilidad económica por hectárea, el tratamiento más favorable para la siembra manual fue el T7, generando una ganancia de 1.49 USD por cada unidad de dólar invertido. En contraste, en el sistema de siembra mecanizada, el tratamiento más destacado fue el T11, evidenciando un rendimiento superior y una rentabilidad final destacada en términos económicos.
- Finalmente tras examinar detalladamente los parámetros cruciales de calidad, la respuesta agronómica a lo largo de las fases fenológicas del cultivo, el índice de incidencia de enfermedades relevantes y los indicadores económicos más significativos para el sector agrícola, se infiere que, en el caso de la siembra manual, la línea 21K16-0710 bajo una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> y, en el caso de la siembra mecanizada, los tratamientos T10 y T1 destacaron por su superioridad en los aspectos mencionados anteriormente. Esta deducción culmina en la identificación de estas interacciones como las más propicias para alcanzar una producción de calidad y obtener beneficios económicamente rentables.

## 5.2. Recomendaciones

- Se sugiere llevar a cabo un análisis más exhaustivo mediante la estandarización de densidades entre los distintos sistemas de siembra. Además, se propone ampliar el espectro de parámetros de calidad evaluados, incluyendo aspectos más detallados como el porcentaje de proteína y la respuesta al proceso de malteado. Este enfoque más integral permitirá una comprensión más completa y detallada de las características agronómicas y de calidad de los tratamientos, aportando nuevos conocimientos que contribuirán a una toma de decisiones más informada en el ámbito agrícola.

- Se aconseja realizar estudios específicos sobre estrategias de manejo de enfermedades fúngicas, aprovechando la resistencia destacada observada en algunos tratamientos. Identificar prácticas agronómicas, tratamientos fitosanitarios u otros métodos que fortalezcan la resistencia de los cultivos podría ser crucial para mejorar la salud de las plantas y garantizar rendimientos consistentes.
- Se propone llevar a cabo un análisis económico más detallado, desglosando los costos de producción y considerando posibles variabilidades en los precios de mercado. Esto permitiría obtener una comprensión más precisa de la rentabilidad económica de cada tratamiento, brindando información valiosa para la toma de decisiones en la gestión agrícola.
- A fin de optimizar el rendimiento del cultivo y asegurar una rentabilidad económica eficiente, se recomienda utilizar la línea 21K16-0812. En caso de realizar una siembra manual, la densidad ideal es de 150 kg por hectárea. Para siembra mecanizada, es recomendable mantener el mismo material genético, pero a una densidad de 100 kg por hectárea, con el fin de maximizar tanto el rendimiento como la rentabilidad económica.
- Por otra parte, si el objetivo del agricultor precisa de obtener un mayor porcentaje de calibre de grano grande se recomienda conservar la línea 21K16-0812 bajo densidad de 150 kg por hectárea en siembra al voleo; por su parte para siembra mecanizada puede recurrir a utilizar las líneas 21K16-0671 o 21K16-0710, ambas bajo una densidad de 75 kg ha<sup>-1</sup>.
- Finalmente, para abordar la creciente importancia de la sostenibilidad en la agricultura, se propone realizar estudios que evalúen el impacto ambiental de los diferentes tratamientos. Esto podría incluir la huella de carbono, el uso de recursos naturales y otras métricas relevantes para determinar la sostenibilidad a largo plazo de las prácticas agrícolas evaluadas. Estas recomendaciones pueden enriquecer significativamente el conocimiento y la eficiencia en el cultivo de cebada, proporcionando directrices más precisas y adaptadas a las condiciones específicas de siembra y manejo.

