



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE TRES DENSIDADES DE SIEMBRA AL VOLEO
EN CUATRO MATERIALES DE CEBADA MALTERA (*Hordeum*
***vulgare* L.) EN LA ESTACION EXPERIMENTAL TUNSHI.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

WILSON PATRICIO OJEDA PAREDES

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE TRES DENSIDADES DE SIEMBRA AL VOLEO
EN CUATRO MATERIALES DE CEBADA MALTERA (*Hordeum*
***vulgare* L.) EN LA ESTACION EXPERIMENTAL TUNSHI.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

AUTOR: WILSON PATRICIO OJEDA PAREDES

DIRECTOR: ING. CARLOS FRANCISCO CARPIO COBA M.S.C.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Wilson Patricio Ojeda Paredes

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Wilson Patricio Ojeda Paredes, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de mayo del 2024



Wilson Patricio Ojeda Paredes

180477184-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE TRES DENSIDADES DE SIEMBRA AL VOLEO EN CUATRO MATERIALES DE CEBADA MALTERA** (*Hordeum vulgare* L.) **EN LA ESTACION EXPERIMENTAL TUNSHI**, realizado por el señor: **WILSON PATRICIO OJEDA PAREDES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

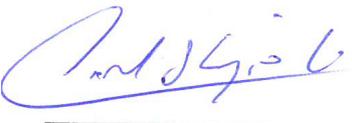
FIRMA

FECHA

Ing. Rosa del Pilar Castro Gómez Ph.D.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL


24-05-14

Ing. Carlos Francisco Carpio Coba Ms.C
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR


24-05-14

Ing. Alfonso Leonel Suárez Tapia Ph.D
ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR


24-05-14

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado, en primer lugar, a Dios, por brindarme salud, bendiciones, inteligencia y sabiduría para superar cada obstáculo en el camino de mi carrera. A mis padres, Ángel Ojeda y América Paredes, por el tiempo, esfuerzo y dinero que otorgaron para continuar mis estudios superiores. A mis hermanos, Verónica Ojeda y Edison Ojeda, quienes, a pesar de la distancia, me han dado valiosas lecciones con sus experiencias de vida. A mis amigos y compañeros, por compartir sus experiencias y conocimientos, ayudándome a comprender tanto el ámbito académico como el personal.

Wilson

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiar mi vida de la forma correcta, por cada tropiezo que terminó en un escalón de subida fomentando en mí las ganas de superarme y culminar mi trabajo de investigación. A mi familia en general por brindarme su apoyo incondicional durante el trayecto de mi carrera. A la Empresa Cervecería Nacional conjuntamente con el grupo de investigación Agro – Cervecería Nacional, al Ingeniero Xavier Mera, Ingeniera Adriana Cuji, Ingeniera Daniela Freire, por la enseñanza, apoyo y guía en todo el trabajo realizado. Mi reconocimiento también se extiende al Máster Carlos Carpio, quien ejerció como director de tesis, y al Doctor Alfonso Suárez, como asesor, cuya orientación, conocimientos y experiencias fueron fundamentales para culminar con éxito. No puedo dejar de mencionar la contribución valiosa de la Ingeniera María Peralta en este proceso. Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en particular a la Facultad de Recursos Naturales y a la Escuela de Agronomía, por proporcionarme los conocimientos esenciales que han enriquecido mi vida profesional. Cada uno de estos reconocimientos representa un eslabón en la cadena de apoyo y enseñanza que me ha llevado a alcanzar este logro académico y profesional.

Wilson

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1	<i>Planteamiento del problema</i>	2
1.2	<i>Objetivos</i>	2
1.2.1	Objetivo general.....	2
1.2.2	Objetivos específicos.....	2
1.3	<i>Justificación</i>	3
1.4	<i>Hipótesis</i>	3
1.4.1	Hipótesis nula.....	3
1.4.2	Hipótesis alternativa.....	3

CAPÍTULO II

2.	Marco teórico referencial.....	4
2.1	Cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.).....	4
2.1.1	Historia de la cebada	4
2.1.2	Taxonomía de la cebada.....	4
2.1.3	Clasificación	4
2.1.4	Estructura del grano de cebada cultivada.....	5
2.1.5	Composición y propiedades de los carbohidratos de cebada.....	6
2.1.6	Fibra dietética	6
2.2	<i>Manejo del cultivo</i>	7
2.2.1	Selección del terreno.....	7
2.2.2	Preparación del suelo	7
2.2.3	Siembra.....	7
2.2.4	Cantidad y calidad de semilla.....	7

2.2.5	Fertilización.....	8
2.2.6	Control de maleza.....	8
2.2.7	Enfermedades.....	8
2.2.8	Cosecha.....	9
2.2.9	Trilla.....	9
2.3	<i>Densidad de siembra al voleo</i>	9
2.3.1	Siembra al voleo.....	9
2.3.2	Densidad de siembra al voleo.....	10
2.3.3	Importancia de la densidad de siembra en la producción de cebada.....	10
2.3.4	Influencia de la densidad de siembra en los rendimientos de cebada.....	10
2.3.5	Factores que afectan la densidad de siembra, como el tipo de cultivo, el clima y el tipo de suelo.....	11
2.4	<i>Cebada materia prima para la cerveza</i>	11
2.4.1	Características de una buena cebada cervecera.....	11
2.4.2	Características de la cebada para producción de cerveza.....	12
2.4.3	Aplicaciones de la cebada en bebidas.....	12
2.4.3.1	<i>Bebidas no alcohólicas</i>	12
2.4.3.2	<i>Elaboración de cervezas</i>	12
2.4.3.3	<i>Malta de cebada como materia prima cervecera</i>	13
2.5	<i>Variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana</i>	14
2.5.1	Métodos de mejoramiento genético.....	14
2.5.1.1	<i>Adaptación</i>	14
2.5.1.2	<i>Introducción de Germoplasma</i>	14
2.5.1.3	<i>Hibridación o Cruzamientos</i>	15
2.5.1.4	<i>Doble Haploides</i>	16
2.5.1.5	<i>Selección</i>	16

CAPÍTULO III

3.	Marco metodológico.....	18
3.1	<i>Materiales y métodos</i>	18
3.1.1	Localización del ensayo.....	18
3.1.2	Ubicación geográfica.....	18
3.1.3	Características climáticas.....	18
3.2	<i>Materiales</i>	18
3.2.1	Material vegetativo.....	19

3.3	Metodología.....	20
3.3.1	Diseño experimental	20
3.3.1.1	Tipo de diseño experimental.....	20
3.3.1.2	Campo experimental.....	21
3.3.1.3	Factores en estudio.....	21
3.3.2	Tratamientos	22
3.4	Metodología de la investigación.....	23
3.4.1	Labores culturales	23
3.4.1.1	Preparación del suelo.....	23
3.4.1.2	Parcelado y etiquetado.....	23
3.4.1.3	Siembra.....	24
3.4.1.4	Fertilización.....	24
3.4.1.5	Control fitosanitario	24
3.4.1.6	Otras labores culturales	24
3.4.2	Variables evaluadas.....	24
3.4.2.1	Número de plantas vivas.....	24
3.4.2.2	Días al macollamiento.....	24
3.4.2.3	Días al encañado	25
3.4.2.4	Días al embuchamiento	25
3.4.2.5	Días al espigamiento	25
3.4.2.6	Días a la floración.....	25
3.4.2.7	Días a la madurez fisiológica.....	25
3.4.2.8	Altura de la planta.....	25
3.4.2.9	Longitud de la espiga	26
3.4.2.10	Número de granos por espiga.....	26
3.4.2.11	Número de macollos	26
3.4.2.12	Número de espigas efectivas.....	26
3.4.2.13	Humedad en porcentaje.....	26
3.4.2.14	Peso en gramos.....	26
3.4.2.15	Calibre en gramos	26
3.4.2.16	Peso de mil gramos de semilla	27
3.4.2.17	Peso hectolítrico	27
3.4.2.18	Severidad de roya	27
3.4.3	Análisis de datos.....	27
3.4.4	Análisis económico.....	28
3.4.4.1	Análisis del Beneficio-Costo.....	28

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	29
4.1	<i>Desempeño agronómico</i>	29
4.1.1	El número de plantas vivas por m ²	29
4.1.2	Días al macollamiento	30
4.1.3	Días al encañado	31
4.1.4	Días al embuchamiento	33
4.1.5	Días al espigado.....	33
4.1.6	Días a la floración	34
4.1.7	Días al llenado del grano	35
4.1.8	Días a la madurez fisiológica	36
4.1.9	Altura de la planta (cm)	37
4.1.10	Longitud de la espiga.....	38
4.1.11	Número de granos por espiga	39
4.1.12	Número de macollos por m ²	40
4.1.13	Número de espigas efectivas por m ²	41
4.1.14	Severidad de enfermedades	43
4.2	<i>Rendimiento</i>	47
4.2.1	Rendimiento (kg/ha) Materia seca	47
4.2.2	Rendimiento comercial (kg/ha) al 12% de humedad	49
4.2.3	Peso ajustado.....	50
4.2.4	Calibre	52
4.2.5	Peso de mil granos	53
4.2.6	Peso hectolítrico	54
4.2.7	Relación del rendimiento con los materiales de cebada	55
4.2.7.1	<i>Variedad ABI Voyager.....</i>	55
4.2.7.2	<i>Línea 2IK16-0671.....</i>	58
4.2.7.3	<i>Línea 2IK16-0710.....</i>	62
4.2.7.4	<i>Línea 2IK16-0812.....</i>	64
4.3	<i>Análisis del Beneficio-Costo.....</i>	69
4.3.1	Flujo de Caja.....	69
4.3.1.1	<i>Costos</i>	69
4.3.2	Ingresos.....	71
4.3.3	Relación Beneficio-Costo.....	71
5.	DISCUSIONES	72

5.1	<i>Rendimiento kg/ha en relación con las características agronómicas</i>	72
5.1.1	Línea 2IK16-0812	72
5.1.2	Variedad ABI- Voyager	73
5.1.3	Línea 2IK16-0671	73
5.1.4	Línea 2IK16-710	74
5.2	<i>Variables agronómicas relacionadas con el rendimiento</i>	75
5.2.1	Macollos por m ² y espigas efectivas.....	75
5.2.2	Peso hectolítrico	75
5.2.3	Días a la floración	75
5.2.4	Días al llenado de grano	76
5.2.5	Severidad de la mancha en red (%).....	76
5.3	<i>Análisis Beneficio-Costo</i>	76

CAPÍTULO V

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
6.1	<i>Conclusiones</i>	77
6.2	<i>Recomendación</i>	78

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1:	Clasificación de los elementos utilizados para el desarrollo de la investigación.	18
Tabla 3-2:	Clasificación de los elementos utilizados para el desarrollo de la investigación.	19
Tabla 3-3:	Análisis de varianza para un DBCA con dos factores	21
Tabla 3-4:	Materiales de germoplasma	21
Tabla 3-5:	Densidad de siembra	21
Tabla 3-6:	Descripción de cada uno de los tratamientos en la evaluación de las densidades de siembra en los materiales de cebadas.....	22
Tabla 4-1:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para las el número de plantas vivas.....	29
Tabla 4-2:	Análisis ortogonal, de acuerdo con el diseño DBCA, para el número de el número de plantas vivas por m ²	30
Tabla 4-3:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para los días al macollamiento.....	31
Tabla 4-4:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para los días al encañado.	32
Tabla 4-5:	Prueba de comparación de medias, según la prueba de Tukey para los días al encañado.	32
Tabla 4-6:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para los días al embuchamiento.	33
Tabla 4-7:	Valor promedio de los días al embuchamiento en los diferentes tratamientos. ...	33
Tabla 4-8:	Valores promedios de los días al embuchamiento en los diferentes tratamientos.	34
Tabla 4-9:	Prueba de comparación de medias, según la prueba de Tukey para los días al espigado.	34
Tabla 4-10:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para los días a la floración.	35
Tabla 4-11:	Prueba de comparación de medias, según la prueba de Tukey para los días a la floración.	35
Tabla 4-12:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para los días al llenado de granos.....	36
Tabla 4-13:	Prueba de comparación de medias, según la prueba de Tukey para los días al llenado del grano.....	36

Tabla 4-14:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para los días a la madurez fisiológica.....	37
Tabla 4-15:	Valor promedio de los días a la madurez fisiológica en los diferentes tratamientos.	37
Tabla 4-16:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para la altura de la planta	38
Tabla 4-17:	Valor promedio de la altura de la planta en los diferentes tratamientos.	38
Tabla 4-18:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para la longitud de la espiga.	38
Tabla 4-19:	Prueba de comparación de medias, según la prueba de Tukey para longitud de la espiga.	39
Tabla 4-20:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el número de granos por espiga.	39
Tabla 4-21:	Análisis ortogonal, de acuerdo con el diseño DBCA, para el número de plantas vivas por m ²	40
Tabla 4-22:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el número de macollos.	41
Tabla 4-23:	Valores promedios de los números de macollos en los diferentes tratamientos. .	41
Tabla 4-24:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el número de espigas efectivas.	42
Tabla 4-25:	Valores promedios de los números de espigas efectivas en los diferentes tratamientos.....	42
Tabla 4-26:	P- valor de la prueba de Friedman para las evaluaciones de roya en el cultivo de cebada.	43
Tabla 4-27:	Mediana de la prueba de Friedman para la primera evaluación de roya en el cultivo de cebada.....	43
Tabla 4-28:	Mediana de la prueba de Friedman para la segunda evaluación de roya en el cultivo de cebada.....	44
Tabla 4-29:	Mediana de la prueba de Friedman para la tercera evaluación de roya en el cultivo de cebada.....	45
Tabla 4-30:	P- valor de la prueba de Friedman para las evaluaciones de mancha en red.	45
Tabla 4-31:	Mediana de la prueba de Friedman para la segunda evaluación de mancha en red en el cultivo de cebada.....	46
Tabla 4-32:	Mediana de la prueba de Friedman para la tercera evaluación de mancha en red en el cultivo de cebada.....	47

Tabla 4-33:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el contenido de materia seca expresado en kg/ha.....	48
Tabla 4-34:	Análisis ortogonal para el rendimiento (kg/ha) de la cebada en materia seca	49
Tabla 4-35:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el rendimiento de la cebada expresado en kg/ha.....	49
Tabla 4-36:	Análisis ortogonal para el rendimiento (kg/ha) de la cebada comercial (kg/ha) al 12% de Humedad.....	50
Tabla 4-37:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el peso ajustado de la semilla expresado en gramos.	51
Tabla 4-38:	Análisis ortogonal, de acuerdo con el diseño DBCA, para el peso ajustado al 12% de humedad.....	52
Tabla 4-39:	P- valor de la prueba de Friedman para el calibre de los granos de cebada.....	52
Tabla 4-40:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el peso de mil granos, expresado en gramos.....	53
Tabla 4-41:	Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el peso hectolítrico (kg/hl) de las semillas, expresado en gramos.....	54
Tabla 4-42:	Regresión y correlación de las variables en estudio, relacionados con el rendimiento del grano de la variedad de cebada ABI Voyager.....	56
Tabla 4-43:	Regresión y correlación de las variables en estudio, relacionados con el rendimiento del grano de la línea de cebada 2IK16-0671.....	59
Tabla 4-44:	Regresión y correlación de las variables en estudio, relacionados con el rendimiento del grano de la línea de cebada 2IK16-0710.....	62
Tabla 4-45:	Regresión y correlación de las variables en estudio, relacionados con el rendimiento del grano de la línea de cebada 2IK16-0812.....	64
Tabla 4-46:	Comportamiento agronómico de cada uno de los tratamientos	68
Tabla 4-47:	Costos de producción en los materiales de cebada para cada uno de los tratamientos en la evaluación de las densidades de siembra por hectárea.....	70
Tabla 4-48:	Ingresos por materiales de cebada para cada uno de los tratamientos en la evaluación de las densidades de siembra.	71
Tabla 4-49:	Análisis de Beneficio-Costo por materiales de cebada para cada uno de los tratamientos en la evaluación de las densidades de siembra.....	72

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Grano de cebada y su sección transversal longitudinal.	6
Ilustración 2-2:	Roya amarilla y roya de la hoja.	9
Ilustración 3-1:	Esquema de la parcela experimental.....	23
Ilustración 3-2:	Escala modificada de COBB para evaluar la severidad de roya en cebada	27
Ilustración 4-1:	Prueba de comparación de medias, según Tukey para las el número de plantas vivas, de acuerdo con la densidad de siembra.	30
Ilustración 4-2:	Prueba de comparación de medias, según Tukey para los días al macollamiento relacionado con los materiales de cebada.	31
Ilustración 4-3:	Prueba de comparación de medias, según Tukey para el número de granos por espiga, de acuerdo con la densidad de siembra.	40
Ilustración 4-4:	Comportamiento del material de cebada durante la evaluación del 17-jun-2023, ante la severidad de la mancha en red.....	46
Ilustración 4-5:	Prueba de comparación de medias, según Tukey para el para el rendimiento ajustado al 12% de humedad, expresado en kg/ha.....	48
Ilustración 4-6:	Prueba de comparación de medias, según Tukey para el para el rendimiento ajustado al 12% de humedad, expresado en kg/ha.....	50
Ilustración 4-7:	Prueba de comparación de medias, según Tukey para el peso ajustado del material de cebada, expresada en gramos, de acuerdo con la densidad de siembra.....	51
Ilustración 4-8:	Comportamiento del calibre de la cebada.....	52
Ilustración 4-9:	Prueba de comparación de medias, según Tukey para el peso de mil granos, expresado en gramos, de acuerdo con los materiales de cebada.....	54
Ilustración 4-10:	Prueba de comparación de medias, según Tukey para el peso hectolítrico de las semillas, expresado en kg/hl, de acuerdo con los materiales de cebada.	55
Ilustración 4-11:	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y la altura de la planta en cm, para la variedad de cebada ABI Voyager.	56
Ilustración 4-12	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el peso hectolítrico en kg/hl, para la variedad de cebada ABI Voyager.	57
Ilustración 4-13	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el número de macollos por m ² , para la variedad de cebada ABI Voyager. ...	57

Ilustración 4-14	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el número de espigas efectivas por m ² , para la variedad de cebada ABI Voyager.	58
Ilustración 4-15:	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y los días al espigamiento, para la línea de cebada 2IK16-0671.....	59
Ilustración 4-16:	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y los días al llenado de grano, para la línea de cebada 2IK16-0671.....	60
Ilustración 4-17:	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y la altura de la planta en cm, para la línea de cebada 2IK16-0671.	60
Ilustración 4-18:	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y la altura de la planta en cm, para la línea de cebada 2IK16-0671.	61
Ilustración 4-19:	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el número de espigas efectivas por m ² , para la línea de cebada 2IK16-0671.	61
Ilustración 4-20:	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el número de macollos por m ² , para la línea de cebada 2IK16-0710.	63
Ilustración 4-21:	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el número de espigas efectivas por m ² , para la línea de cebada 2IK16-0710.	63
Ilustración 4-22:	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y los días a la floración, para la línea de cebada 2IK16-0812.....	65
Ilustración 4-23:	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y altura de la planta, para la línea de cebada 2IK16-0812.....	65
Ilustración 4-24:	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y longitud de la espiga, para la línea de cebada 2IK16-0812.	66
Ilustración 4-25:	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el número de macollos por m ² , para la línea de cebada 2IK16-0812.	66
Ilustración 4-26:	Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el número de espigas efectivas por m ² , para la línea de cebada 2IK16-0812.	67