## REFERENCIAS

- Abad, R. (2017). *Influencia del sistema de siembra sobre parametros cualitativos de cultivos de cebada (Hordeum vulgare L.)*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Álvarez Díaz, P., Luna Flores, M., Hernández Martínez, J., Lara Herrera, A., Salas Luévano, M. Á., y Cabañas Cruz, B. (2006). Sistemas De Producción De Cebada Maltera (Hordeum Vulgare L.) En El Estado De Zacatecas, México. *Agricultura Técnica en México*, 32, 181–190.
- Anderson, P. ., Oelke, E., y Simmons, R. (1995). *Growth and Development Guide for Spring Barley*. <http://hdl.handle.net/11299/165839>.
- Andrade, D. (2020). *Caracterización Fisicoquímica de Nuevas Líneas de Cebada Maltera (Hordeum vulgare L.) Aplicando Métodos Tradicionales* [Universidad de las Americas]. <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
- Arellano, V. (2010). *Manual de la Cebada Cervercera*. <https://es.scribd.com/doc/14229542/Manual-Cebada#>
- Arias, G. (1991). *Calidad industrial de la cebada cervecera* (Unidad de Difusión e Información tecnológica del INIA Andes (ed.); 18a ed.). INIA.
- Basantes, E. (2015). *Manejo de Cultivos Andinos del Ecuador* (David Andrade (ed.); 1a ed.). Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Edición. <https://doi.org/10.1515/9783112646847-029>
- Borsini, J. (2019). *Fertilización en cebada cervecera ( Hordeum vulgare . L ) con Urea y Urea con inhibidor de ureasa en dos momentos de aplicación*. Universidad Nacional de Luján.
- Caluguillin, E. (2023). *Evaluación Agronomica de 144 Lineas Primisoras de Cebada Maltera (Hordeum vulgare L.) en La Granja Experimental “La Pradera” Chaltura, Imbabura*. Universidad Técnica del Norte.
- Carrillo, F., y Minga, F. (2021). Caracterización agronómica de 16 variedades de cebada maltera realizadas en el centro experimental Tunshi. *Polo del Conocimiento*, 6(1), 637–655. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i1.2169>
- Carvajal, M., Riojas, E., y Mendoza, M. (1986). *Efecto de la densidad de siembra sobre la transmisión de la escaldadura de la cebada en México*. 01, 1–12.

- Castillo, L. (2020). *Adaptación De Setenta Y Dos Líneas Promisorias De Cebada Maltera (Hordeum vulgare L.) Accesión 02 – 2019 Abe Inbev En La Granja Experimental Tunshi, Cantón Riobamba*. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.
- Cazco, C. (1978). *Efecto de la fertilización química y cuatro densidades de siembra en dos variedades de Cebada (Hordeum vulgare L.) y (Hordeum distichum L.)* [Universidad Central del Ecuador]. [https://books.google.com.ec/books?id=R4wzAQAAMAAJyprintsec=frontcoveryh1=esysource=gbs\\_ge\\_summary\\_rycad=0#v=onepageyqyf=true](https://books.google.com.ec/books?id=R4wzAQAAMAAJyprintsec=frontcoveryh1=esysource=gbs_ge_summary_rycad=0#v=onepageyqyf=true)
- Cervecería Nacional. (2023). *Siembra Por Contrato" de Cervecería Nacional reactiva el agro ecuatoriano a través de acuerdos, capacitación, insumos y tecnificación agrícola*. <https://www.cervecerianacional.ec/content/el-programa-siembra-por-contrato-de-cervecería-nacional-reactiva-económicamente-el-agro>
- Chalacan, D. (2023). *Respuesta agronómica del manejo fitosanitario de 18 líneas de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) en la comunidad San Pedro, cantón Montúfar-Carchi*. Universidad Técnica del Norte.
- Chonte, B., y Pillahuin, T. (2011). *Impacto de las técnicas de siembra en respuesta agronómica del cultivo de diferentes cereales en la provincia de Tulcán, Ecuador*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Decreto legislativo 0. Registro oficial 449 de 20-oct-2008 - Modificado 25-ene-2021.
- Coronel, J., y Jimenez, C. (2011). *Guía Practica Para los Productores de Cebada de la Sierra Sur*.
- Cuenca, S. (2019). *Alta Densidad De Siembra En El Comportamiento Agronómico De Cuatro Híbridos De Maíz ( Zea Mays L ), Santa Elena*. 1–97. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CUENCA LOPEZ SHYLA SAMANTHA.pdf>
- ElUniverso. (2022, noviembre 3). *Primera cosecha es punto de partida para convertir a Ecuador en exportador de cebada maltera*. <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/primera-cosecha-cebada-punto-de-partida-para-convertir-a-ecuador-en-exportador-nota/>
- Escobar, F. (2018). Efecto de la Densidad de Siembra en Tres Variedades de Cebada (Hordeum vulgare L.) con respecto a sus parámetros productivos y composición

- químico bromatológico [Universidad Nacional de Huancavelica]. En *Repositorio Institucional - UNH*. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2755>
- Falconi, E., Garofalo, J., Llangari, P., y Espinoza, M. (2010). *El Cultivo de Cebada: Guía para la producción artesanal de semilla de calidad*. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- FAO. (2016). *Zadoks*. <https://www.calister.com.uy/wp-content/uploads/2016/06/zadoks.pdf>
- Flores, A. (2023). *Evaluación del Desempeño Agronómico y la Adaptabilidad en Tres Variedades de cebada (Hordeum vulgare L.) en la Granja Experimental “La Pradera”, Chaltura, Imbabura*. Universidad Técnica del Norte.
- Freire, E. (1975). *Estudio de densidades de siembra y su influencia sobre componentes del rendimiento en Cebada (Hordeum vulgare L.)*. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- GAD Antonio Ante. (2023). *Gad Municipal: Antonio Ante*. <https://www.antonioante.gob.ec/AntonioAnte/>
- Garrido, B. (2017). *Evaluación del Comportamiento Agronómico y Cinco Niveles de Fertilización en Dos Variedades de Cebada Maltera (Hordeum vulgare L.) en Tunshi, Provincia de Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Gómez, R., Ortiz Solorio, C. A., Zamora Díaz, M., Soria Ruíz, J., Trinidad Santos, A., y Carballo Carballo, A. (2009). Estimación del Rendimiento de Cebada Maltera (*Hordeum vulgare L.*) con el Método FAO. *Agricultura Técnica en México*, 35, 13–23. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v35n1/v35n1a2.pdf>
- Grupo Modelo Mexico. (2019). *Guía de Producción de Cebada Maltera en el Altiplano Mexicano*.
- Guañuna, G. (2014). *Estudio de variabilidad fenotípica de accesiones de trigo (*Triticum aestivum L.*) y cebada (*Hordeum vulgare L.*) de la colección del INIAP*. Universidad Central del Ecuador.
- Huiza, A. (2008). *Efecto de la densidad de siembra y abono orgánico en el comportamiento agronómico de la cebada (Hordeum vulgare L.) en el altiplano norte*. Universidad Mayor de San Andrés.



- Cebada de Dos Hileras (Hordeum distichum L.)*. [Colegio de Postgraduados]. [http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2623/Navarrete\\_Rojas\\_D\\_MC\\_Edafologia\\_2015.pdf?sequence=1](http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2623/Navarrete_Rojas_D_MC_Edafologia_2015.pdf?sequence=1)
- Nina, E. (2017). *Uso de diferentes metodos de producción bajo tres densidades de siembra en el cultivo verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare L.) en Carpa Solar*. Universidad Mayor de San Andres.
- Orrala, K. (2020). *Valoración Agronómica De 120 Líneas Promisoras De Cebada Cervecera En El Azúcar – Santa Elena*. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Perez, J., Zamora, M., Mejía, J., Hernández, A., y Solano, S. (2016). Evaluación de 10 genotipos de cebada (*Hordeum Vulgare L*) en cinco fechas de siembra y dos ciclos agrícolas. *Agrociencia*, 50(2), 201–2013.
- Piguave, L. (2016). *La Rentabilidad del Sector de las Bebidas Alcoholicas en el Ecuador- Caso Cervecería Nacional*. Universidad De Guayaquil.
- Pinchao, O. (2023). *Evaluación de líneas diferenciales para roya (Puccinia spp.) en el cultivo de avena, trigo y cebada, en la granja experimental La Pradera-Imbabura*. Universidad Técnica del Norte.
- Ponce, L., Garófalo, J., Campaña, D., y Noroña, P. (2019). *Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales* (Número 111). <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>
- Ponce, L., Noroña, P., Campaña, D., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, C., y Cruz, E. (2019). La cebada (*Hordeum vulgare L.*): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana. En *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias* (Número 116). [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual 116 La cebada.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf)
- Ramirez, L. (2014). *Densidad de siembra en el comportamiento del rendimiento de cebada (Hordeum vulgare)*. Universidad Agraria La Molina.
- Rios, D., Britto, R., y Delgado, H. (2011a). Evaluation o yied and its component in Barley (*hordeum vulgare L.*) Genotypes differentiated for spikeand kernel types. *Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgacion Cientifica*, 14(2), 55–63. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v14n2/v14n2a06.pdf>