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** MAPA DE UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI-ESPOCH
- ANEXO B:** TOMA DE MUESTRA DE SUELO
- ANEXO C:** FERTILIZACIÓN APLICADA
- ANEXO D:** SEMILLAS Y TRATAMIENTOS
- ANEXO E:** SIEMBRA
- ANEXO F:** PREPARACIÓN DEL TERRENO, PARCELADO Y ETIQUETADO
- ANEXO G:** RIEGO
- ANEXO H:** CONTROL FITOSANITARIO
- ANEXO I:** CONTROL DE MALEZAS
- ANEXO J:** COSECHA Y TRILLA
- ANEXO K:** MEDICIÓN DE HUMEDAD
- ANEXO L:** RENDIMIENTO (KG/HA) EN MATERIA SECA VS RENDIMIENTO (KG/HA) COMERCIAL AL 12%
- ANEXO M:** ANÁLISIS DE SUELO DEL ENSAYO EN TUNSHI- LA POLITÉCNICA
- ANEXO N:** COSTOS DE PRODUCCIÓN DE 1 HA DE CEBADA PARA 100 KG/HA
- ANEXO O:** COSTOS DE PRODUCCIÓN DE 1 HA DE CEBADA PARA 125 KG/HA
- ANEXO P:** COSTOS DE PRODUCCIÓN DE 1 HA DE CEBADA PARA 150 KG/HA

RESUMEN

El requerimiento de malta para la industria cervecera en el Ecuador ha amentado en los últimos años; sin embargo, se desconoce la densidad optima que los agricultores deben utilizar para lograr los mejores rendimientos; por tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar tres diferentes densidades de siembra al voleo de cuatro materiales de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en condiciones de campo. El presente estudio se llevó a cabo en la estación experimental Tunshi de la ESPOCH. La metodología implementada fue un diseño de bloques completos al azar, bifactorial, con 3 repeticiones, donde el Factor A fueron las densidades de siembra (100, 125 y 150 kg de semilla por hectárea) y el Factor B el material de cebada (var. ABI Voyager y tres líneas 2IK16-0671, 2IK16-0710 y 2IK16-0812). Para las comparaciones de medias se empleó la prueba de Tukey al 5%. Se evaluaron las siguientes variables: número de plantas vivas, días al macollamiento, días al encañado, días al embuchamiento, días al espigamiento, días a la floración, días a la madurez fisiológica, altura de la planta, longitud de la espiga, número de granos por espiga, número de macollos, número de espigas efectivas, humedad en porcentaje, peso en gramos, calibre en gramos, peso de mil gramos de semilla, peso hectolítrico, severidad de la roya y análisis económico de los tratamientos. Los resultados destacan a la línea 2IK16-0812 con mayor precocidad al igual que la densidad de siembra de 150 kg.ha-1, similar en las interacciones 2IK16-0812x100 kg.ha-1 y 2IK16-0812x125kg.ha-1. El mayor rendimiento fue con una densidad de 150 kg.ha-1, siendo el mejor costo beneficio para ABI Voyager con una densidad de siembra de 125 kg.ha-1. En ese contexto, se concluye que el mejor material de cebada fue 2IK16-0812 por ser precoz y la densidad de siembra de 150 kg/ha por poseer mayor rendimiento, al igual que un costo beneficio aceptable.

Palabras clave: <CEBADA MALTERA>, <CEBADA-ABI-VOYAGER >, <CEBADA-2IK16-0812 >, <CEBADA-2IK16-0671>,<CEBADA-2IK16-0710>



0569-DBRA-UPT-2024

29-05-2024

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate three different broadcast sowing densities of four malting barley (*Hordeum vulgare L.*) materials under field conditions. This study was carried out at Tunshi experimental station of ESPOCH. The methodology implemented was a randomized complete block design, bifactorial, with 3 replications, where Factor A was the sowing densities (100, 125 and 150 kg of seed per hectare) and Factor B was the barley material (var. ABI Voyager and three lines 2IK16-0671, 2IK16-0710 and 2IK16-0812). The Tukey test at 5% was used for mean comparisons. The following variables were evaluated: number of live plants, days to thinning, days to heading, days to lodging, days to heading, days to flowering, days to physiological maturity, plant height, ear length, number of grains per ear, number of tillers, number of effective ears, humidity in percentage, weight in grams, caliper in grams, thousand gram seed weight, hectoliter weight, rust severity and economic analysis of the treatments. The results highlight the 2IK16-0812 line with higher earliness as well as the sowing density of 150 kg.ha⁻¹, similar in the interactions 2IK16-0812x100 kg.ha⁻¹ and 2IK16-0812x125kg.ha⁻¹. The highest yield was with a density of 150 kg.ha⁻¹, being the best cost benefit for ABI Voyager with a planting density of 125 kg.ha⁻¹. In this context, it is concluded that the best barley material was 2IK16-0812 for being early and the sowing density of 150 kg/ha for having higher yield, as well as an acceptable cost benefit.

Keywords: <MALTED BARLEY (*Hordeum vulgare L.*) >, <ABI- VOYAGER BARLEY>, <BARLEY-2IK16-0812 >, <BARLEY-2IK16-0671>,<BARLEY-2IK16-0710>, <BARLEY-2IK16-0710>, <BARLEY-2IK16-0671>, <BARLEY-2IK16-0710>.

0569-DBRA-UPT-2024

29-05-2024



Leda. Elsa A. Basantes A. Mgs

C.C: 0603594409

INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.), es una especie vegetal que ha sufrido múltiples modificaciones por efecto de la selección desde hace más de diez mil años; es originaria de la parte oriental del Mediterráneo (von Bothmer et al. 2003, pág.3-8; Ghahremaninejad, Hoseini y Jalali 2021, pág.1-22); donde, ocurrieron algunos eventos que condujeron a su domesticación (Dai et al. 2012, pág.16969-16973; Igartua et al. 2013, pág.251-264). Es considerado uno de los principales alimentos para el 40% de la población mundial, al igual que el trigo, dentro de la familia de las poaceas (Giraldo et al. 2019, pág.352). Las proyecciones para el futuro sobre la necesidad de aumentar la productividad de este cultivo sustentan el 50% o incluso más para el 2050 (Miralles et al. 2021, págs.164-195).

El factor más importante que juzga el agricultor sobre cualquier especie cultivada es el rendimiento, pero, en el caso del cultivo de la cebada maltera, este rendimiento, refiere a la cantidad de extracto de malta que es capaz de producir (Stockinger 2021, pág. 1415), cuyo objetivo es destinado a la industria cervecera. El ambiente en el cual se desarrolla el cultivo, es un factor preponderante para la calidad del malteado (Mohammadi et al. 2015, págs. 705-721), ya que, temperaturas altas reducen la calidad del grano, por ello es común observar, la cebada de dos hileras en Europa, Australia y América del sur, mientras que la de seis hileras en Estados Unidos (Miralles et al. 2021, págs. 164-195), incluso es posible su desarrollo a altitudes sobre los 3000 msnm (Tadesse et al. 2021, pág. 07093).

En el Ecuador el cultivo de cebada está distribuida en las provincias de la sierra, siendo las provincias de Cotopaxi, Carchi, Pichincha e Imbabura, las que ostentan mayor número de hectáreas (Ponce-Molina, Noroña, et al. 2020, págs. 1-52), donde, el acopio es deficiente, debido a que muchos de los productores no cumplen con parámetros de calidad establecidos (Checa Montenegro 2023, pág. 62), esto es debido al poco manejo, ya que, generalmente es cultivado en zonas marginales, con falta de acceso a fuentes hídricas y suelos pobres, con poca tecnología y manejo técnico inadecuado (Ponce-Molina, Noroña, et al. 2020, págs. 1-52).

Actualmente la industria ecuatoriana está impulsando el desarrollo de variedades y mejorando la condición para el cultivo de cebada, así lo revelan investigaciones y prácticas sostenibles llevadas a cabo para este efecto (Carrillo-Riofrío y Minga-León 2021, págs. 637-655; Ponce-Molina, Noroña, et al. 2020, pág. 7). La siembra se lo realiza al voleo, el cual influye en el desarrollo del mayor potencial genético, favoreciendo o desfavoreciendo la captación de luz y nutrientes, por ende, el rendimiento por unidad de superficie sembrada (Da Silva & Dietz 2022, pág. 337).

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La cebada ha presentado un crecimiento en su demanda para la industria cervecera, ya que sus granos, se emplea para producir malta, ingrediente esencial en la elaboración de cerveza (Pablo Aragón et al. 2019, págs. 70-76). La producción de cerveza en el país ha experimentado un auge en los últimos diez años, por el aumento en la demanda de nuevas empresas industriales cerveceras y artesanales en el mercado ecuatoriano (Ponce-Molina, Noroña, et al. 2020, págs. 1-52).

A pesar de la importancia de la cebada en la economía de los pequeños agricultores ecuatorianos tan solo se produce 24 000 t/año, bajo una productividad promedio de 0,65 t/ha (ESPAC, 2021). Es por ello que las importaciones de la cebada maltera en el Ecuador supera la capacidad producida llegando a importa 40000 t/año (Checa Montenegro 2023, págs. 1-75; Caluguillin Quishpe 2023, págs. 1-75), por tanto, existe un nicho de mercado para los agricultores de cereales del país. En el Ecuador existen nuevas variedades que se utilizan para la producción de malta pero que aún requieren estudios, con el objetivo de mejorar las prácticas en campo que favorezcan el rendimiento y el manejo tecnológico del cultivo y de esta manera se brinde opciones a los productores de cebada con variedades o líneas que cumplan parámetros de la industria Cervera como calidad del grano, tolerancia a enfermedades y excelente rendimiento son necesarias en la región Andina del Ecuador.

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo general*

- Evaluar tres diferentes densidades de siembra al voleo de cuatro materiales de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en condiciones de campo.

1.2.2 *Objetivos específicos*

- Evaluar el desempeño agronómico de cuatro materiales de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) con tres densidades de siembra al voleo.

- Comparar el rendimiento de los cuatro materiales de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) bajo diferentes densidades de siembra al voleo.
- Realizar el análisis Beneficio - Costo de cuatro materiales de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) con tres densidades de siembra al voleo.

1.3 Justificación

Esta investigación, plantea conocer la distancia de siembra optimas de cuatro materiales de cebada maltera para mejorar las condiciones agronómicas del cultivo acordes con el rendimiento, con ello se propone mejorar el manejo del cultivo de tal forma que el agricultor adquiera una herramienta que facilite la producción y el ingreso a mercados artesanales o industriales de la cerveza. Los agricultores comúnmente utilizan este producto para su alimentación o dirigen hacia el mercado convencional, el cual, no satisface el esfuerzo; por ello, las áreas destinadas a este, son relativamente pequeñas y no lo establecen en suelos fértiles (Ponce-Molina, Garófalo, et al. 2020, pág. 7), por tanto, mejorar las alternativas que favorezcan la adopción de buenas medidas de producción puede convertirse en un aliciente para el agricultor

La distancia de siembra y tipo de material de cebada (variedades y líneas) influye en muchos factores agronómicos y por tanto al rendimiento. En el Ecuador, no existen estudios sobre la variedad ABI Voyager y líneas 2IK16-0812, 2IK16-0710 y 2IK16-0671 liberadas por el INIAP, respecto al parámetro en estudio (distancia de siembra), por tanto, su evaluación es primordial ya que constituye una fuente favorable a la producción de este cultivo en el mercado industrial y artesanal de la cerveza en el Ecuador.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis nula

Las densidades de siembra planteadas no tienen influencia sobre las variables agronómicas evaluadas en cada uno de los materiales de cebada analizados (*Hordeum vulgare* L.).

1.4.2 Hipótesis alternativa

Las densidades de siembra planteadas tienen influencia sobre las variables agronómicas evaluadas en al menos uno de los materiales de cebada analizados (*Hordeum vulgare* L.).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 Cebada (*Hordeum vulgare* L.)

2.1.1 Historia de la cebada

La cebada tiene una larga historia de uso como fuente de nutrición humana, con estudios arqueológicos que revelan el cultivo de cebada de dos hileras en Irán desde el año 8000 a.C. y de cebada de seis hileras desde alrededor del 6000 a.C. (Arendt & Zannini, 2013, págs. 150-201). El uso cada vez mayor de trigo, arroz y maíz en la dieta humana ha provocado una disminución drástica del uso y consumo de cebada en humanos, excepto para la producción de bebidas alcohólicas como la cerveza. Así, actualmente su uso principal es en la elaboración de cerveza.

Dependiendo del clima, las condiciones del suelo, la variedad, las prácticas agrícolas y otras condiciones, los rendimientos de la cebada pueden oscilar entre 0,3 y 8,3 (toneladas/ha). En las regiones secas, el riego contribuye a aumentar la producción. Hasta hace cinco años atrás la producción mundial de cebada siempre estuvo por encima de los 140 millones de toneladas anuales; aunque con fluctuaciones anuales. Cabe señalar que los países de la Unión Europea, como Alemania y Francia presentaron los rendimientos más altos con valores fluctuantes entre 6.05–6.36 toneladas por hectárea (Abeshu 2021, págs. 100-238).

2.1.2 Taxonomía de la cebada

La cebada pertenece a la división Manoliophyta, clase Liliopsida, Orden Poales, familia *Poaceae* y al género *Hordeum*, siendo la forma más común *Hordeum vulgare*. La cebada ha sido uno de los cereales de mayor importancia desde la antigüedad y hoy se destina una gran cantidad de área cultivable para uso industrial (Álvarez Díaz et al. 2006, págs. 181-190).

2.1.3 Clasificación

La cebada es una gramínea de grano de cereal perteneciente a la familia *Poaceae* (también conocida como *Gramineae*), la tribu *Triticeae* y el género *Hordeum*. Hay 32 especies dentro del género *Hordeum*, todas con un cromosoma básico de $x = 7$. El género *Hordeum* es inusual entre las *Triticeae* ya que contiene especies anuales (*H. vulgare* y *H. marinum*) y especies perennes (*H. bulbosum*). La mayoría de la evidencia indica que el ancestro inmediato de la cebada cultivada es

la cebada silvestre de dos hileras *H. spontaneum* y que los genomas de *H. vulgare* (cebada cultivada) y *H. vulgare subsp. Spontaneum* (cebada silvestre) son idénticos e interfértiles (Kajla et al. 2023, págs. 1-25).

2.1.4 Estructura del grano de cebada cultivada

Según, (Arendt & Zannini, 2013, págs. 150-201), la estructura del grano de cebada cultivada cumple las siguientes características:

- La estructura anatómica del grano de cebada se presenta en la Ilustración 2-1 y consiste en la cáscara circundante, formada a partir del lema (cáscara dorsal) y la palea (cáscara o cáscara ventral), pericarpio, testa, capa de aleurona, endospermo y germen o embrión.
- La palea está superpuesta a lo largo de los bordes por la cáscara dorsal que, en la mayoría de los cultivares termina apicalmente en una arista larga. En el surco (pliegue) ventral del grano se encuentra la raquilla, una estructura peluda, restos de una flor infértil.
- Algunas de las características del grano son valiosas para distinguir un cultivar de otro, particularmente cuando la caracterización debe realizarse a partir del grano trillado. En la cebada descascarada, las cáscaras permanecen adheridas a la cariopsis cuando se trilla el grano, mientras que en la cebada sin cáscara las cáscaras de la cariopsis se pierden cuando se trilla el grano.
- La cáscara y el pericarpio se componen principalmente de celulosa, hemicelulosa, lignina y lignano, los principales constituyentes de la fibra insoluble. La cáscara se compone principalmente de celulosa y una pequeña cantidad de polifenoles, sustancias amargas y ácido testínico que pueden tener efectos adversos sobre la calidad de la cerveza.
- El pericarpio se desarrolla a partir de las paredes del ovario y actúa como una cubierta protectora sobre todo el grano que está rodeado por la testa o cubierta de la semilla. La testa es una membrana dura compuesta de celulosa que permite pasar únicamente agua pura excluyendo las sales disueltas en ella, debido a su carácter semipermeable.

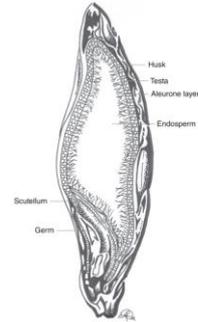
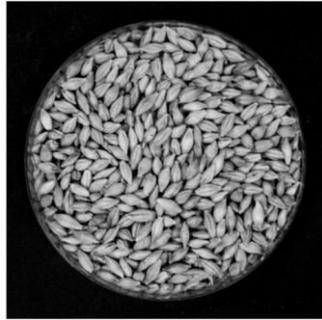


Ilustración 2-1: Grano de cebada y su sección transversal longitudinal.

Fuente: (Arendt & Zannini, 2013, págs. 150-201)

2.1.5 Composición y propiedades de los carbohidratos de cebada

La cebada es un cultivo rico en fibra y almidón e históricamente, la cebada se utilizó como alimento humano. El grano de cebada se compone de aproximadamente 65-68 % de almidón, 8-17 % de proteínas, 3,6-9 % de β -glucano, 2-3 % de lípidos libres y 1,5-3 % de minerales. La fibra dietética total oscila entre el 11-34 % y la fibra dietética soluble entre el 3-20 %. El grano de cebada descascarado normalmente contiene menos fibra dietética total; entre el 11-20 %, correspondiendo entre el 11-14 % a la fibra dietética insoluble y entre el 3-10 % a la fibra dietética soluble. El almidón, la fibra y las proteínas constituyen la mayor parte del grano, y la variación en uno de estos componentes influirá en las cantidades de los otros dos. Además, el nivel de almidón se correlaciona inversamente con el nivel de proteína (di Vaio et al. 2023, págs. 40-53).

2.1.6 Fibra dietética

Los polisacáridos no amiláceos de la cebada incluyen componentes de la pared celular como arabinoxilano (o pentosanos), β -glucano, celulosa, fructano y glucomanano, y juntos representan la fibra dietética total en cebada. La celulosa, la sílice y la lignina se concentran principalmente en la cáscara y otras capas exteriores. Hasta el 96 % de la celulosa total del grano está presente en la cáscara, con muy poca presencia en la aleurona (2 %) y endospermo (2 %) y ninguna en el embrión. Por el contrario, arabinoxilano y (1-3), (1-4)- β -glucano representan aproximadamente el 20 % y el 75 % en peso de las paredes celulares del endospermo amiláceo y el 67 % y el 26 % de las paredes celulares de la aleurona (Gan et al. 2023, págs. 102-230).

Se encuentran pequeñas cantidades de glucomán nan y (1,3) - β -glucano en las paredes celulares de aleurona y endospermo. La celulosa es un polímero de cadena larga de moléculas de glucosa unidas (1,4)- β , lo que la hace insoluble e indigerible para los humanos. La cebada contiene entre ~5 % (cebadas descascaradas) y ~3 % (cebadas sin cáscara) de celulosa. La celulosa actúa como

sustancia estructural formando una estructura agregada de celulosa, lignina y sílice que brinda protección contra la penetración de insectos y microbios, posiblemente reduciendo la desecación en condiciones de humedad limitada (Gan et al. 2023, págs. 102-230).