- Rios, D., Britto, R., y Delgado, H. (2011b). Evaluación del rendimiento y sus componentes en genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) diferenciados por su tipo de espiga y grano. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 14(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v14.n2.2011.775>
- Rivas P., R., y Barriga B., P. (2002). Capacidad Combinatoria para Rendimiento de Grano y Caracteres de Calidad Maltera en Cebada (*Hordeum vulgare* L.). *Agricultura Técnica*, 62(3). <https://doi.org/10.4067/S0365-28072002000300001>
- Rivera, E. (2017). *Evaluación de un Fertilizante Nitrogenado de Liberación Controlada en el Cultivo de Cebada (Hordeum vulgare L.) en la Granja Experimental Yuyucocha* [Universidad Técnica del Norte]. [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7172/1/03\\_AGP\\_218\\_TRABAJO\\_DE\\_GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7172/1/03_AGP_218_TRABAJO_DE_GRADO.pdf)
- Roelfs, A. P., Singh, R. P., y Saari, E. E. (1992). Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades. En S. Eliot (Ed.), *CIMMYT*.
- Rosales, J. (1999). *El cultivo de La Cebada (Hordeum vulgare) y sus principales Plagas y Enfermedades*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Rosario, R. (2018). *Efecto de cinco densidades de siembra de cebada (Hordeum vulgare L.) en y sin asociación con arveja (Pisum sativum L.) para la producción de forraje verde hidropónico en condiciones de invernadero de Huaráz Ancashi*. Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”.
- Ruiz, T. (2017). *Determinación de la floración en una población de cebada (Hordeum vulgare L.) bajo condiciones mediterráneas y sus implicaciones agronómicas*. Universidad de León.
- Sánchez, R. (2023). *Respuesta agronomica de 18 líneas de cebada maltera (Hordeum vulgare L.) con manejo fitosanitario en la Granja Experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura*. Universidad Técnica del Norte.
- Satorre, E., Benech Arnold, R., Slafer, G., De la Fuente, E., Millares, D., Otegui, M., y Savin, R. (2003). Producción de Granos. *UBA*. <http://www.fao.org>
- Simbaña, E. (2022). *Evaluación del comportamiento agronómico de 15 variedades de Cebada (Hordeum vulgare L.) liberadas por el INIAP (Vol. 01)*. Universidad Técnica de Ambato.



- Stubbs, R. W., Prescott, J. M., Saari, E. E., y Dubin, H. J. (1986). Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. *Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)*. México, 55.
- Suarez, W. (2010). *Comportamiento Agronómico de seis Variedades de Cebada (Hordeum vulgare L) En San Vicente De Loja, Cantón Santa Elena*. Universidad Nacional de Loja.
- Suárez, W., y Villavicencio, F. (2010). Comportamiento Agronómico de Seis Variedades de Cebada (*Hordeum vulgare*) en San Vicente de Loja, Cantón Santa Elena. *Repositorio UPSE, "COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE SEIS VARIETADES DE CEBADA (Hordeum vulgare) EN SAN VICENTE DE LOJA, CANTÓN SANTA ELENA"*, 91. <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/2100>
- Velasco, Y., Sana, W., y Morillo, A. (2020). Caracterización agromorfológica de cebada (*Hordeum vulgare L.*) en el Municipio de Chivatá Boyacá, Colombia. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(2), 103. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(18\)103-116](https://doi.org/10.18684/BSAA(18)103-116)
- Vivar, M., y Gordillo, T. (2021). *Selección de líneas avanzadas de cebada (Hordeum vulgare L.) con calidad maltera, en base al rendimiento y calidad*". Universidad de Cuenca.
- Wonneberger, R. (2020). *Roya de la hoja de la cebada (Puccinia hordei)*. Herbario virtual de Fitopatología.