2.2 Manejo del cultivo

2.2.1 Selección del terreno

En la campaña anterior a la siembra de cebada no debe haberse sembrado ningún cereal ni empleado como zona de trilla, se recomienda la siembra de cebada después de la producción de chocho, habas, papa u otra leguminosa. La pendiente considerada no debe ser mayor al 5%, suelos fértiles con materia orgánica (Falconí-Castillo et al., 2010, págs. 1-16).

2.2.2 Preparación del suelo

La preparación del suelo debe realizarse con dos meses de anticipación para que la maleza se incorpore al suelo mediante el pase del arado y se aporte materia orgánica y posteriormente dos pases de rastra. Una adecuada preparación del suelo rompe el ciclo de desarrollo de las malezas y disminuyendo su reproducción y competencia con el cultivo (Jacobsen, 2002, págs. 1-96).

2.2.3 Siembra

Se realiza con el inicio de las precipitaciones y la cosecha se da en la época seca, esta planificación se da porque una la humedad adecuada en el suelo genera una germinación exitosa; el método más utilizado es la siembra es el manual al voleo a una profundidad de siembra adecuada; es decir, a unos 5 cm de profundidad del suelo (Falconí-Castillo et al., 2010, págs. 1-16).

2.2.4 Cantidad y calidad de semilla

El INIAP recomienda que la cantidad de semilla está en función del tipo de siembra; para una siembra el voleo manual su valor puede ser 135 kg por hectárea o 3 quintales; pero si la siembra es con maquinaria su valor disminuye a 110 kg por hectárea. Todas las semillas deben ser de buena calidad y cumplir un 85% de germinación como mínimo, también se recomienda desinfectar la semilla como medida de disminuir la transmisión de enfermedades por este medio (Jacobsen, 2002, págs. 1-96)

2.2.5 Fertilización

Toda fertilización debe basarse en el análisis de suelo o en la extracción de nutrientes por cultivo; esto evidencia un requerimiento de 20 kg de azufre, 30 kg de potasio, 60 kg de fósforo y nitrógeno. Esto se puede aplicar a la siembra mediante dos sacos del fertilizante 11-52-00 o cuatro sacos de 10-30-10 más un saco de sulfomag por hectárea. Al macollamiento se debe aplicar por hectárea un saco de urea. A nivel del Ecuador la fertilización para el cultivo de cebada es muy baja porque muchos productores no aplican fertilizante y otros que utilizan fertilizantes si un manejo adecuado del cultivo y suelo; excediendo en muchos casos los requerimientos nutricionales; esto resulta en un mal uso del fertilizante y a su vez problemas de contaminación ambiental (IICA 2008, págs. 1-284).

2.2.6 Control de maleza

Una vez establecida la cebada para disminuir el apareamiento de malezas se puede realizar un control químico o manual. Este último se realiza eliminando las malas hierbas más grandes, pero sin maltratar la cebada después del macollo. Para el control químico se utiliza un herbicida y se aplica al antes del macollamiento (Shala et al. 2013, págs. 459-463).

2.2.7 Enfermedades

Las enfermedades siguen representando una grave amenaza a la producción de cebada, a pesar del uso de fungicidas y variedades resistentes, lo que pone de relieve el impacto de la resistencia a los fungicidas y la degradación de la resistencia de las plantas hospedantes en la eficacia de las medidas de control. Las enfermedades foliares como las manchas de rojo, escaldaduras, oídio (*Blumeria graminis*) y roya amarilla (*Puccinia striiformis*) y de la hoja (*Puccinia hordei*) (Ilustración 2-2: Roya amarilla y roya de la hoja.) pueden reducir la calidad del grano y por ende el rendimiento. Para un manejo eficaz se debe utilizar una combinación de prácticas con un enfoque integrado para el control a largo plazo donde se combine variedades resistentes y controles químicos cuando se llegue al umbral de incidencia (Walters et al., 2012, pág.33-73).

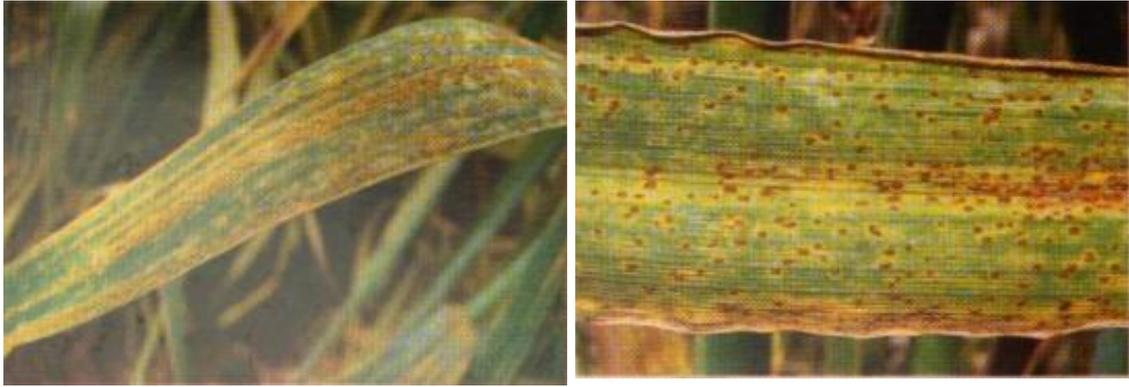


Ilustración 2-2: Roya amarilla y roya de la hoja.

Fuente: (INIAP 2010, págs. 1-26).

2.2.8 Cosecha

Se realiza cuando la planta llegue a su madurez completa en el periodo de menor concentración se precipitaciones, la cosecha en Sierra es manual cortando la espiga con ayuda de una hoz; estas espigas se unen y forman gavilla que forman parvas, esto se realiza para conservar la cebada en campo y su posterior trillado (Falconí-Castillo et al., 2010, págs. 1-16).

2.2.9 Trilla

Se realiza con la maquina denominada trilladora para separar los granos de la espiga; una vez trillado el grano debe ser limpiado, clasificado y secado. Los granos de cebada se recolectan en sacos (Shala et al. 2013, págs. 459-463).

2.3 Densidad de siembra al voleo

2.3.1 Siembra al voleo

La siembra al voleo se refiere a la dispersión uniforme de semillas sobre un área específica, sin prescindir de la disposición de surcos (Conry 1998, pág. 307). Este método en específico garantiza la distribución de manera equitativa de las semillas, el cuál promueve un crecimiento homogéneo de los cultivos. Lo que contribuye a optimizar tanto el proceso de siembra aumentando la eficiencia en cualquier zona, así como garantizar el rendimiento que se va a obtener.

2.3.2 *Densidad de siembra al voleo.*

La densidad de siembra al voleo se considera como “La cantidad de semilla distribuida por la unidad de superficie de siembra. Esto se puede expresar comúnmente como la cantidad de semilla por metro cuadrado (semillas/m²) o de otra manera como la cantidad de semilla por hectárea (semillas/ha)” (Instituto estatal de agricultura de Baviera 2020, pág. 21).

Además, se la puede señalar como la cantidad de semillas distribuidas por la unidad de superficie, la cual se expresa en kg/ha. Dependiendo de varios factores, tales como: la variedad, la pureza, el poder germinativo, el tamaño de la semilla y el método de siembra (Preiti 2021, pág. 1942).

2.3.3 *Importancia de la densidad de siembra en la producción de cebada.*

Se considera a la densidad de siembra como factor clave el cual va a influir en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de cebada maltera. Además, la densidad de siembra adecuada permitirá un mejor aprovechamiento de los recursos, tales como: luz, agua, nutrientes y reducirá la competencia entre las plantas. Sin embargo, se considera que si existe densidades muy altas o muy bajas afectaran negativamente el rendimiento (Bekele et al. 2020, pág. 61-71).

También se determina el número de plantas por unidad de superficie, por consiguiente, esto impacta de manera directa sobre el rendimiento. La densidad de siembra adecuada permite el aprovechamiento adecuado de los recursos (Grupo modelo 2021, págs. 6-7).

2.3.4 *Influencia de la densidad de siembra en los rendimientos de cebada*

Diversas investigaciones han demostrado que “el rendimiento en cebada maltera aumenta, cuando se incrementa la densidad de siembra hasta una cantidad óptima de semilla, a partir de la cual se estabiliza o decrece. El valor óptimo de la cantidad de semilla en la densidad de siembra dependerá de factores tales como: La variedad y las condiciones ambientales en las que se encuentra el cultivo” (Bekele et al. 2020, págs. 61-71).

Según (Petcu et al. 2021, págs. 134-141), demuestran que, las densidades de siembra altas pueden incrementar los rendimientos de cebada maltera hasta una cantidad de semilla. Sin embargo, al tener densidades excesivamente altas ocasionaran un efecto negativo al incrementar la competencia entre plantas.

2.3.5 Factores que afectan la densidad de siembra, como el tipo de cultivo, el clima y el tipo de suelo

La densidad óptima de siembra en cebada depende de factores como la variedad, la fecha de siembra, la fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua. En regiones húmedas y fértiles se pueden usar densidades más altas que en zonas áridas y pobres (Grupo Modelo 2021, pág. 11).

Existen diversos factores que van a determinar la densidad óptima de siembra en cebada maltera en los que se encuentran: El tipo de cultivo (variedad), condiciones climáticas (la temperatura, precipitación, viento), características del suelo (Estructura, cantidad de nutrientes) y la disponibilidad de riego (Senait et al., 2020, págs. 61-71).

2.4 Cebada materia prima para la cerveza

La cebada es la materia prima para fabricar la cerveza porque la malta incurre 8,5 veces más que lúpulo por litro de producción.

2.4.1 Características de una buena cebada cervecera

Según. (Molina 2007, págs. 3-14), las características de una buena cebada cervecera son las siguientes:

- a) Alta resistencia a enfermedades, una de las características es que la cebada presente alta resistencia a enfermedades para garantizar un mayor rendimiento y menor uso de plaguicidas.
- b) Rendimiento por hectárea, un buen rendimiento permite al agricultor mejora sus ingresos por hectárea; para, ello se debe validar variedades que se adaptan a la zona.
- c) Pureza varietal del grano, se refiere a la proporción de granos de una variedad específica siendo un parámetro de calidad empleado en las fábricas cerveceras.
- d) Tamaño y forma del grano, se puede hablar de una mejor calidad cuando los granos de cebada sean homogéneos, porque esto garantiza que en las fases del malteado los granos de cebada sufran transformarán en las mismas condiciones

2.4.2 Características de la cebada para producción de cerveza

No todas las variedades de cebada son apta para la producción de cerveza de calidad, solamente las variedades denominadas cerveceras o malteras con:

- a) Porcentajes elevados de granos grandes.
- b) Contenido de proteína entre el 10-12%, ya que proporcionan los necesarios nutrientes para la levadura para el proceso de fermentación.
- c) Altos porcentajes de almidón que fluctúe entre 60 al 80 %, porque es el compuesto que genera el extracto fermentable.
- d) Por lo menos un 98% de germinación.

2.4.3 Aplicaciones de la cebada en bebidas

La cebada se usa para elaborar bebidas similares al café mediante malteado para elaborar diversas cervezas y maltas especiales.

2.4.3.1 Bebidas no alcohólicas

La cebada tostada se puede incorporar a bebidas similares al café y es muy popular en Europa e Italia, aunque se conoce con el nombre de *caffè d'orzo*, utilizado como bebida de desayuno para niños cuando se mezcla con leche. Esta mezcla puede disminuir la acumulación de bacterias cariogénicas en los dientes. La investigación demostró que el café de cebada posee actividad antimicrobiana y bactericida; así, como altas propiedades antiadhesivas, que son activas contra patógenos orales como *S. sobrinus* y *Streptococcus mutans*. Esto se debe a los compuestos α -dicarbonilo formados durante el proceso de tostado fueron identificados como responsables de la acción antibacteriana y propiedades antiadhesivas (Abeshu 2021, págs. 100-238).

2.4.3.2 Elaboración de cervezas

La descripción dada por (Shala et al. 2013, págs. 459-463), para la elaboración de cervezas es la siguiente:

- La cerveza representa una de las bebidas alcohólicas de mayor consumo en el mundo y se define como una bebida alcohólica derivada de la malta de cebada y aromatizada con lúpulo. El malteado precede a la elaboración de cerveza y su propósito es transformar la estructura física del grano de cebada y permitir la síntesis o activación de enzimas de modo que el producto final, la malta de cebada, sea más fácilmente utilizable en las siguientes etapas de la elaboración de cerveza (o destilación o fabricación de alimentos).
- Un proceso industrial básico de elaboración de cerveza occidental implica tres etapas separadas pero correlacionadas: en primer lugar, la malta de cebada se tritura (de 4 a 10 h) para obtener mosto, un extracto de malta rico en azúcar que posteriormente se fermentará (de 3 a 10 días), en la segunda etapa de elaboración de la cerveza, mediante levadura en alcohol (cerveza) en tanques cilíndricos-cónicos. En la etapa final, la cerveza se refina (de 2 a 25 días) mediante filtración (filtración) y envejecimiento (desarrollo del sabor).
- Debido a las muchas permutaciones en cada una de estas tres etapas, además de la variación en las materias primas como la malta, lúpulo, levadura y la posibilidad de incorporación de adjuntos, existen muchas cervezas. y por lo tanto sólo se mencionarán aquí los tipos más comunes.

2.4.3.3 *Malta de cebada como materia prima cervecera*

La malta de cebada, o "malta", como se la conoce comúnmente debido a su uso en la producción como malta cervecera, es el ingrediente principal en la elaboración de cerveza y proporciona todos los componentes esenciales para la elaboración de cerveza, ahorrando agua y levadura. La malta tiene una alta proporción de almidón a proteína y una cáscara adherente que permite que se produzca un malteado eficiente al mismo tiempo que protege el grano modificado después del malteado, lo que previene el moho y proporciona un lecho filtrante natural más adelante en el proceso de elaboración de la cerveza. La cáscara también produce los sabores característicos asociados a la malta. La malta proporciona almidón y azúcares que serán fermentados a alcohol, proteínas y aminoácidos que alimentarán la levadura y contribuirán al color, el sabor y la espuma (Arendt & Zannini, 2013, págs. 150-201).

Las variedades de cebada más adecuadas para la elaboración de cerveza son las cebadas de primavera 2R. Durante el último siglo, estas variedades se han mejorado específicamente mediante cultivos cruzados para mejorar la calidad y los atributos necesarios para obtener malta

optimizada para la producción de cerveza. Un gran número de variedades tienen excelentes propiedades tecnológicas desde el punto de vista cervecero. Dentro de los países de la EBC (European Brewery Convention), hay registradas alrededor de 300 cebadas de primavera, 100 cebadas de invierno 2R y 100 cebadas de invierno 6R (Shala et al. 2013, págs. 459-463).

2.5 Variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana

2.5.1 *Métodos de mejoramiento genético*

El INIAP ha desarrollado variedades mejoradas mediante el uso de métodos convencionales como el uso de herramientas de investigación participativas con los agricultores, esto ha facilitado la adopción de las mismas en campo y contribuyendo a la Seguridad y Soberanía Alimentaria del Ecuador.

2.5.1.1 *Adaptación*

Según, (Ponce et al., 2019 págs. 1-56), la descripción del proceso de adaptación se resume a continuación:

- La especie de cebada está adaptada al ambiente en el que se encuentra, el mismo que ha ejercido fuerzas selectivas que modifican a los antepasados de la especie y moldea su evolución a las condiciones tales como: la temperatura, agua, luz, viento, suelo, entre otros.
- Se ha realizado colectas de germoplasma local en el Ecuador, que se encuentra adaptado a las distintas condiciones de la sierra. Al material conocido como “Andinizado” se encuentra como parte de la “Colección Nacional” que esta conformado por 52 variedades; en las que están 38 locales y 14 con mejoramiento genético. La variabilidad genética del germoplasma es la base en el programa de Cereales del INIAP. Mediante esta estrategia y la selección apropiada, se obtienen nuevas variedades.
-

2.5.1.2 *Introducción de Germoplasma*

En regiones donde la cebada no es nativa, se aplica el método de introducción de germoplasma, el cuál es un método que implica la recolección e inserción del material genético de afuera, facilitando así la incorporación de nuevas variantes genéticas, y la introducción de nuevos genes

a la zona. El propósito es mejorar las características tales como: altura de la planta, calidad, resistencia y rendimiento (Ponce et al. 2019, págs. 1-56).

Esta técnica de introducir germoplasma es utilizada ampliamente por los programas de mejoramiento a nivel mundial, especialmente en sitios donde los cereales no son originarios, como es el caso del Ecuador. El Programa de Cereales del INIAP se abastece principalmente del Centro Internacional para Investigaciones Agrícolas en las Zonas Secas, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, así como de universidades ubicadas en Canadá y Estados Unidos. Cada año, se examinan más de mil introducciones para identificar el germoplasma que posea cualidades deseables y sea adaptable a las condiciones locales. Gracias a esta estrategia, se han desarrollado diez nuevas variedades mejoradas de cebada específicamente para Ecuador (Prasanna et al., 2013 págs. 1-16).

2.5.1.3 Hibridación o Cruzamientos

La hibridación a través de cruzamientos es el enfoque más utilizado en los programas de mejoramiento para incrementar la diversidad genética, introducir nuevos genes (mediante cruza amplias) y mejorar diversas características en los cultivos. Estas mejoras suelen incluir resistencia a enfermedades, tolerancia a condiciones adversas como sequía o salinidad, calidad de los productos, rendimiento, eficiencia, precocidad, altura de la planta, entre otros aspectos relevantes (Solano et al., 1998).

Cada especie vegetal presenta particularidades propias, lo que requiere un conocimiento profundo de los procesos relacionados con la floración de las plantas utilizadas en el programa de mejoramiento. Anualmente, el Programa de Cereales del INIAP lleva a cabo entre 50 y 100 nuevos cruzamientos con el objetivo de desarrollar germoplasma mejorado con características deseables. Las principales fuentes de variabilidad genética para seleccionar los parentales incluyen la Colección Nacional, el material mejorado del programa y las introducciones (Shala et al. 2013, págs. 459-463).

Otra estrategia importante es la inducción de mutaciones, que puede generar nueva variabilidad genética mediante cambios puntuales, sustituciones, inserciones, deleciones o duplicaciones en regiones codificantes, dando lugar a proteínas y características nuevas. Esta técnica ha sido aplicada con éxito para desarrollar germoplasma resistente a enfermedades, adaptado a condiciones ambientales extremas y con mejoras en la calidad nutricional, así como para generar resistencia a herbicidas, entre otros logros.

El Programa de Cereales del INIAP ha incorporado la inducción de mutaciones en su proceso de generación de germoplasma desde 2008, utilizando irradiaciones de Cobalto 60 a una dosis de 130 grays. Esto ha resultado en la creación de tres líneas prometedoras de cebada con características deseables (Ponce et al., 2019 págs. 1-56).

2.5.1.4 *Doble Haploides*

Un doble haploide (DH) se forma cuando las células haploides (n) experimentan una duplicación cromosómica, ya sea de manera espontánea o inducida mediante agentes químicos como la Colchicina. En el mejoramiento de plantas, la metodología de DH es ampliamente utilizada debido a sus ventajas, como la rápida obtención de homocigotos en menor tiempo y costo. Para producir dobles haploides en cebada, se cruza *Hordeum vulgare* con la cebada silvestre *Hordeum bulbosum* (Prasanna et al., 2013 págs. 1-16).

El uso de dobles haploides en el mejoramiento de plantas tiene el potencial de acelerar los ciclos de mejoramiento genético en comparación con los métodos convencionales como los cruzamientos. Esto se logra al obtener líneas homocigóticas en un solo ciclo, lo que facilita la homogeneización y estabilización genética de manera rápida. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la variabilidad genética en el germoplasma puede ser menor, ya que los materiales utilizados en esta técnica han experimentado un solo ciclo de recombinación genética (F1). Por lo tanto, se recomienda aplicar esta técnica a partir de poblaciones más avanzadas, como F2 o F3, para mantener niveles adecuados de variabilidad genética (Ponce et al., 2019 págs. 1-56).

2.5.1.5 *Selección*

Según (Prasanna et al., 2013 págs. 1-16), mencionan que, la selección se describe como uno de los métodos más antiguos y fundamentales en el mejoramiento genético. Es un proceso el cual puede ser natural o inducido, en el que se seleccionan plantas con características deseables de una población que posean una variabilidad genética para formar una nueva población segregante. La efectividad de la selección depende de la variabilidad genética presente en la población original. Actualmente, existen varias técnicas de selección de germoplasma en conjunto con los métodos mencionados. Las cuales son muy importantes para desarrollar germoplasma con características deseables, especialmente en cultivos autógamos, tales como la cebada maltera. Las cuales incluyen:

- Selección Masal: Consiste en seleccionar y cosechar todas las plantas de una población para llevarlas a una siguiente generación segregante, con el objetivo de aumentar la frecuencia de genes favorables sin perder variabilidad genética.
- Selección Individual o Pedigree: Se basa en elegir las mejores plantas dentro de una población con variabilidad genética. La semilla de estas plantas se cosecha por separado y se siembra en parcelas individuales para una selección más detallada.
- Selección Mixta o Combinada: Combina las técnicas de selección mencionadas anteriormente, dependiendo de la experiencia y criterio del mejorador. Se ha demostrado que pueden existir varias variantes de esta técnica.
- Descendencia de una Sola Semilla: En generaciones F2 a F5, se cosecha una sola semilla de cada planta y se siembra individualmente en generaciones siguientes (F3 a F6). Esta técnica resulta en alta homocigosis y requiere siembras espaciadas con una selección positiva.
- Selección Asistida por Marcadores (MAS): Esta técnica emergente se utiliza para identificar y seleccionar germoplasma resistente a enfermedades importantes en la cebada. Se basa en la detección de secuencias de ADN relacionadas con características de interés productivo, como la resistencia a enfermedades.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Materiales y métodos

3.1.1 Localización del ensayo

El presente trabajo de investigación fue llevado a cabo en la estación experimental Tunshi – ESPOCH, ubicado en la provincia de Chimborazo, en el cantón Riobamba, comunidad Tunshi San Nicolás, vía a Licto a 12 km de la cabecera cantonal.

3.1.2 Ubicación geográfica

Tabla 3-1: Clasificación de los elementos utilizados para el desarrollo de la investigación

Características geográficas	
Altitud	2725 m.s.n.m.
Latitud	7°35'24"S
Longitud	78°37'34" W

Fuente: Datos registrados con GPS

Realizado por: Ojeda W., 2024

3.1.3 Características climáticas

El clima es Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo, la precipitación promedio anual varía entre 750 - 1000 mm, tiene dos estaciones lluviosas que oscilan entre febrero-mayo y octubre-diciembre. La temperatura promedio anual puede fluctuar entre 12 y 14 °C, y con una humedad relativa de 70 a 72 % (INAMHI, 2017).

3.2 Materiales

La lista de los materiales empleados a lo largo de este estudio, se seleccionaron para determinar cada una de las variables de manera precisa y fiable, algunos de estos materiales se encuentran para la parte del ensayo en campo, y para la obtención de resultados en laboratorio y oficina como se muestra en la Tabla 3-2

Tabla 3-2: Clasificación de los elementos utilizados para el desarrollo de la investigación

Material de campo	Equipos	Material y equipo de laboratorio	Material y equipos de oficina
<ul style="list-style-type: none">• Estacas• Cintas métricas• Piola• Azadones• Rastrillos• Hoz• Estacas de 50 cm• Letreros• Fundas• Semilla de cebada• Libreta de campo• Lápices• Esferos• Martillo• Barreno	<ul style="list-style-type: none">• Tractor• GPS• Bombas de aspersión• Trilladora	<ul style="list-style-type: none">• Balanza analítica• Tamiz• Balanza de peso hectolítrico• Medidor de humedad de granos	<ul style="list-style-type: none">• Computadora• Impresora• Cámara digital• Recipientes de plástico• Hojas

Realizado por: Ojeda W., 2024

3.2.1 *Material vegetativo*

El material vegetativo utilizado corresponde a una variedad y tres líneas:

La variedad ABI Voyager, tiene buenas características de productividad y buena calidad de malteado, tiene un desarrollo vertical, muestra pubescencia en las vainas foliares inferiores, con frecuencia muy baja de hojas bandera curvadas y color antociánico débil, no se acama fácilmente y tiene bajo nivel de quiebre del tallo herbáceo (Government of Canada, 2015).

Las líneas están representadas por los materiales 2IK16-0671, 2IK16-0710 y 2IK16-0812, desarrollados por el INIAP, del cual se espera tener información relevante para el aporte en el desarrollo de variedades a partir de este material.

3.3 Metodología

3.3.1 *Diseño experimental*

3.3.1.1 *Tipo de diseño experimental*

Se realizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial 4x3, correspondientes a cuatro materiales de cebada maltera y tres densidades de siembra, expresados en kilogramos de semilla por hectárea (kg/ha), debido a que la aplicación fue al voleo.

El modelo aditivo lineal corresponde a la siguiente expresión matemática:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde,

Y_{ijk} : corresponde al efecto de la variable dependiente

μ : Es la media general del ensayo.

α_i : Es el efecto de los materiales de cebada en cada uno de sus niveles i

β_j : Es el efecto de la densidad de siembra en cada uno de sus niveles j

γ_k : Es el efecto del k -ésimo bloque

$(\alpha\beta)_{ij}$: Es el efecto de la interacción de los materiales de cebada y la densidad de siembra en cada uno de sus niveles de i a j

ε_{ijk} : Es el efecto residual o error aleatorio provocado por los niveles de cada uno de los factores y los bloques.

El análisis de varianza para un DBCA de arreglo factorial 4x3, fue evaluada como se muestra en la Tabla 3-3, donde, $a - 1$ son los grados de libertad del Factor A, $b - 1$ son los grados de libertad del factor B, $(a - 1)(b - 1)$ son los grados de libertad de la interacción entre el factor A y el factor B, $r-1$ son los grados de libertad de los Bloques, $(r - 1)(a - 1)(b - 1)$ son los grados de libertad del error.

Tabla 3-3: Análisis de varianza para un DBCA con dos factores

F. V	Fórmula	GL (Grados de libertad)
Bloques (r)	$r - 1$	2
Factor A	$a - 1$	3
Factor B	$b - 1$	2
A x B	$(a - 1)(b - 1)$	6
Error (E)	$(r - 1)(a - 1)(b - 1)$	22
Total (t)	$abr - 1$	35

Realizado por: Ojeda W., 2024

3.3.1.2 Campo experimental

- Tratamientos: 12
- Repeticiones: 3
- Unidades experimentales: 36
- Área de cada unidad experimental: 4 m²

3.3.1.3 Factores en estudio

El experimento estuvo conformado por dos factores:

Factor A: Se utilizó una variedad y tres líneas de cebada maltera, provenientes del campo experimental del INIAP como se muestra en la Tabla 3-4. Por tanto, los niveles de este factor corresponden a:

Tabla 3-4: Materiales de germoplasma

Código	Material de Cebada
A1	Variedad 1: ABI Voyager
A2	Línea 1: 2IK16-0671
A3	Línea 2: 2IK16-0710
A4	Línea 3: 2IK16-0812

Realizado por: Ojeda W., 2024

Factor B: Se utilizó tres niveles de densidades de siembra como se muestra en la Tabla 3-5

Tabla 3-5: Densidad de siembra

Código	Densidad	Unidad
B1	100	kg/ha
B2	125	kg/ha
B3	150	kg/ha

Realizado por: Ojeda W., 2024

3.3.2 *Tratamientos*

Los tratamientos corresponden a la combinación de los factores AxB en cada uno de sus niveles, tal como se muestra en la Tabla 3-6; donde, cada una de las interacciones numéricas dentro de la columna del Código, representa la combinación de cada uno de los niveles de cada factor, además que se realiza una descripción del significado de la combinación de los niveles de los factores presentes en el ensayo.

Tabla 3-6: Descripción de cada uno de los tratamientos en la evaluación de las densidades de siembra en los materiales de cebadas

Tratamiento	Código	Descripción
T1	A1B1	ABI Voyager x 100 kg/ha
T2	A1B2	ABI Voyager x 125 kg/ha
T3	A1B3	ABI Voyager x 150 kg/ha
T4	A2B1	2IK16-0671 x 100 kg/ha
T5	A2B2	2IK16-0671 x 125 kg/ha
T6	A2B3	2IK16-0671 x 150 kg/ha
T7	A3B1	2IK16-0710 x 100 kg/ha
T8	A3B2	2IK16-0710 x 125 kg/ha
T9	A3B3	2IK16-0710 x 150 kg/ha
T10	A4B1	2IK16-0812 x 100 kg/ha
T11	A4B2	2IK16-0812 x 125 kg/ha
T12	A4B3	2IK16-0812 x 150 kg/ha

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 3-1, se aprecia la distribución de cada uno de los tratamientos con las respectivas repeticiones o bloques, cuya separación es notoria, con el objetivo de evitar la influencia de un bloque con otro. Cada parcela pequeña corresponde a la unidad experimental de 4m² de área.

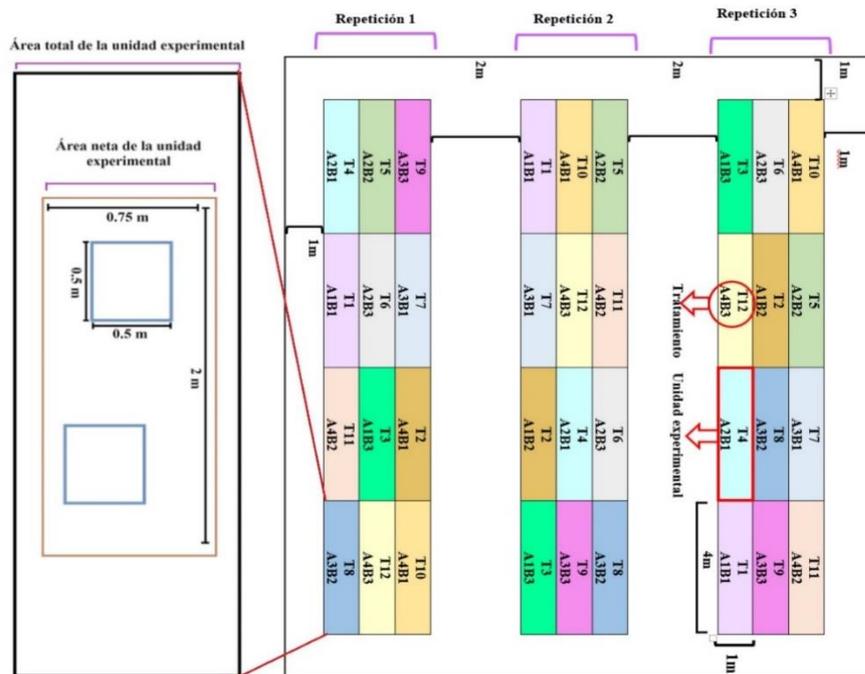


Ilustración 3-1: Esquema de la parcela experimental.

Realizado por: Ojeda W., 2024

3.4 Metodología de la investigación

El cumplimiento de las actividades agronómicas es muy importante para la obtención de resultados acordes a los objetivos planteados. Para ello se realizó las siguientes actividades:

3.4.1 *Labores culturales*

3.4.1.1 *Preparación del suelo*

Fue utilizado un arado de rastra con el objetivo de tener suficiente soltura del suelo para facilitar la germinación y desarrollo de las plantas.

3.4.1.2 *Parcelado y etiquetado*

Se establecieron parcelas de 4m x 1m de acuerdo a los tratamientos, se procedió con el etiquetado para identificar cada uno de los factores y sus niveles para ser evaluados.

3.4.1.3 Siembra

La siembra fue al voleo aplicado la cantidad descrita en los niveles del Factor B de acuerdo a cada tratamiento.

3.4.1.4 Fertilización

La fertilización fue principalmente de nitrógeno, aplicando de acuerdo al requerimiento del cultivo.

3.4.1.5 Control fitosanitario

Los controles fitosanitarios estuvieron dirigidos a evitar el ataque de plagas, debido a que las enfermedades causadas por royas, fueron objetos de evaluación.

3.4.1.6 Otras labores culturales

Las labores culturales estuvieron dirigidas hacia el control de malezas, el cual se realizó manualmente con el uso de herramientas para el efecto. También se realizó el riego de acuerdo con las necesidades del cultivo, estableciendo la necesidad hídrica del cultivo de acuerdo al balance hídrico determinada por las lluvias y la evapotranspiración.

3.4.2 Variables evaluadas

Las variables fueron evaluadas al alcanzar su máximo nivel de desarrollo, sin embargo, los detalles de severidad de ataque de enfermedades se establecieron en fechas específicas.

3.4.2.1 Número de plantas vivas

Se contabilizó el número de plantas que llegaron a la madurez fisiológica durante la evaluación.

3.4.2.2 Días al macollamiento

El macollamiento es el evento del desarrollo agronómico de la cebada, donde, aparecen nuevos brotes de las yemas axilares el cual contribuye al desarrollo, a la formación de espigas; por tanto,

al rendimiento. Esta variable fue evaluada al contar los días a partir de la siembra, durante el desarrollo vegetativo.

3.4.2.3 Días al encañado

En el encañado se forman nudos y se refiere a la formación de una estructura rígida que soporta a la espiga, fue contabilizado los días desde la siembra hasta el término del crecimiento de esta estructura, es decir, antes de la floración.

3.4.2.4 Días al embuchamiento

El embuchamiento se refiere al llenado de los granos, fue evaluada desde la siembra hasta que al menos el 80 % de las plantas hayan alcanzado el desarrollo del tallo reproductivo.

3.4.2.5 Días al espigamiento

Para esta variable se consideró desde la siembra, hasta que al menos, el 80% de la plantación haya alcanzado la formación total de las espigas.

3.4.2.6 Días a la floración

Fue contabilizado desde la siembra, hasta que al menos el 80 % de la plantación haya alcanzado la formación de los estambres por ende la fase de espigamiento.

3.4.2.7 Días a la madurez fisiológica

Fue contabilizado desde la siembra, hasta que el 80% o superior, de la plantación haya alcanzado el estado de madurez de la espiga, sin que necesariamente esté listo para ser cosechado o que tenga viabilidad germinativa.

3.4.2.8 Altura de la planta

Esta variable se evaluó tomando en cuenta la medición desde la base del tallo, a nivel del suelo, hasta la espiga, en su extremo, sin considerar las aristas y cuando esté presente su madurez fisiológica.

3.4.2.9 Longitud de la espiga

Se midió desde el extremo basal hasta la última semilla del extremo apical de la espiga. Fueron consideradas las hileras centrales de las plantas evaluadas y seleccionada una espiga al azar.

3.4.2.10 Número de granos por espiga

Fue seleccionada de la hilera central de las plantas y seleccionada una espiga al azar, posteriormente se contabilizó el número de granos.

3.4.2.11 Número de macollos

Fue registrado el número de macollos en un metro cuadrado, considerando el centro de la unidad experimental para esta evaluación.

3.4.2.12 Número de espigas efectivas

Se contabilizó el número de espigas en un metro cuadrado, considerando el centro de la unidad experimental para esta evaluación.

3.4.2.13 Humedad en porcentaje

Fue una variable que se evaluó para determinar el peso de los granos de cebada, puesto que es recomendable para almacenamiento humedad bajo el 12%.

3.4.2.14 Peso en gramos

Fue tomada una muestra representativa de cada tratamiento y determinado su peso y contrastando con la humedad.

3.4.2.15 Calibre en gramos

Fue tomada una muestra representativa de cada unidad experimental y se midió el tamaño promedio de varias muestras de semilla para promediar y comparar con otros tratamientos.

3.4.2.16 *Peso de mil gramos de semilla*

Fue contabilizado mil semillas y determinado su peso, mediante el uso de una balanza analítica

3.4.2.17 *Peso hectolítrico*

Se tomó una muestra representativa de cada tratamiento, fue liberado de impurezas y obtenido el peso correspondiente. Se colocó en una probeta de capacidad específica para medir el volumen de las semillas en litro.

3.4.2.18 *Severidad de roya*

Se utilizó la escala modificada de COBB y se evaluó cada 15 días a partir de la emergencia, obteniendo nueve evaluaciones durante el desarrollo del experimento.

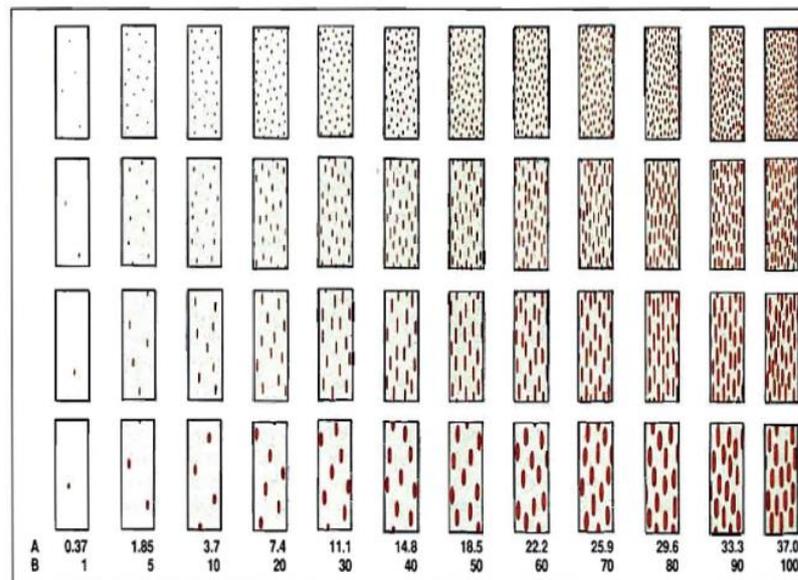


Ilustración 3-2: Escala modificada de COBB para evaluar la severidad de roya en cebada

Fuente: (Stubbs et al. 1986)

3.4.3 *Análisis de datos*

Los objetivos sobre el desempeño agronómico de los materiales de cebada y la comparación del rendimiento fueron explicados mediante análisis de varianzas y comparaciones de medias entre los niveles de los tratamientos. La representación gráfica que se realizó muestra la tendencia del comportamiento de las variables y permite dilucidar cual tratamiento tiene mejor comportamiento. Se emplea la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para

comparación de medias de datos no categóricos en conjunto con análisis de ortogonalidad para determinar funciones lineales, cuadráticas, cúbicas, se llevó a cabo la prueba de Friedman para datos categóricos (Severidad de enfermedades, calibre).