# ANEXOS

## Anexo A.

### Análisis de suelo de la Granja Experimental La Pradera

MC-LASPA-2201-01		<b>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</b> <b>ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA</b> <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS</b> Panamericana Sur Km. 1. SIN Cutugagua. Tls. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec																										
<b>INFORME DE ENSAYO No: 23-0101</b>																												
<b>NOMBRE DEL CLIENTE:</b> Mera Chones Gonzalo Xavier <b>PETICIONARIO:</b> Mera Chones Gonzalo Xavier <b>EMPRESA/INSTITUCIÓN:</b> Mera Chones Gonzalo Xavier <b>DIRECCIÓN:</b> Ricamba									<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b> 16/03/2023 <b>HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:</b> 13:53 <b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 20/03/2023 <b>FECHA DE EMISIÓN:</b> 29/03/2023 <b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b> SUELO 1+ MO.																			
Análisis	Ph	N	P	S*	B*	K	Ca	Mg	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO	CO.*	Textura (%)*			IDENTIFICACIÓN						
		ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	%	%	Arena	Limo		Arcilla	Clase Textural				
23-0580	7,25	P N	46,92	M	43,04	A										2,74	4,35	16,24	17,17	2,10	A							Muestra 23004 UTN
Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E.*	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	C*	pH KCl*	IDENTIFICACION																	
	ppm	ppm	meq/100g	%	ppm	meq/100g	ppm	ppm	ppm																			

**OBSERVACIONES:** \* Ensayos no solicitados por el cliente

<b>METODOLOGIA USADA</b>		<b>INTERPRETACION</b>		<b>ABREVIATURAS</b>	
pH = Suelo Agua (1:2,5)	PK Ca Mg = Olsen Modificado	pH	Elemento	C.E. =	Conductividad Eléctrica
SB = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado	Ac = Acido	N = Neutro	B =	Bajo
B =	Curcumina	LAc = Liger Acido	LAI = Lige Alcalino	M =	Medio
		PN = Pract. Neutro	Al = Alcalino	A =	Alto
		RC = Requieren Cal	T =	Toxico (Boro)	

<b>METODOLOGIA USADA</b>		<b>INTERPRETACION</b>			
C.E. = Pasta Saturada		Al+H/Al y Na	C.E.	MO y Cl	
M.O. = Dicotomato de Potasio		B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
AHH = Titulación NaOH		M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
		T = Toxico		A =	Alto

Forma electrónicamente por:  
**JOSE ALONSO LUCERO**  
MALATAY

**LABORATORISTA**

Forma electrónicamente por:  
**IVAN RODRIGO**  
SAMANTERGO MALIGTA

**RESPONSABLE DE LABORATORIO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.  
**NOTA DE DESCARGO:** La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.  
 \* Opiniones de interpretación, etc, que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

**Anexo B.***Peso de semilla utilizado en la siembra por densidad*

Densidad	g	g parcela <sup>-1</sup>
kg ha <sup>-1</sup>		
75	75000	30
100	100000	40
125	125000	50
150	150000	60

**Anexo C.***Dosificación de fertilizante aplicado en el ensayo*

Tipo de Fertilización	Producto	kg o l/ha	Sacos	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			Unidad	kg ha <sup>-1</sup>		
Edáfico	<u>YaraMila Rafos</u>	150	3	18	36	18
	<u>Nitrax</u>	100	2	28	4	0
	<u>Abotek</u>	50	1	8	2	12
	<u>YaraBela Nitromag</u>	35	0,7	7	0	0
Sub- total Edáfico		335	6,7	60,85	42	29,5
Subtotal Ciclo				60,85	42,00	29,50
Dosis media				60	40	30
T3: Dosis Media					Dosis Parcela (4 m <sup>2</sup> )	
Siembra:						
YaraMila Rafos	150		kg ha <sup>-1</sup>	60		g parcela <sup>-1</sup>
Total	150		kg ha <sup>-1</sup>			
Macollamiento:						
Nitrax	100		kg ha <sup>-1</sup>	40		g parcela <sup>-1</sup>
Abotek	50		kg ha <sup>-1</sup>	20		g parcela <sup>-1</sup>
YaraBela Nitromag	35		kg ha <sup>-1</sup>	14		g parcela <sup>-1</sup>
Total	185		kg ha <sup>-1</sup>	74		g parcela <sup>-1</sup>

**Anexo D.**  
*Siembra*



**Anexo E.**  
*Evaluación de variables agronómicas*



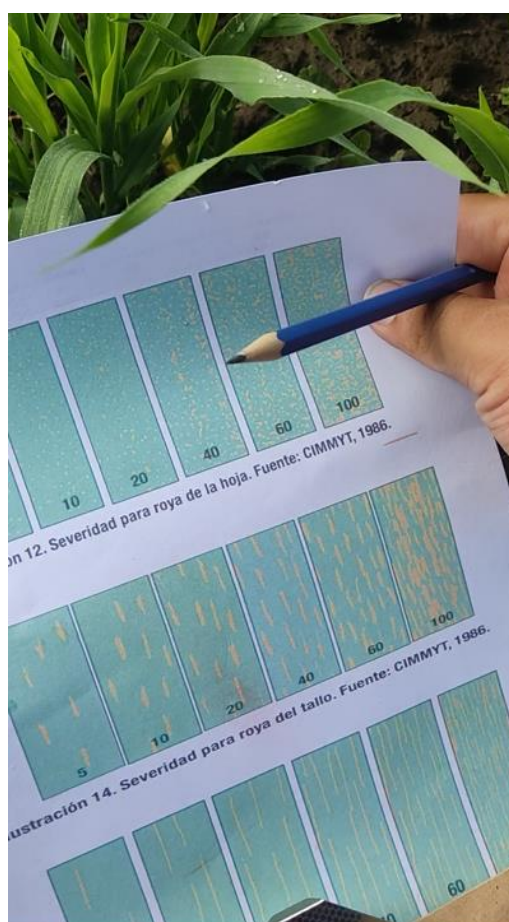
**Anexo F.**

*Primera aplicación de control fitosanitario*



**Anexo G.**

*Evaluación de severidad de enfermedades*



**Anexo H.**  
*Preparación de mezcla de fertilizantes aplicados*



**Anexo I.**  
*Segunda aplicación de control fitosanitario*



**Anexo J.**

*Evaluación de altura de planta, tamaño de espiga y número de granos por espiga*



**Anexo K.**

*Cosecha*



**Anexo L.**  
*Trillado*



**Anexo M.**  
*Evaluación de parámetros de calidad de cebada*





**Anexo N.***Costo de producción para tratamientos bajo siembra manual*

COSTOS DE PRODUCCIÓN T1				
Detalle	Unidad	Costo Unitario	Cantidad	Costo total
<b>Costos Directos</b>				
Preparación del suelo				
Analisis de suelo	UNIDAD	\$48,00	1	\$48,00
Arado y cruza	Horas Tractor	\$25,00	6	\$150,00
Surcado	Horas Tractor	\$0,00	1	\$0,00
Mano de Obra				
Siembra	jornal	\$15,00	2	\$30,00
Fertilización	jornal	\$15,00	2	\$30,00
Aplicación Fungicida	jornal	\$15,00	2	\$30,00
Control arvenses	jornal	\$15,00	2	\$30,00
Riego	jornal	\$15,00	2	\$30,00
Cosecha y trilla	Tolva	\$50,00	3,7019	\$185,09
Insumos				
Semilla	kg	\$0,77	100	\$77,00
Fertilizante	kg	\$0,86	335	\$288,10
Sulfon (Hc)	100 g	\$46,40	0,125	\$5,80
Custom (Fc)	L	\$50,00	0,5	\$25,00
Difecolaq (Fc)	L	\$21,00	0,6	\$12,60
Desnukador (Ic)	L	\$26,00	0	\$0,00
Saquillos	unidad	\$0,20	74	\$14,80
<b>Subtotal Costos Directos</b>				<b>\$956,39</b>
Costos Indirectos				
Arriendo de terreno	Meses	\$200,00	1	\$200,00
Fletes	frecuencia	\$20,00	3	\$60,00
<b>Subtotal Costos Indirectos</b>				<b>\$260,00</b>
<b>Costo Total</b>				<b>\$1.216,39</b>