Para la obtención de las respuestas estadísticas se utilizó el programa estadístico Minitab® 19.1 (64-bit), el software InfoStat versión 2020 y la hoja de cálculo de Microsoft Excel.

3.4.4 Análisis económico

3.4.4.1 Análisis del Beneficio-Costo

Para cumplir con el objetivo tres, se realizó el cálculo del Beneficio-Costo considerando los costos de producción de una hectárea para cada uno de los tratamientos en la evaluación de las densidades de siembra en los cuatro materiales de cebadas; esto representará los egresos en el flujo de caja. Los ingresos también se consideraron para los 12 tratamientos en función de la producción que se logró obtener al final de la investigación.

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

La relación beneficio costo consideró los ingresos y egresos presentes netos de la producción de cebada, sí, los ingresos de la producción de cebada son superiores a los egresos netos (costos de producción) se consideró que la cebada genera riqueza.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Desempeño agronómico

El desempeño agronómico se refiere al comportamiento que tiene el cultivo de cebada, de acuerdo con las diferentes prácticas y características fisiológicas que conllevan al desarrollo, ataque de plagas y enfermedades y al rendimiento.

4.1.1 El número de plantas vivas por m²

El análisis de varianza para las el número de plantas vivas, en la Tabla 4-1, muestra que únicamente la densidad de siembra tiene alta significancia estadística ($p \leq 0,01$), mientras que el resto de las fuentes de variación no muestran ninguna diferencia estadística ($p \leq 0,05$ o $p \leq 0,01$) entre los niveles de cada una. El coeficiente de variación de 19,43%, permite inferir que hubo factores que afectaron a la variación de la información, lo cual, es acorde a trabajos de campo, donde, existen muchos factores incontrolables.

Tabla 4-1: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para las el número de plantas vivas.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	1,00	0,385	ns
Material de Cebada (MC)	3	2,04	0,138	ns
Densidad de siembra (DS)	2	5,57	0,011	**
MC x DS	6	0,43	0,853	ns
Error	22			
Total	35			
CV (%):		19,43		

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

La prueba de Tukey al 5% , permitió establecer la diferencia entre los niveles de las densidades de siembra, observándose en la Ilustración 4-1, que existieron mayores valores del número de plantas vivas al aplicar 150 kg/ha de semillas de cebada a la siembra se obtiene 199 plantas, al contrario, para las densidades de 100 los resultados fueron de 156,8 plantas y para la densidad de 125 kg/ha fue de 178,3 plantas, que fueron significativamente inferiores al anterior, pero iguales entre sí.

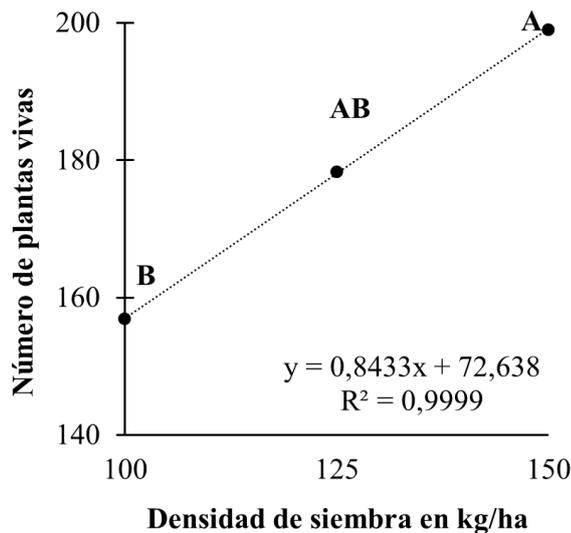


Ilustración 4-1: Prueba de comparación de medias, según Tukey para las el número de plantas vivas, de acuerdo con la densidad de siembra.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En el análisis ortogonal para el número de el número de plantas vivas definido en la Tabla 4-2 muestra una diferencia altamente significativa ($p \leq 0,01$) con un p-valor de 0,003, para el primer contraste que es la comparación de la dosis de 100 kg/ha con la densidad de 150 kg/ha lo que indica que lleva una tendencia lineal en los datos.

Tabla 4-2: Análisis ortogonal, de acuerdo con el diseño DBCA, para el número de el número de plantas vivas por m².

Densidad de siembra	GL	F	p-valor	SIG
Función lineal	1	11,14	0,003	**
Función cuadrática	1	0,002	0,970	Ns
Total	2	5,570	0,011	ns

Elaborado por: Ojeda W., 2024

4.1.2 Días al macollamiento

El análisis de varianza para los días al macollamiento, mostrado en la Tabla 4-3, exhibe una diferencia altamente significativa ($p \leq 0,01$), para la densidad de siembra, lo cual demuestra que los niveles del factor mencionado, tienen cierta diferencia entre ellos; por otro lado, la densidad de siembra y la interacción, no muestran ninguna significancia estadística ($p \leq 0,05$ o $p \leq 0,01$). El coeficiente de variación fue relativamente bajo, con un valor de 5,24%.

Tabla 4-3: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para los días al macollamiento.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	0,740	0,488	ns
Material de Cebada (MC)	3	12,44	<0,001	**
Densidad de siembra (DS)	2	0,190	0,832	ns
MC x DS	6	1,380	0,265	ns
Error	22			
Total	35			
CV (%):		5,24		

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

La prueba de Tukey como se observa en la Ilustración 4-2, denota que, la línea de cebada 2IK16-0671 tiene mayores días al macollamiento con 29,33 días perteneciente al Grupo A, lo contrario ocurre con el grupo B, conformado por la variedad ABI Voyager con 26,89 días y las líneas 2IK16-070 con una media de 26,89 días y 2IK16-0812 con un valor de 27 días, que presentaron la menor cantidad de días.

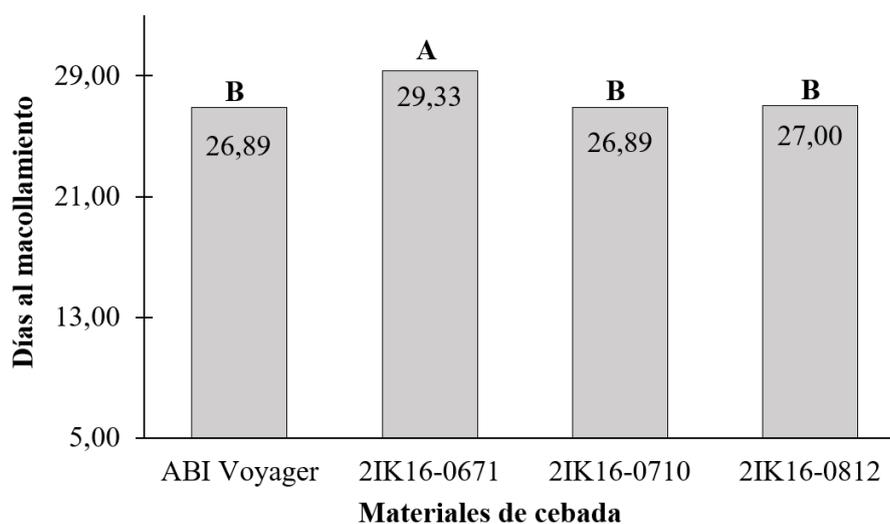


Ilustración 4-2: Prueba de comparación de medias, según Tukey para los días al macollamiento relacionado con los materiales de cebada.

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.1.3 Días al encañado

En la Tabla 4-4, se muestra el análisis de varianza para los días al encañado, notándose que existió una diferencia significativa ($p \leq 0,05$) para el material de cebada y una diferencia altamente significativa ($p \leq 0,01$) para la interacción material de cebada x densidad de siembra, al contrario,

la densidad de siembra no tuvo diferencia significativa ($p \leq 0,05$ o $p \leq 0,01$). El coeficiente de variación tuvo un porcentaje de 3,38, en esta variable.

Tabla 4-4: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para los días al encañado.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	1,710	0,204	ns
Material de Cebada (MC)	3	3,860	0,023	*
Densidad de siembra (DS)	2	0,240	0,785	ns
MC x DS	6	4,260	0,005	**
Error	22			
Total	35			
CV (%):		3,38		

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

La prueba de Tukey al 5%, muestra que la línea 2IK16-0710 tuvo el mayor valor con 47 días, en comparación con el grupo conformado por la variedad ABI Voyager con una media de 45,89 días y las líneas 2IK16-0671 con un valor de 46,22 días y 2IK16-0812 con 45,78 días, que además son iguales estadísticamente.

En cuanto a la interacción entre los materiales de cebada y las densidades de siembra mostrados en la Tabla 4-5, es posible observar que según la prueba de Tukey al 5%, 2IK16-0671 x 100 kg/ha con 48 días y 2IK16-0710 x 100 kg/ha con un valor de 47,67 días, con el mayor número de días al encañado, al contrario el tratamiento con menor días fue 2IK16-0812x125kg/ha con una media de 44 días

Tabla 4-5: Prueba de comparación de medias, según la prueba de Tukey para los días al encañado.

Tratamiento	Código	Media	Grupo
2IK16-0671 x 100 kg/ha	A2B1	48,00	A
2IK16-0710 x 100 kg/ha	A3B1	47,67	A
2IK16-0710 x 150 kg/ha	A3B3	47,33	A B
2IK16-0710 x 125 kg/ha	A3B2	47,33	A B
2IK16-0812 x 150 kg/ha	A4B3	47,00	A B
ABI Voyager x 125 kg/ha	A1B2	46,33	A B
ABI Voyager x 150 kg/ha	A1B3	46,33	A B
2IK16-0812 x 100 kg/ha	A4B1	46,33	A B
2IK16-0671 x 125 kg/ha	A2B2	46,00	A B
ABI Voyager x 100 kg/ha	A1B1	45,00	A B
2IK16-0671 x 150 kg/ha	A2B3	44,67	A B
2IK16-0812 x 125 kg/ha	A4B2	44,00	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.1.4 *Días al embuchamiento*

El análisis de varianza para los días al embuchamiento, mostrado en la Tabla 4-6, denota que no existieron diferencias ($p \leq 0,05$ o $p \leq 0,01$) para ninguna de las fuentes de variación, por tanto, todos los niveles de los materiales de cebada, densidad de siembra y la interacción entre ambos son estadísticamente similares. El coeficiente de variación en este caso fue de 1,75 %.

Tabla 4-6: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para los días al embuchamiento.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	0,130	0,877	ns
Material de Cebada (MC)	3	1,150	0,352	ns
Densidad de siembra (DS)	2	2,420	0,112	ns
MC x DS	6	1,180	0,352	ns
Error	22			
Total	35			
CV (%):		1,75		

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

El valor de la media de los días al embuchamiento para todos los tratamientos fue de 54,11 como se muestra en la Tabla 4-7.

Tabla 4-7: Valor promedio de los días al embuchamiento en los diferentes tratamientos.

Descripción	Media
Días al embuchamiento	54,11

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.1.5 *Días al espigado*

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 4-8, denota que los materiales de cebada, densidad de siembra y la interacción entre ambos, tuvieron una diferencia altamente significativa ($p \leq 0,01$), por tanto, existen diferencias en los niveles de cada una de las fuentes de variación. El porcentaje del coeficiente de variación fue de 2,07 %.

Tabla 4-8: Valores promedios de los días al embuchamiento en los diferentes tratamientos.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	2,080	0,149	ns
Material de Cebada (MC)	3	24,44	<0,001	**
Densidad de siembra (DS)	2	19,03	<0,001	**
MC x DS	6	13,35	<0,001	**
Error	22			
Total	35			
CV (%):		2,07		

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

Las diferencias en las interacciones entre los materiales de cebada y las densidades de siembra fueron dadas por la prueba de Tukey al 5% y se muestran en la Tabla 4-9. El tratamiento 2IK16-0671 x 100 kg/ha, presentó los mayores días al espigado con una media de 65,67 días, contrariamente al grupo estadísticamente igual y con menores días conformado por ABI Voyager x 150 kg/ha, 2IK16-0710 x 150 kg/ha, 2IK16-0812 x 100 kg/ha y 2IK16-0812 x 125 kg/ha, mismos que en ningún caso superan los 62,67 días.

Tabla 4-9: Prueba de comparación de medias, según la prueba de Tukey para los días al espigado.

Tratamiento	Código	Media	Grupo
2IK16-0671 x 100 kg/ha	A2B1	65,67	A
2IK16-0710 x 100 kg/ha	A3B1	65,33	A B
2IK16-0671 x 125 kg/ha	A2B2	65,33	A B
ABI Voyager x 100 kg/ha	A1B1	64,67	A B C
2IK16-0812 x 150 kg/ha	A4B3	64,00	B C D
ABI Voyager x 125 kg/ha	A1B2	64,00	B C D
2IK16-0710 x 125 kg/ha	A3B2	64,00	B C D
2IK16-0671 x 150 kg/ha	A2B3	63,67	C D E
2IK16-0710 x 150 kg/ha	A3B3	62,67	D E F
ABI Voyager x 150 kg/ha	A1B3	62,33	E F
2IK16-0812 x 100 kg/ha	A4B1	62,33	E F
2IK16-0812 x 125 kg/ha	A4B2	62,00	F

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.1.6 Días a la floración

Para los días a la floración, el análisis de varianza mostrado en la Tabla 4-10, señala que hubo diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) en los materiales de cebada, densidad de siembra y la interacción entre ambas. El coeficiente de variación calculado para esta variable fue de 2,06%.

Tabla 4-10: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para los días a la floración.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	0,070	0,936	ns
Material de Cebada (MC)	3	40,99	<0,001	**
Densidad de siembra (DS)	2	7,380	0,004	**
MC x DS	6	9,840	<0,001	**
Error	22			
Total	35			
CV (%):		2,06		

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

La prueba de Tukey para los tratamientos, mostrados en la Tabla 4-11, denota que existieron seis grupos, siendo el tratamiento 2IK16-0671 x 100 kg/ha, con el mayor valor de 81,33 días, al contrario del último grupo conformado solo por la interacción 2IK16-0812 x 100 kg/ha con 75,33 días.

Tabla 4-11: Prueba de comparación de medias, según la prueba de Tukey para los días a la floración.

Tratamiento	Media	Grupo
2IK16-0671 x 100 kg/ha	81,33	A
2IK16-0710 x 100 kg/ha	80,00	A B
2IK16-0671 x 125 kg/ha	79,67	A B C
ABI Voyager x 100 kg/ha	79,67	A B C
2IK16-0671 x 150 kg/ha	79,33	B C D
ABI Voyager x 125 kg/ha	79,00	B C D E
2IK16-0710 x 125 kg/ha	79,00	B C D E
2IK16-0710 x 150 kg/ha	78,00	C D E
2IK16-0812 x 150 kg/ha	77,67	D E
2IK16-0812 x 125 kg/ha	77,33	E
ABI Voyager x 150 kg/ha	77,33	E
2IK16-0812 x 100 kg/ha	75,33	F

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.1.7 Días al llenado del grano

El análisis de varianza para los días al llenado del grano, presentado en la Tabla 4-12, muestra que existió diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) para los materiales de cebada, densidad de siembra y la interacción entre ambos, por tanto, los niveles de las variables mencionadas son diferentes. El coeficiente de variación fue de 3,87 %.

Tabla 4-12: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para los días al llenado de granos.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	1,210	0,318	ns
Material de Cebada (MC)	3	151,3	<0,001	**
Densidad de siembra (DS)	2	32,49	<0,001	**
MC x DS	6	104,1	<0,001	**
Error	22			
Total	35			

CV (%): 3,87

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

La diferencia de los tratamientos, según la prueba de Tukey al 5%, mostrados en la Tabla 4-13, exhibe la conformación de cinco grupos, donde, el primer grupo A formado por las interacciones 2IK16-0671 x 100 kg/ha y 2IK16-0671 x 125 kg/ha, presentan los mayores días al llenado de grano con 102,70 y 102 días, a comparación del tratamiento 2IK16-0812 x 100 kg/ha perteneciente al grupo E registrando la menor duración con una media de 89,67 días.

Tabla 4-13: Prueba de comparación de medias, según la prueba de Tukey para los días al llenado del grano.

Tratamiento	Código	Media	Grupo
2IK16-0671 x 100 kg/ha	A2B1	102,7	A
2IK16-0671 x 125 kg/ha	A2B2	102,0	A
ABI Voyager x 100 kg/ha	A1B1	101,7	A B
ABI Voyager x 125 kg/ha	A1B2	101,0	A B C
2IK16-0710 x 100 kg/ha	A3B1	101,0	A B C
2IK16-0671 x 150 kg/ha	A2B3	100,0	B C
2IK16-0710 x 125 kg/ha	A3B2	100,0	B C
2IK16-0812 x 150 kg/ha	A4B3	99,67	C
2IK16-0710 x 150 kg/ha	A3B3	95,67	D
2IK16-0812 x 125 kg/ha	A4B2	95,67	D
ABI Voyager x 150 kg/ha	A1B3	94,67	D
2IK16-0812 x 100 kg/ha	A4B1	89,67	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.1.8 Días a la madurez fisiológica

El análisis de varianza para los días a la madurez fisiológica es apreciable en la Tabla 4-14, notándose que ninguna de las variables (material de cebada, densidad de siembra y la interacción entre ambas) tienen significancia estadística ($p \leq 0,05$ o $p \leq 0,01$); por tanto, todos los niveles de

cada variable son estadísticamente iguales. El valor del coeficiente de variación corresponde a un valor porcentual de 2,89%.

Tabla 4-14: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para los días a la madurez fisiológica.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	67,86	<0,001	**
Material de Cebada (MC)	3	0,760	0,528	ns
Densidad de siembra (DS)	2	0,320	0,732	ns
MC x DS	6	0,790	0,590	ns
Error	22			
Total	35			
CV (%):		2,89		

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

La Tabla 4-15, proporciona una visión del valor promedio de los días a la madurez fisiológica, observándose que el valor de la media para todos los tratamientos es de 119,53.

Tabla 4-15: Valor promedio de los días a la madurez fisiológica en los diferentes tratamientos.

Descripción	Media
Días a la madurez fisiológica	119,53

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.1.9 *Altura de la planta (cm)*

El análisis de varianza para la altura de la planta es apreciable en la Tabla 4-16, notándose que ninguna de las variables tales como: el material de cebada, la densidad de siembra y la interacción entre ambas tienen significancia estadística ($p \leq 0,05$ o $p \leq 0,01$); por tanto, todos los niveles de cada variable son estadísticamente iguales. El valor del coeficiente de variación corresponde a un valor porcentual de 7,71%.

Tabla 4-16: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para la altura de la planta

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	0,77	0,4755	ns
Material de Cebada (MC)	3	0,92	0,4460	ns
Densidad de siembra (DS)	2	0,55	0,5849	ns
MC x DS	6	0,62	0,7104	ns
Error	22			
Total	35			
CV (%):		7,71		

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

La Tabla 4-17, proporciona una visión del valor promedio de los días a la madurez fisiológica, observándose que el valor de la media para todos los tratamientos es de 67,54 cm.

Tabla 4-17: Valor promedio de la altura de la planta en los diferentes tratamientos.