Nota: Cuadros de color azul varían en función del rendimiento obtenido en cada tratamiento.

**Anexo O.***Costo de producción para tratamientos bajo siembra mecanizada*

COSTOS DE PRODUCCIÓN T1				
Detalle	Unidad	Costo Unitario	Cantidad	Costo total
<b>Costos Directos</b>				
Preparación del suelo				
Análisis de suelo	UNIDAD	\$48,00	1	\$48,00
Arado y cruza	Horas Tractor	\$25,00	6	\$150,00
Surcado	Horas Tractor	\$25,00	2	\$50,00
Mano de Obra				
Siembra	Horas Tractor	\$25,00	3	\$75,00
Fertilización	jornal	\$15,00	2	\$30,00
Aplicación Fungicida	jornal	\$15,00	2	\$30,00
Control arvenses	jornal	\$15,00	2	\$30,00
Riego	jornal	\$15,00	2	\$30,00
Cosecha y trilla	Tolva	\$50,00	3,0561	\$152,80
Insumos				
Semilla	kg	\$0,77	75	\$57,75
Fertilizante	kg	\$0,86	335	\$288,10
Sulfon (Hc)	100 g	\$46,40	0,125	\$5,80
Custom (Fc)	L	\$50,00	0,5	\$25,00
Difecolaq (Fc)	L	\$21,00	0,6	\$12,60
Desnukador (Ic)	L	\$26,00	0	\$0,00
Saquillos	unidad	\$0,20	61	\$12,20
<b>Subtotal Costos Directos</b>				<b>\$997,25</b>
Costos Indirectos				
Arriendo de terreno	Meses	\$200,00	1	\$200,00
Fletes	frecuencia	\$20,00	3	\$60,00
<b>Subtotal Costos Indirectos</b>				<b>\$260,00</b>
<b>Costo Total</b>				<b>\$1.257,25</b>

Nota: Cuadros de color azul varían en función del rendimiento obtenido en cada tratamiento.