Descripción	Media (cm)
Días a la madurez fisiológica	67,54

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.1.10 Longitud de la espiga

El análisis de varianza para la longitud de la espiga, descrito en la Tabla 4-18, permite apreciar que, según la prueba de Tukey al 5%, los materiales de cebada y la densidad de siembra no muestran ninguna diferencia ($p \leq 0,05$ o $p \leq 0,01$); no obstante, la interacción entre ambas muestra diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en sus niveles. El coeficiente de variación es apreciable en 4,62 %.

Tabla 4-18: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para la longitud de la espiga.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	0,190	0,827	ns
Material de Cebada (MC)	3	1,160	0,348	ns
Densidad de siembra (DS)	2	0,140	0,868	ns
MC x DS	6	3,370	0,016	*
Error	22			
Total	35			
CV (%):		4,62		

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

La prueba de comparación de medias, según Tukey al 5%, para la longitud de la espiga, mostrada en la Tabla 4-19, permite apreciar la formación de dos grupos, siendo el tratamiento compuesto

por 2IK16-0671 x 100 kg/ha con un valor de 8,57 cm el que mayor promedio presentó, al contrario del segundo grupo, donde el tratamiento 2IK16-0812 x100 kg/ha muestra el menor valor de 7,74 cm.

Tabla 4-19: Prueba de comparación de medias, según la prueba de Tukey para longitud de la espiga.

Tratamiento	Código	Media (cm)	Grupo
2IK16-0671 x 100 kg/ha	A2B1	8,57	A
2IK16-0710 x 125 kg/ha	A3B2	8,43	B
2IK16-0812 x 150 kg/ha	A4B3	8,36	B
2IK16-0812 x 125 kg/ha	A4B2	8,15	B
2IK16-0671 x 150 kg/ha	A2B3	8,04	B
2IK16-0710 x 150 kg/ha	A3B3	8,03	B
ABI Voyager x 100 kg/ha	A1B1	7,94	B
ABI Voyager x 150 kg/ha	A1B3	7,94	B
2IK16-0710 x 100 kg/ha	A3B1	7,90	B
2IK16-0671 x 125 kg/ha	A2B2	7,76	B
ABI Voyager x 125 kg/ha	A1B2	7,76	B
2IK16-0812 x 100 kg/ha	A4B1	7,74	B

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.1.11 Número de granos por espiga

El análisis de varianza dispuesto en la Tabla 4-20 denota que no existió diferencia ($p \leq 0,05$ o $p \leq 0,01$), en los materiales de cebada y la interacción entre ambas, a pesar de ello, la densidad de siembra muestra diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en sus niveles. El coeficiente de variación fue de 6,46 %

Tabla 4-20: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el número de granos por espiga.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	1,260	0,3029	ns
Material de Cebada (MC)	3	2,290	0,1067	ns
Densidad de siembra (DS)	2	4,680	0,0203	**
MC x DS	6	0,570	0,7518	ns
Error	22			
Total	35			
CV (%):		6,46		

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

La prueba de Tukey al 5% , permitió establecer la diferencia entre los niveles de las densidades de siembra, observándose en la Ilustración 4-3, que existieron mayores valores del número de

granos por espiga al aplicar 100 kg/ha de semillas de cebada a la siembra mostro un promedio de 25,16 granos por espiga, al contrario, las densidades de 150 presentaron 23,25 granos por espiga y 125 kg/ha obtuvieron 24,61 granos por espiga, que fueron significativamente inferiores al anterior.

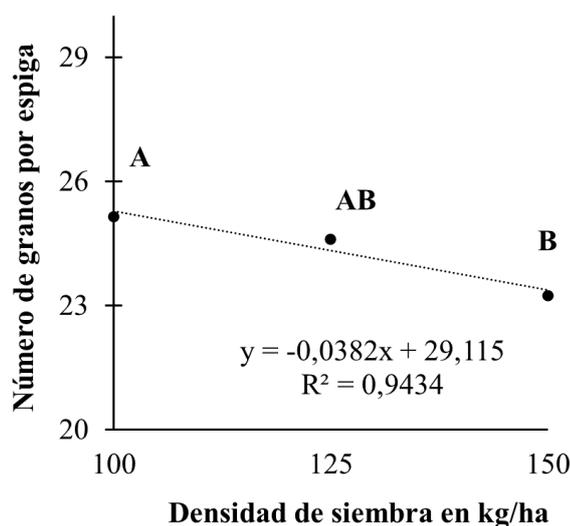


Ilustración 4-3: Prueba de comparación de medias, según Tukey para el número de granos por espiga, de acuerdo con la densidad de siembra.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En el análisis ortogonal para el número de granos por espiga determinado en la Tabla 4-21 muestra una diferencia altamente significativa ($p \leq 0,01$) con un p-valor de 0,0070, para el primer contraste que proporciona información sobre la comparación de la dosis de 100 kg/ha con la densidad de 150 kg/ha lo que indica que lleva una tendencia lineal en los datos.

Tabla 4-21: Análisis ortogonal, de acuerdo con el diseño DBCA, para el número de plantas vivas por m^2 .

Densidad de siembra	GL	F	p-valor	SIG
Función lineal	1	8,83	0,0070	**
Función cuadrática	1	0,53	0,4751	Ns
Total	2	4,68	0,0203	ns

Elaborado por: Ojeda W., 2024

4.1.12 Número de macollos por m^2

El análisis de varianza para el número de macollos, observado en la Tabla 4-22, indica que existió diferencia ($p \leq 0,05$ o $p \leq 0,01$), en los materiales de cebada, la densidad de siembra y la interacción

entre ambas, por lo cual, los niveles de cada variable fueron estadísticamente iguales. El coeficiente de variación fue de 1,67 %.

Tabla 4-22: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el número de macollos.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	24,20	< 0,001	**
Material de Cebada (MC)	3	495,8	< 0,001	**
Densidad de siembra (DS)	2	829,0	< 0,001	**
MC x DS	6	123,0	< 0,001	**
Error	22			
Total	35			
CV (%):		1,67		

p-valor <0,001 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

Los promedios de los tratamientos dispuestos en Tabla 4-23, muestran que, la interacción 2IK16-0812 x 150 kg/ha tuvo el mayor valor con 517,30 macollos/m², sin compartir el grupo con otra interacción, lo contrario fue observado con el tratamiento 2IK16-0710 x 100 kg/ha, que conforma el grupo G con el menor número de macollos/m², con valor de 275 macollos/m².

Tabla 4-23: Valores promedios de los números de macollos en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Código	Media	Grupo
2IK16-0812 x 150 kg/ha	A4B3	517,30	A
ABI-Voyager x 125 kg/ha	A1B2	445,30	B
2IK16-0671 x 150 kg/ha	A2B3	419,30	B C
ABI-Voyager x 150 kg/ha	A1B3	398,00	C
2IK16-0812 x 125 kg/ha	A4B2	388,70	C
2IK16-0812 x 100 kg/ha	A4B1	388,30	C
2IK16-0710 x 150 kg/ha	A3B3	355,70	D
2IK16-0710 x 125 kg/ha	A3B2	345,00	D E
2IK16-0671 x 125 kg/ha	A2B2	337,00	D E
ABI-Voyager x 100 kg/ha	A1B1	319,00	E F
2IK16-0671 x 100 kg/ha	A2B1	295,00	F G
2IK16-0710 x 100 kg/ha	A3B1	275,00	G

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.1.13 Número de espigas efectivas por m²

El análisis de varianza para el número de espigas efectivas puede observarse en Tabla 4-24, donde, existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$ o $p \leq 0,01$) para los materiales de cebada, densidad de siembra y la interacción entre ambas con valor <0,001. El coeficiente de variación fue de 2,13 %

Tabla 4-24: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el número de espigas efectivas.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	10,460	0,0002	**
Material de Cebada (MC)	3	282,93	<0,001	**
Densidad de siembra (DS)	2	548,60	<0,001	**
MC x DS	6	74,710	<0,001	**
Error	22			
Total	35			

CV (%): 2,13

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

El promedio del número de espigas efectivas para los tratamientos, mostrados en Tabla 4-25, denota que el tratamiento con el mayor número de espigas efectivas fue para, 2IK16-0812 x 150 kg/ha con 504,70 espigas que conforma el grupo A, al contrario, el tratamiento 2IK16-0710 x 100 kg/ha perteneciente al grupo J presentó el menor número de espigas efectivas con un valor de 262,70.

Tabla 4-25: Valores promedios de los números de espigas efectivas en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Código	Media	Grupo
2IK16-0812 x 150 kg/ha	A4B3	504,70	A
ABI-Voyager x 125 kg/ha	A1B2	430,07	B
2IK16-0671 x 150 kg/ha	A2B3	400,37	B C
ABI-Voyager x 150 kg/ha	A1B3	387,97	C D
2IK16-0812 x 125 kg/ha	A4B2	373,80	C D E
2IK16-0812 x 100 kg/ha	A4B1	370,80	D E F
2IK16-0710 x 150 kg/ha	A3B3	338,83	E F G
2IK16-0710 x 125 kg/ha	A3B2	327,40	F G H
2IK16-0671 x 125 kg/ha	A2B2	320,80	G H
ABI-Voyager x 100 kg/ha	A1B1	305,77	H I
2IK16-0671 x 100 kg/ha	A2B1	280,23	I J
2IK16-0710 x 100 kg/ha	A3B1	262,70	J

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.1.14 Severidad de enfermedades

En la Tabla 4-26, se aprecian la significancia de la severidad de roya en el cultivo de cebada, de acuerdo con la prueba de Friedman; donde, se aprecia que no existió diferencias entre los niveles de ninguna de las fuentes de variación.

Tabla 4-26: P- valor de la prueba de Friedman para las evaluaciones de roya en el cultivo de cebada.

Fuente de variación	17 Jun 2023	1 Jul 2023	15 Jul 2023	15 Jul 2023 Roya Lineal
Material de cebada	0,173 ns	0,096 ns	0,700 ns	0,861 ns
Densidad de siembra	0,534 ns	0,089 ns	0,195 ns	0,458 ns
Material de cebada x densidad de siembra	0,279 ns	0,251 ns	0,660 ns	0,215 ns

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Tabla 4-27, se puede observar que el valor de las medianas es superior en la severidad de roya en la evaluación del 17 de junio de 2023 en todos los tratamientos. Para la fecha indicada la interacción ABI Voyager x 100 kg/ha fue la que presentó la mayor severidad con un valor de 16,17% y los tratamientos 2IK16-0710 x 100 kg/ha y 2IK16-0812 x 125 kg/ha presentaron la menor severidad de roya con 9,17%.

Tabla 4-27: Mediana de la prueba de Friedman para la primera evaluación de roya en el cultivo de cebada.

Tratamiento	Código	Mediana de la primera evaluación de severidad en Roya (%)
ABI Voyager x 100 kg/ha	A1B1	16,17
ABI Voyager x 150 kg/ha	A1B3	14,08
2IK16-0710 x 150 kg/ha	A3B3	12,83
2IK16-0812 x 100 kg/ha	A4B1	12,75
2IK16-0671 x 100 kg/ha	A2B1	12,33
2IK16-0671 x 150 kg/ha	A2B3	11,75
2IK16-0671 x 125 kg/ha	A2B2	11,33
2IK16-0812 x 125 kg/ha	A4B2	10,75
ABI Voyager x 125 kg/ha	A1B2	10,50
2IK16-0710 x 125 kg/ha	A3B2	10,17
2IK16-0710 x 100 kg/ha	A3B1	9,17
2IK16-0812 x 150 kg/ha	A4B3	9,17

Realizado por: Ojeda W., 2024

Para la segunda evaluación con fecha 01 de julio de 2023 como se observa en la Tabla 4-28, el tratamiento 2IK16-0671 x 150 kg/ha presentó la mayor severidad de roya, contrariamente el grupo

compuesto por las interacciones ABI Voyager x 100 kg/ha, ABI Voyager x 125 kg/ha, ABI Voyager x 150 kg/ha, 2IK16-0671 x 100 kg/ha, 2IK16-0710 x 100 kg/ha, 2IK16-0710 x 125 kg/ha, 2IK16-0812 x 125 kg/ha y 2IK16-0812 x 150 kg/ha, que tuvieron el menor grado de severidad, con igual valor en este caso.

Tabla 4-28: Mediana de la prueba de Friedman para la segunda evaluación de roya en el cultivo de cebada.

Tratamiento	Código	Mediana de la segunda evaluación de severidad en Roya (%)
2IK16-0671 x 150 kg/ha	A2B3	6,58
2IK16-0671 x 125 kg/ha	A2B2	6,08
2IK16-0710 x 150 kg/ha	A3B3	6,00
2IK16-0812 x 100 kg/ha	A4B1	5,67
ABI Voyager x 150 kg/ha	A1B3	5,17
2IK16-0812 x 125 kg/ha	A4B2	5,17
2IK16-0671 x 100 kg/ha	A2B1	5,08
2IK16-0710 x 100 kg/ha	A3B1	5,08
2IK16-0710 x 125 kg/ha	A3B2	5,08
2IK16-0812 x 150 kg/ha	A4B3	5,08
ABI Voyager x 100 kg/ha	A1B1	5,00
ABI Voyager x 125 kg/ha	A1B2	5,00

Realizado por: Ojeda W., 2024

Posteriormente para la última evaluación realizada el 15 de julio de 2023 como se observa en la Tabla 4-29, la mayor severidad fue evidente en el tratamiento 2IK16-0671 x 125 kg/ha con una mediana de 11,96%, contrario a 2IK16-0710 x 150 kg/ha con la menor severidad de roya con un valor de 6,38%.

Tabla 4-29: Mediana de la prueba de Friedman para la tercera evaluación de roya en el cultivo de cebada.

Tratamiento	Código	Mediana de la tercera evaluación de severidad de Roya (%)
2IK16-0671 x 125 kg/ha	A2B2	11,96
2IK16-0812 x 125 kg/ha	A4B2	8,71
ABI Voyager x 100 kg/ha	A1B1	8,54
2IK16-0710 x 100 kg/ha	A3B1	8,54
ABI Voyager x 150 kg/ha	A1B3	8,04
ABI Voyager x 125 kg/ha	A1B2	7,79
2IK16-0710 x 125 kg/ha	A3B2	7,63
2IK16-0671 x 150 kg/ha	A2B3	7,54
2IK16-0671 x 100 kg/ha	A2B1	6,96
2IK16-0812 x 100 kg/ha	A4B1	6,79
2IK16-0812 x 150 kg/ha	A4B3	6,63
2IK16-0710 x 150 kg/ha	A3B3	6,38

Realizado por: Ojeda W., 2024

La Tabla 4-30, permite observar que, de acuerdo, a la prueba de Friedman, únicamente en la evaluación del 17 de junio de 2023, los materiales de cebada presentaron alta significancia estadística para la severidad de mancha en red, por tanto, los niveles de esta variable son diferentes. Lo contrario ocurre con el resto de las evaluaciones, en todas las variables, debido a que no se presentó diferencia alguna.

Tabla 4-30: P- valor de la prueba de Friedman para las evaluaciones de mancha en red.

Fuente de variación	17 Jun 2023	1 Jul 2023	15 Jul 2023
Material de cebada	0,007 **	0,495 ns	0,143 ns
Densidad de siembra	0,083 ns	0,859 ns	0,758 ns
Material de cebada x densidad de siembra	0,020 ns	0,572 ns	0,247 ns

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-4, se puede observar que, en la evaluación del 17 de junio de 2023, la línea de cebada 2IK16-0812 con 2,25%, presentó la menor severidad a la mancha en red, seguido por ABI Voyager con un valor de 2,95% y finalmente la mayor severidad fue evidente en las líneas 2IK16-0671 presenta 3,43% y 2IK16-0710 con 3,80%.

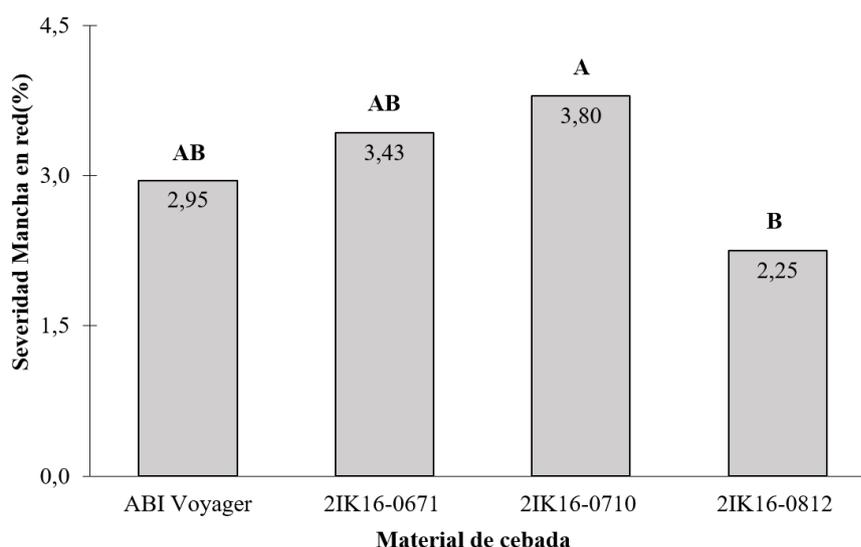


Ilustración 4-4: Comportamiento del material de cebada durante la evaluación del 17-jun-2023, ante la severidad de la mancha en red.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la evaluación del 01 de julio de 2023 según lo evidencia la Tabla 4-31, el tratamiento ABI Voyager x 100kg/ha presentó mayor severidad, al contrario de 2IK16-0710 x 150 kg/ha, que manifestó la menor severidad. Finalmente, en la evaluación del 15 de julio, los tratamientos 2IK16-0671 x 150 kg/ha y 2IK16-0710 x 100 kg/ha, presentaron la mayor severidad, contrariamente de 2IK16-0812 x 150 kg/ha, con la menor severidad de mancha en red, registrado en este estudio.

Tabla 4-31: Mediana de la prueba de Friedman para la segunda evaluación de mancha en red en el cultivo de cebada.

Tratamiento	Código	Mediana de la segunda evaluación de severidad para mancha en red (%)
ABI Voyager x 100 kg/ha	A4B3	2,30
2IK16-0671 x 150 kg/ha	A3B1	2,14
2IK16-0812 x 150 kg/ha	A2B1	2,03
2IK16-0671 x 100 kg/ha	A4B2	2,00
2IK16-0710 x 125 kg/ha	A1B3	1,92
2IK16-0812 x 125 kg/ha	A1B1	1,91
2IK16-0812 x 100 kg/ha	A4B1	1,84
2IK16-0710 x 100 kg/ha	A2B3	1,71
ABI Voyager x 150 kg/ha	A1B2	1,69
ABI Voyager x 125 kg/ha	A3B2	1,62
2IK16-0671 x 125 kg/ha	A2B2	1,51
2IK16-0710 x 150 kg/ha	A3B3	1,41

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la evaluación del 15 de julio de 2023, el tratamiento 2IK16-0710 x 150 kg/ha, presentó la mayor severidad alcanzando un 9,66%; contrariamente, 2IK16-0812 x 100 kg/ha registra un valor de 5,40%, ABI Voyager x 150 kg/ha con una mediana de 5,75%, ABI Voyager x 100 kg/ha con valor de 5,77% que exhiben el nivel más bajo, como se muestra en la Tabla 4-32.

Tabla 4-32: Mediana de la prueba de Friedman para la tercera evaluación de mancha en red en el cultivo de cebada.

Tratamiento	Código	Mediana de la tercera evaluación de severidad para mancha en red (%)
2IK16-0710 x 150 kg/ha	A3B3	9,66
2IK16-0812 x 125 kg/ha	A1B1	9,52
2IK16-0710 x 100 kg/ha	A2B3	8,35
ABI Voyager x 125 kg/ha	A3B2	7,46
2IK16-0812 x 150 kg/ha	A2B1	6,70
2IK16-0710 x 125 kg/ha	A1B3	6,50
2IK16-0671 x 100 kg/ha	A4B2	6,30
2IK16-0671 x 150 kg/ha	A3B1	6,19
2IK16-0671 x 125 kg/ha	A2B2	5,90
ABI Voyager x 100 kg/ha	A4B3	5,77
ABI Voyager x 150 kg/ha	A1B2	5,75
2IK16-0812 x 100 kg/ha	A4B1	5,40

Realizado por: Ojeda W., 2024

Por otro lado, a pesar de no encontrarse diferencias para la mancha en red, según la prueba de Friedman para las interacciones entre los materiales de cebada y las densidades de siembra en ninguna de las evaluaciones, se aprecia el comportamiento de las medianas de cada uno de los tratamientos, por tanto, es destacable, que la severidad de la enfermedad de mancha en red fue mayor durante las evaluaciones realizadas el 15 de julio de 2023, seguidas de las realizadas el 17 de junio de 2023. En la evaluación del 01 de julio de 2023, fue evidente la menor severidad de la enfermedad.

4.2 Rendimiento

4.2.1 Rendimiento (kg/ha) Materia seca

En la Tabla 4-33, se puede apreciar el análisis de varianza para la materia seca expresada en kg/ha, donde se observa que no existieron diferencias significativas ($p \leq 0,05$ o $p \leq 0,01$) para los materiales de cebada y la interacción, contrariamente la densidad de siembra, si tuvo diferencias ($p \leq 0,05$) en sus niveles. El coeficiente de variación fue de 18,88 %.

Tabla 4-33: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el contenido de materia seca expresado en kg/ha.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	0,43	0,653	ns
Material de Cebada (MC)	3	1,74	0,188	ns
Densidad de siembra (DS)	2	5,32	0,013	*
MC x DS	6	0,73	0,631	ns
Error	22			
Total	35			
CV (%):		18,88		

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 * (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

La prueba de comparación de medias, según Tukey al 5% para la materia seca, expresado en la Ilustración 4-5, muestra que la densidad de siembra de 150 kg/ha tuvo el mayor valor de 3197 kg/ha. Un segundo grupo fue formado por las densidades de siembra de 100 y 125 kg/ha, con igualdad estadística, con 2488 y 2798 kg/ha.

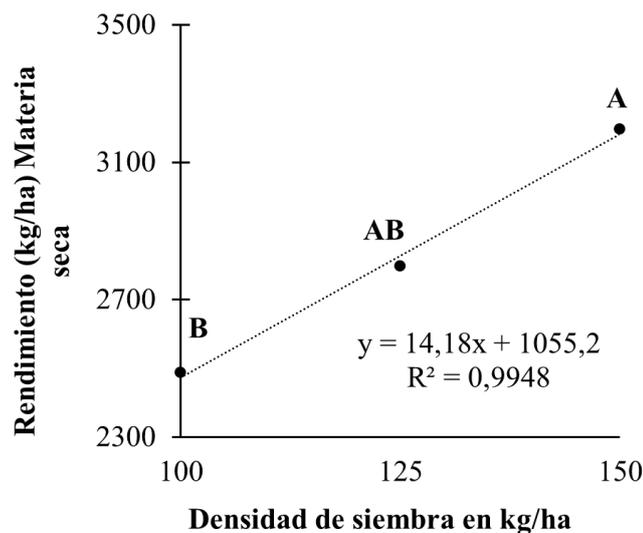


Ilustración 4-5: Prueba de comparación de medias, según Tukey para el para el rendimiento ajustado al 12% de humedad, expresado en kg/ha.

Realizado por: Ojeda W., 2024.

El análisis ortogonal del rendimiento (kg/ha) de la cebada en materia seca muestra una diferencia altamente significativa ($p \leq 0,01$), para el primer contraste que es la comparación de la dosis de 100 kg/ha con la densidad de 150 kg/ha lo que indica que lleva una tendencia lineal con un p-valor de 0,0036 en los datos como establece la Tabla 4-34.

Tabla 4-34: Análisis ortogonal para el rendimiento (kg/ha) de la cebada en materia seca

Densidad de siembra	GL	F	p-valor	SIG
Función lineal	1	10,59	0,0036	**
Función cuadrática	1	0,060	0,8134	ns
Total	2	5,320	0,0130	ns

Elaborado por: Ojeda W., 2024

4.2.2 Rendimiento comercial (kg/ha) al 12% de humedad

El análisis de varianza para el rendimiento de la cebada se puede apreciar en la Tabla 4-35, donde los materiales de cebada y la interacción no tuvieron diferencias ($p \leq 0,05$ o $p \leq 0,01$), al contrario de la densidad de siembra, donde si se encontró diferencias significativas ($p \leq 0,05$), por tanto los niveles de esta variable son diferentes. El coeficiente de variación fue de 20,95 %.

Tabla 4-35: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el rendimiento de la cebada expresado en kg/ha.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	0,430	0,653	ns
Material de Cebada (MC)	3	1,740	0,188	ns
Densidad de siembra (DS)	2	5,320	0,013	*
MC x DS	6	0,730	0,631	ns
Error	22			
Total	35			
CV (%):		20,95		

p-valor $< 0,0011$ a $< 0,01$ ** (Altamente significativo); $> 0,1$ a $< 0,05$ * (Significativo); $> 0,05$ a $< 0,10$ † (Significativo); $> 0,10$ ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

La prueba de Tukey al 95 % de confianza, observada en la Ilustración 4-6, demuestra que con una densidad de siembra de 150 kg/ha, se obtuvo el mayor rendimiento alcanzando el valor de 3633 kg/ha, al contrario, el segundo grupo, sin diferencia estadística, conformado por 100 y 125 kg/ha, cuyos rendimientos fueron 2827 y 3179 kg/ha. Los niveles de densidad de siembra siguen una tendencia lineal.

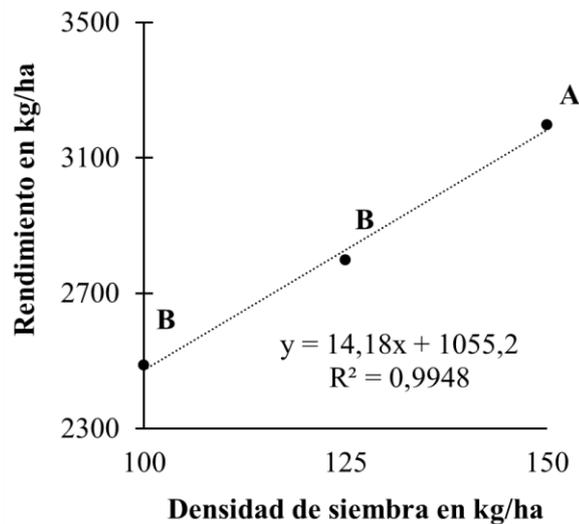


Ilustración 4-6: Prueba de comparación de medias, según Tukey para el para el rendimiento ajustado al 12% de humedad, expresado en kg/ha.

Realizado por: Ojeda W., 2024.

El análisis ortogonal del rendimiento al 12% de humedad exhibe una diferencia altamente significativa ($p \leq 0,01$), para el primer contraste que es la comparación de la dosis de 100 kg/ha con la densidad de 150 kg/ha lo que indica que lleva una tendencia lineal con un p-valor de 0,0036 en los datos como establece la Tabla 4-36.

Tabla 4-36: Análisis ortogonal para el rendimiento (kg/ha) de la cebada comercial (kg/ha) al 12% de Humedad

Densidad de siembra	GL	F	p-valor	SIG
Función lineal	1	10,59	0,0036	**
Función cuadrática	1	0,060	0,8134	ns
Total	2	5,320	0,0130	ns

Elaborado por: Ojeda W., 2024

4.2.3 *Peso ajustado*

El análisis de varianza para el peso ajustado, apreciable en la Tabla 4-37, demuestra que los materiales de cebada y las interacciones entre material de cebada por la densidad de siembra no tuvieron diferencias significativas ($p \leq 0,05$ o $p \leq 0,01$), al contrario de la densidad de siembra, que si presentó diferencias al $p \leq 0,05$ de significancia estadística. El coeficiente de variación fue de 20,96 %.

Tabla 4-37: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el peso ajustado de la semilla expresado en gramos.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	0,430	0,653	ns
Material de Cebada (MC)	3	1,740	0,188	ns
Densidad de siembra (DS)	2	5,320	0,013	*
MC x DS	6	0,730	0,631	ns
Error	22			
Total	35			
CV (%):		20,96		

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

La prueba de comparación de medias, según Tukey al 5% para el peso ajustado como se muestra en la Ilustración 4-7, demuestra que la densidad de siembra de 150 kg/ha tuvo el mayor peso del grano con valor de 1148 g. Un segundo grupo fue formado por las densidades de siembra de 100 y 125 kg/ha, con igualdad estadística, con 1130 g y 1270 g.

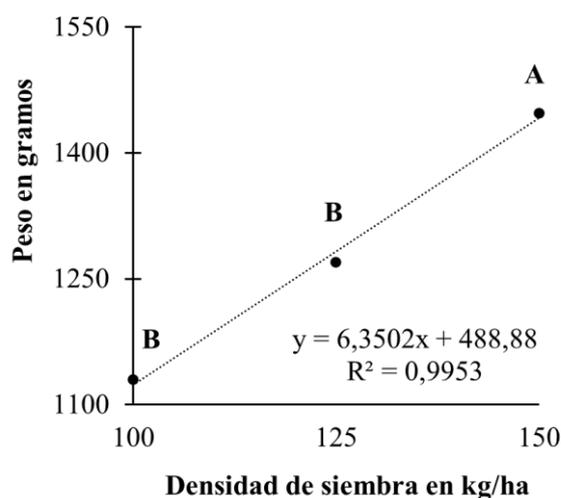


Ilustración 4-7: Prueba de comparación de medias, según Tukey para el peso ajustado del material de cebada, expresada en gramos, de acuerdo con la densidad de siembra.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Tabla 4-38, se proporciona información estadística del análisis ortogonal sobre el peso ajustado, donde existe una diferencia altamente significativa ($p \leq 0,01$) con un p-valor de 0,0036, para el primer contraste que representa la comparación de la dosis de 100 kg/ha con la densidad de 150 kg/ha lo que indica que lleva una tendencia lineal en los datos.

Tabla 4-38: Análisis ortogonal, de acuerdo con el diseño DBCA, para el peso ajustado al 12% de humedad.

Densidad de siembra	GL	F	p-valor	SIG
Función lineal	1	10,59	0,0036	**
Función cuadrática	1	0,060	0,8134	ns
Total	2	5,320	0,0130	ns

Elaborado por: Ojeda W., 2024

4.2.4 Calibre

La prueba de Friedman para el calibre se observa en la Tabla 4-39; donde, únicamente se refleja diferencias significativas para los materiales de cebada

Tabla 4-39: P- valor de la prueba de Friedman para el calibre de los granos de cebada.

Fuente	GL	Chi cuadrada	Valor p	SIG
Material de Cebada (MC)	3	4,100	0,019	*
Densidad de siembra (DS)	2	0,510	0,606	ns
MC x DS	11	1,380	0,265	ns

Realizado por: Ojeda W., 2024

Se puede evidenciar en la Ilustración 4-8 que la variedad ABI Voyager contiene el mayor calibre del grano de cebada con una mediana de 97,88%, en contraste con las líneas 2IK16-0671 que presenta 96,87%, 2IK16-0812 con un valor de 96,51%) y 2IK16-0710 con 96,14% , que forman un grupo estadísticamente iguales y con menor calibre.

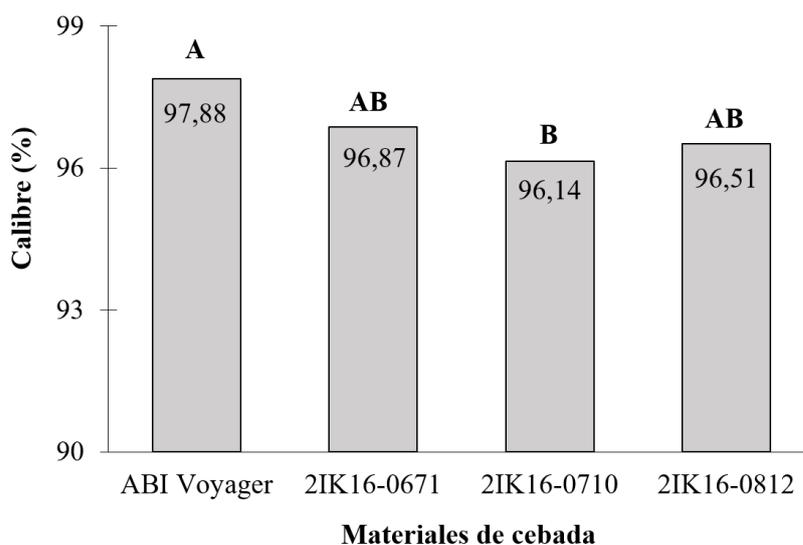


Ilustración 4-8: Comportamiento del calibre de la cebada.

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.2.5 *Peso de mil granos*

El análisis de varianza para el peso de mil granos de semillas, descritas en la Tabla 4-40, muestra que existió una alta significancia estadística ($p \leq 0,01$) en los materiales de cebada, contrario a las densidades de siembra y la interacción donde no se evidencia diferencia alguna ($p \leq 0,05$ o $p \leq 0,01$).

Tabla 4-40: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el peso de mil granos, expresado en gramos.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	1,140	0,339	ns
Material de Cebada (MC)	3	5,730	0,005	**
Densidad de siembra (DS)	2	0,800	0,462	ns
MC x DS	6	1,480	0,232	ns
Error	22			
Total	35			
CV (%):		20,96		

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

La Ilustración 4-9, muestra las diferencias de medias, según Tukey al 5% para el peso de mil granos, donde, evidentemente la línea 2IK16-0671, muestra el mayor peso 50,05 g, al contrario del segundo grupo, conformado por las líneas 2IK16-0710, 2IK16-0812 y la variedad ABI Voyager con valores de 48,30 g, 47,39 g y 47,13 g.

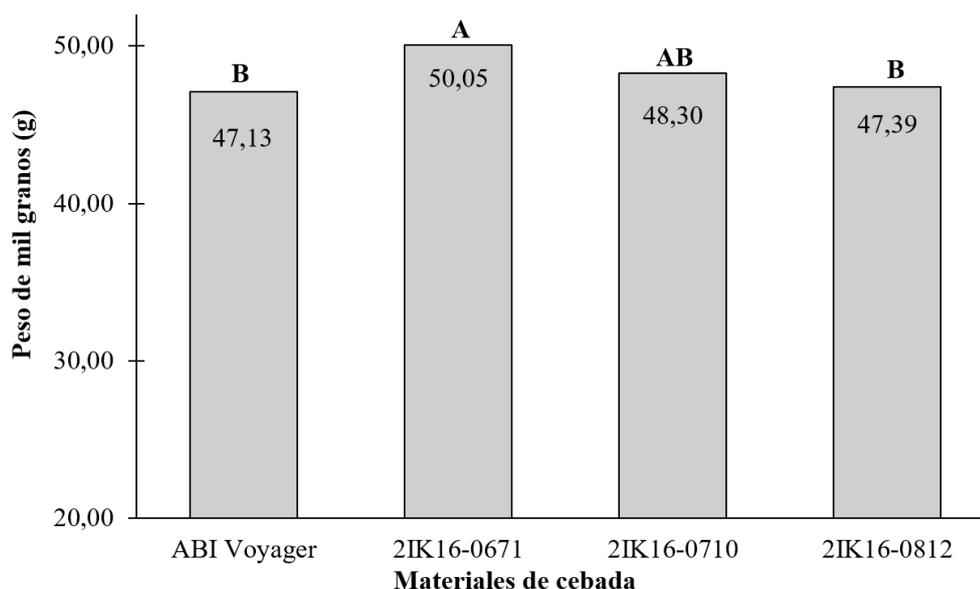


Ilustración 4-9: Prueba de comparación de medias, según Tukey para el peso de mil granos, expresado en gramos, de acuerdo con los materiales de cebada.

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.2.6 *Peso hectolítrico*

El análisis de varianza para el peso hectolítrico, observado en la Tabla 4-41, muestra que los materiales de cebada tuvieron una alta significancia estadística ($p \leq 0,01$), en contraste con la densidad de siembra y la interacción que no demostraron tener diferencias entre ellas ($p \leq 0,05$ o $p \leq 0,01$). El coeficiente de variación es de 2,76%.

Tabla 4-41: Análisis de varianza, de acuerdo con el diseño DBCA, para el peso hectolítrico (kg/hl) de las semillas, expresado en gramos.

Fuente	GL	Valor F	Valor p	SIG
Bloques	2	0,120	0,888	ns
Material de Cebada (MC)	3	24,07	<0,001	**
Densidad de siembra (DS)	2	1,420	0,263	ns
MC x DS	6	0,450	0,834	ns
Error	22			
Total	35			
CV (%):		2,76		

p-valor <0,0011 a <0,01 ** (Altamente significativo); >0,1 a <0,05 * (Significativo); >0,05 a <0,10 † (Significativo); >0,10 ns (No significativo)

Realizado por: Ojeda W., 2024

La prueba de comparación de medias según Tukey al 5 %, demostró que, la línea 2IK16-0710, tuvo el mayor peso hectolítrico con un valor de 66,82 kg/hl, en comparación con el segundo grupo, conformado por 2IK16-0710 que obtuvo un valor de 64,88 kg/hl y un tercer grupo que fue dado

por la variedad ABI Voyager y la línea 2IK16-0671, con valores de 62,70 y 64,06 kg/hl, como se muestra en la Ilustración 4-10.

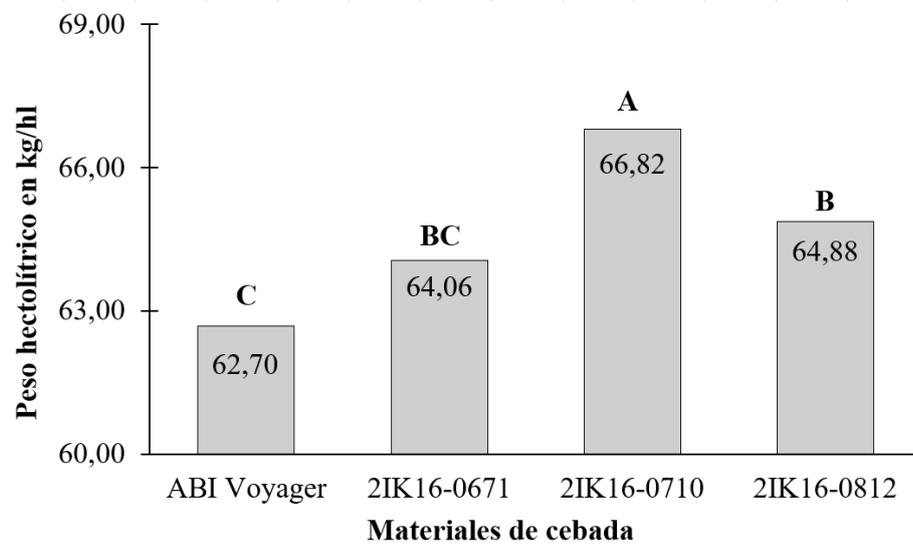


Ilustración 4-10: Prueba de comparación de medias, según Tukey para el peso hectolítico de las semillas, expresado en kg/hl, de acuerdo con los materiales de cebada.