## Anexo P.

### Cuadro resumen de variables de mayor impacto

Sistema de siembra	T	Material	Densidad (kg ha <sup>-1</sup> )	Días a la madurez	Plantas/m <sup>2</sup>	Macollos/planta	Espigas/planta	Altura (cm)	Tamaño Espiga (cm)	Granos/Espi	Roya (%)	Mancha en red (%)	Calibre mayor a 2.5mm (%)	PesoMilgranos (g)	Pesohectolitrico kg/hl	Rendimiento Tn ha <sup>-1</sup>	Rentabilidad (B/C)
Manual	T1	ABI Voyager	100	104.42	159.33	3.86	3.51	90.67	9	29.09	16.89	2.36	72.63	41.75	65.83	3.7019	2.343
Manual	T2	ABI Voyager	125	105.17	280.67	2.06	1.99	95.86	9	29.09	18.33	2.64	72.63	41.75	66.07	3.7596	2.337
Manual	T3	ABI Voyager	150	104.17	483.33	1.36	1.2	95.02	9	29.09	22.34	2.44	72.63	41.75	66.37	3.7276	2.285
Manual	T5	21K1 6-0671	100	105.17	262	2.47	2.22	91.37	9.33	28.02	25.89	2.00	79.63	43.02	65.23	3.8158	2.366
Manual	T8	21K1 6-0671	125	105.17	227.33	2.67	2.4	91.08	9.15	28.9	19.78	1.92	80.81	44.45	66.23	3.7562	2.335
Manual	T6	21K1 6-0671	150	104.17	316	3.11	2.85	92.4	9.33	28.02	23.34	1.95	79.63	43.02	65.47	3.8340	2.339
Manual	T9	21K1 6-0710	100	104.17	394	1.5	1.32	91.52	9.15	28.9	16.78	2.40	80.81	44.45	66.47	3.7788	2.311
Manual	T11	21K1 6-0710	125	105.17	212	3.18	2.97	98.57	9.6	30.54	20.33	2.75	79.91	42.47	64.83	3.7027	2.307
Manual	T4	21K1 6-0710	150	104.42	212	3.05	2.75	91.13	9.33	28.02	19.78	3.09	79.63	43.02	64.07	3.7985	2.394
Manual	T10	21K1 6-0812	100	104.42	212	3.01	2.74	98.6	9.6	30.54	18.67	1.64	79.91	42.47	65.23	3.7508	2.369
Manual	T12	21K1 6-0812	125	104.17	259	2.75	2.43	92.32	9.6	30.54	18.78	1.77	79.91	42.47	65.33	3.6332	2.236
Manual	T7	21K1 6-0812	150	104.42	134	4.56	4.21	90.74	9.15	28.9	17.22	2.00	80.81	44.45	65.47	3.9880	2.493

Mecaniz ada	T5	ABI Voya ger	75	104.6 7	239	3.32	2.93	94.54	8.56	26.83	23.22	7.24	78.31	46.48	65.57	3.1374	1.886
Mecaniz ada	T6	ABI Voya ger	100	105.3 3	306.08	2.36	2.01	98.15	8.63	26.83	26.56	8.81	78.31	49.26	65.73	3.1667	1.873
Mecaniz ada	T8	ABI Voya ger	125	102.6 7	239	3.32	2.93	99.67	8.47	27.09	28.56	0.00	83.31	49.82	66.63	3.1159	1.875
Mecaniz ada	T9	21K1 6- 0671	75	104	306.08	2.36	2.01	98.01	8.33	27.09	24.33	4.16	83.31	49.61	66.57	3.0776	1.827
Mecaniz ada	T1 2	21K1 6- 0671	100	104	306.08	2.36	2.01	96.88	8.76	30.19	35.00	17.71	76.2	46.69	66.43	3.1896	1.885
Mecaniz ada	T3	21K1 6- 0671	125	101	306.08	2.36	2.01	105.25	8.71	29.54	29.67	3.79	74.11	43.22	67.17	3.0709	1.824
Mecaniz ada	T7	21K1 6- 0710	75	104.6 7	182.17	4.01	3.29	96.69	8.28	27.09	38.45	7.84	83.31	46.33	65.67	3.1486	1.921
Mecaniz ada	T2	21K1 6- 0710	100	101.6 7	239	3.32	2.93	97.92	8.87	29.54	33.89	2.71	74.11	40.95	66.27	3.0551	1.843
Mecaniz ada	T4	21K1 6- 0710	125	102.3 3	182.17	4.01	3.29	89.91	8.72	26.83	25.67	7.94	78.31	44.79	65	3.1098	1.900
Mecaniz ada	T1	21K1 6- 0812	75	102.3 3	182.17	4.01	3.29	104.34	9.04	29.54	23.56	0.00	74.11	42.58	65.63	3.0561	1.872
Mecaniz ada	T1 1	21K1 6- 0812	100	103.6 7	239	3.32	2.93	100.03	9.52	30.19	32.45	1.59	76.2	40.67	66.1	3.1866	1.912
Mecaniz ada	T1 0	21K1 6- 0812	125	104.3 3	182.17	4.01	3.29	101.57	9.65	30.19	26.11	3.78	76.2	44.06	65.27	3.1538	1.923

Nota: Cuadros de color verde destacan o se encuentran en los rangos establecidos, cuadros de color naranja por debajo o encima de los rangos ideales.