Realizado por: Ojeda W., 2024.

4.2.7 *Relación del rendimiento con los materiales de cebada*

4.2.7.1 *Variedad ABI Voyager*

La regresión y correlación de la variedad ABI Voyager es apreciable en la Tabla 4-42 donde, se observan correlaciones positivas en la altura de la planta, peso hectolítico, número de macollos, número de espigas, cuyos coeficientes de correlación fueron de 0,702, 0,73, 0,881 y 0,823, de acuerdo con $p \leq 0,05$ de significancia estadística. En las variables mencionadas, el coeficiente de determinación R^2 fue de 48,34, para la altura de la planta, 53,70 para el peso hectolítico, 73,31 para el número de macollos y 86,74 para el número de espigas.

Tabla 4-42: Regresión y correlación de las variables en estudio, relacionados con el rendimiento del grano de la variedad de cebada ABI Voyager.

Variables agronómicas y de rendimiento	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente de determinación R ² (%)	Valor F de regresión	P-valor de regresión
El número de plantas vivas	0,293	8,570	0,660 ns	0,445
Días al macollamiento	-0,415	17,24	1,460 ns	0,267
Días al encañado	0,456	20,76	1,830 ns	0,218
Días al embuchamiento	0,090	0,820	0,060 ns	0,817
Días al espigamiento	-0,237	5,600	0,420 ns	0,540
Días a la floración	-0,429	18,39	1,580 ns	0,249
Días al llenado del grano	-0,303	9,170	0,710 ns	0,428
Días a la madurez fisiológica	-0,109	1,180	0,080 ns	0,781
Altura de la planta	0,702	48,34	6,820 *	0,035
Longitud de la espiga	-0,528	27,90	2,710 ns	0,144
Número de granos por espiga	0,301	9,040	0,700 ns	0,432
Número de macollos	0,881	73,31	8,130 **	0,002
Número de espigas efectivas	0,823	86,74	9,613 **	0,001
Peso de mil granos	0,412	17,00	1,430 ns	0,270
Peso hectolítrico	0,733	53,70	8,120 *	0,025

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-11, se muestra la dispersión de las alturas de las plantas en relación con el rendimiento, donde, es posible notar el comportamiento de los puntos, lo cual es posible determinar el rendimiento con base en la ecuación de regresión $y=106,81x-3578,7$.

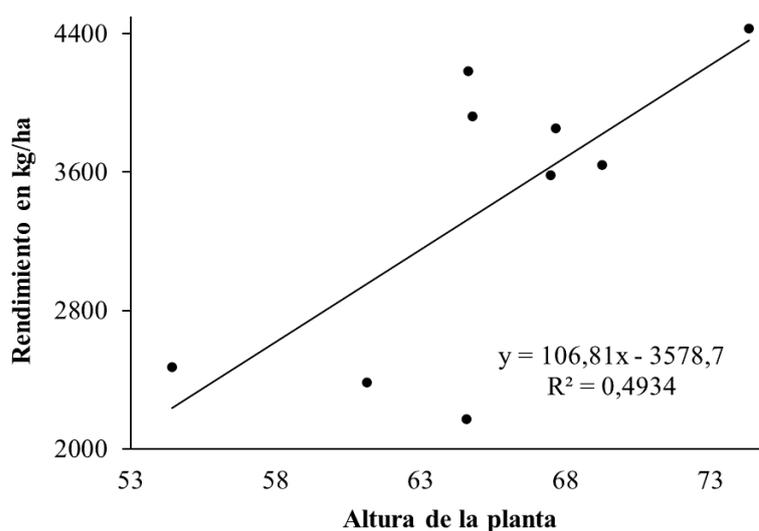


Ilustración 4-11: Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y la altura de la planta en cm, para la variedad de cebada ABI Voyager.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-12, se muestra la dispersión del peso hectolítrico en relación con el rendimiento, donde, es posible notar el comportamiento de los puntos de dispersión, lo cual es posible determinar el rendimiento con base en la ecuación de regresión $y=473,34x-26272$.

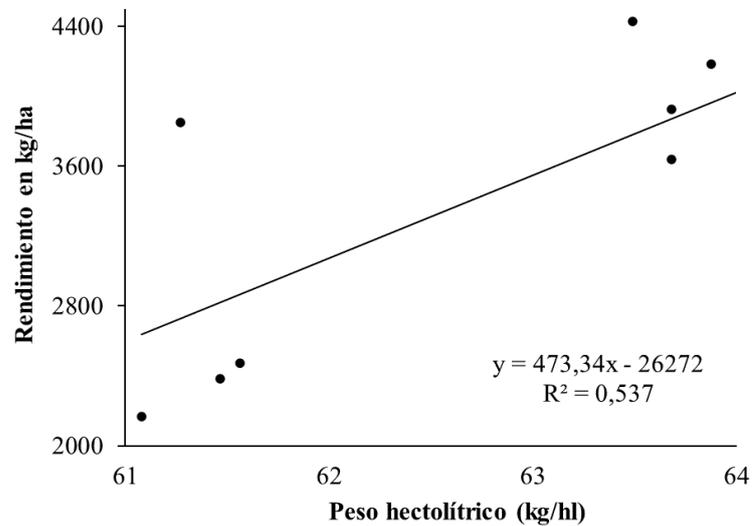


Ilustración 4-12 Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el peso hectolítrico en kg/hl, para la variedad de cebada ABI Voyager.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-13, se muestra la dispersión del número de macollos por m² en relación con el rendimiento, donde, es posible notar el comportamiento de los puntos de dispersión, lo cual es posible determinar el rendimiento con base en la ecuación de regresión $y=5,7732x-46,218$.

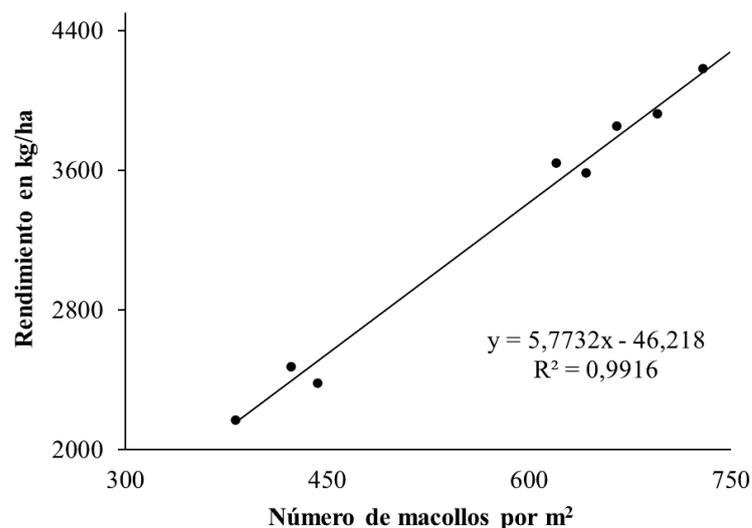


Ilustración 4-13 Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el número de macollos por m², para la variedad de cebada ABI Voyager.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-14, se muestra la dispersión del número de espigas efectivas por m² en relación con el rendimiento, donde, es posible notar el comportamiento de los puntos de dispersión, lo cual es posible determinar el rendimiento con base en la ecuación de regresión $y=5,86x-57,76$.

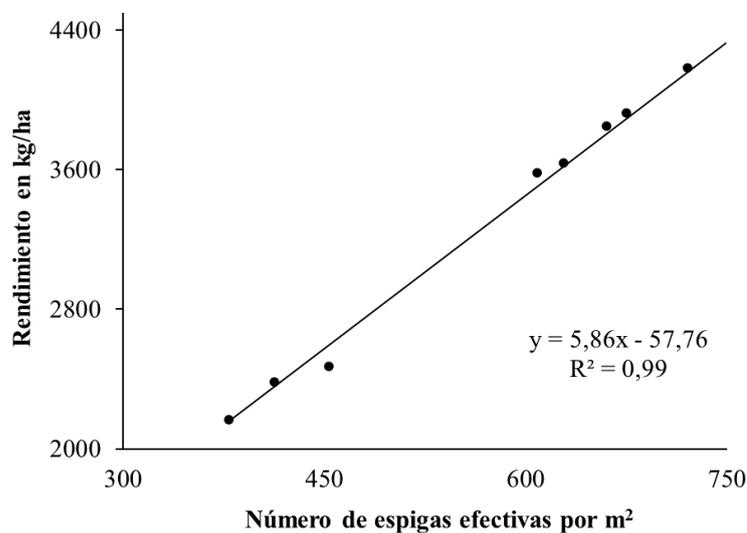


Ilustración 4-14 Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el número de espigas efectivas por m², para la variedad de cebada ABI Voyager.

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.2.7.2 Línea 2IK16-0671

En la Tabla 4-43, se aprecia la regresión y correlación de la línea 2IK16-0671, donde, se observa que la altura de la planta, número de macollos, número de espigas tienen una correlación positiva, cuyos coeficientes de correlación fueron de 0,889, 0,878 y 0,864 según lo mencionado; en contraste, los días al espigamiento y los días al llenado del grano tuvieron una correlación negativa, con un coeficiente de correlación de -0,763 y -0,718. El coeficiente de determinación R^2 fue de 58,23, para la altura de la planta, 51,52 para los días al llenado del grano y 78,98 para la altura de la planta.

Tabla 4-43: Regresión y correlación de las variables en estudio, relacionados con el rendimiento del grano de la línea de cebada 2IK16-0671

Variables agronómicas y de rendimiento	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente de determinación R ² (%)	Valor F de regresión	P-valor de regresión
El número de plantas vivas	0,090	0,800	0,060 ns	0,819
Días al macollamiento	-0,167	2,780	0,200 ns	0,668
Días al encañado	-0,339	11,47	0,910 ns	0,373
Días al embuchamiento	-0,522	27,29	2,630 ns	0,149
Días al espigamiento	-0,763	58,23	9,760 *	0,017
Días a la floración	-0,090	0,810	0,060 ns	0,817
Días al llenado del grano	-0,718	51,52	7,440 *	0,029
Días a la madurez fisiológica	0,112	1,260	0,090 ns	0,773
Altura de la planta	0,889	78,98	26,31 **	0,001
Longitud de la espiga	0,102	1,050	0,070 ns	0,793
Número de granos por espiga	0,455	20,68	1,820 ns	0,219
Número de macollos	0,878	77,46	26,03 **	0,001
Número de espigas efectivas	0,864	76,09	26,02 **	0,001
Peso de mil granos	0,388	15,09	1,240 ns	0,301
Peso hectolítrico	-0,004	0,000	0,000 ns	0,992

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-15, se observa la dispersión de los días del espigamiento relacionado con el rendimiento, donde, pudiendo determinar el rendimiento con base en la ecuación de regresión $y = -465,29x + 33360,15$.

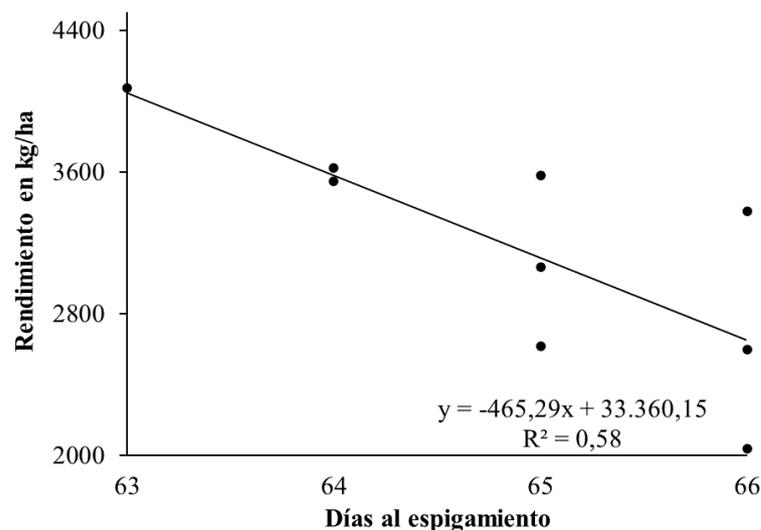


Ilustración 4-15: Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y los días al espigamiento, para la línea de cebada 2IK16-0671.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-16, se observa la dispersión de los días al llenado del grano en relación con el rendimiento, donde, se puede determinar el rendimiento con base en la ecuación $y = -323,98x + 36069,88$.

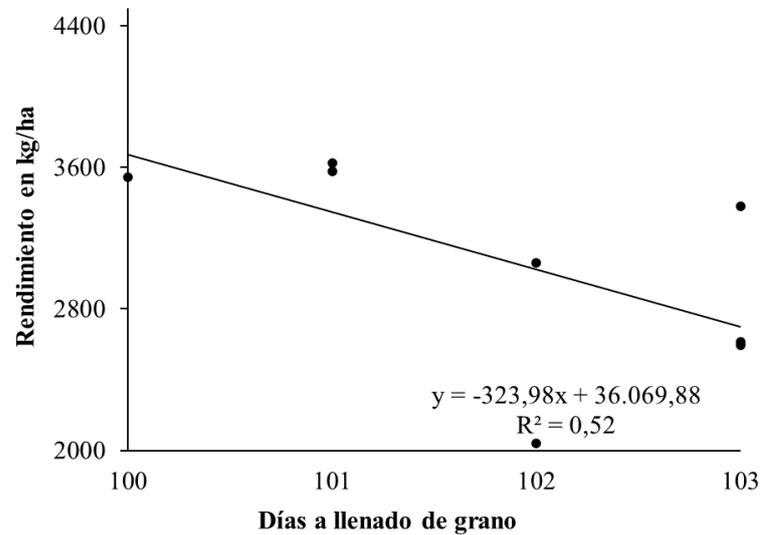


Ilustración 4-16: Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y los días al llenado de grano, para la línea de cebada 2IK16-0671.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-17, se observa la dispersión de la altura de la planta en relación con el rendimiento, donde, se puede determinar el rendimiento con base en la ecuación de regresión $y = 115,04x - 4559,7$.

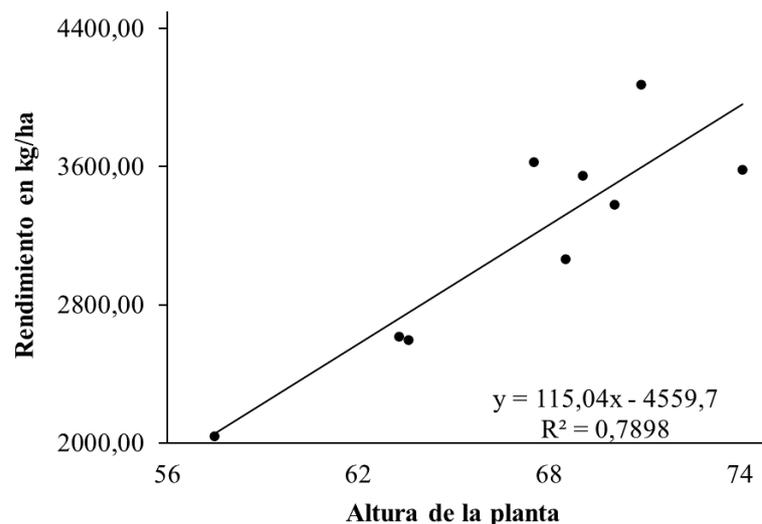


Ilustración 4-17: Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y la altura de la planta en cm, para la línea de cebada 2IK16-0671.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-18, se observa la dispersión se puede denotar el número de macollos por m² en relación con el rendimiento, donde, se puede determinar el rendimiento con base en la ecuación de regresión $y=6,1694x-260,35$.

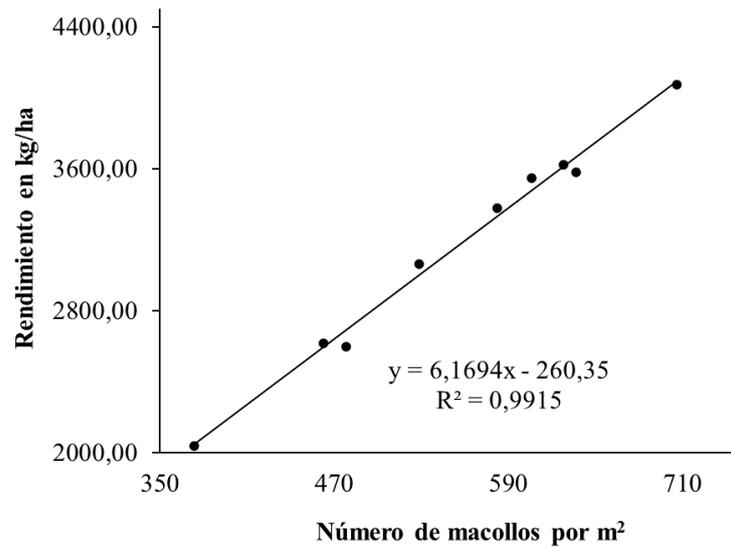


Ilustración 4-18: Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y la altura de la planta en cm, para la línea de cebada 2IK16-0671.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-19, se observa la dispersión se puede denotar el número de espigas efectivas por m² en relación con el rendimiento, donde, se puede determinar el rendimiento con base en la ecuación de regresión $y=6,01x-324,28$.

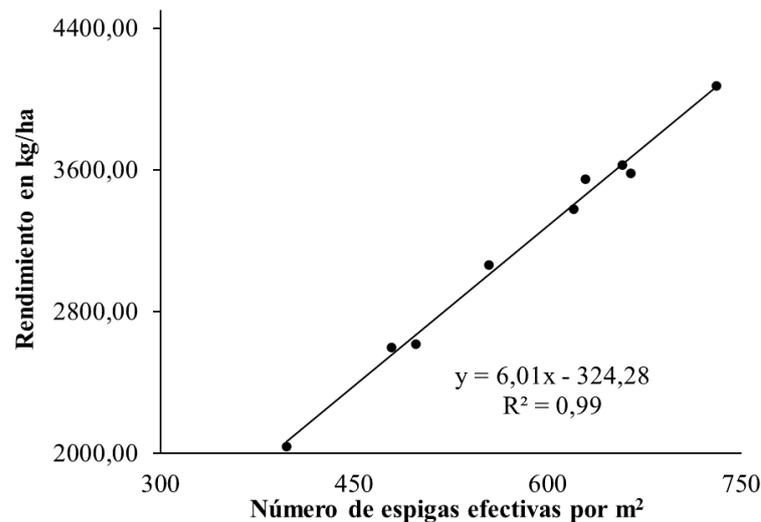


Ilustración 4-19: Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el número de espigas efectivas por m², para la línea de cebada 2IK16-0671.

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.2.7.3 Línea 2IK16-0710

En la Tabla 4-44, se aprecia la regresión y correlación de la línea 2IK16-0710, donde, se observa significancia estadística para el número de macollos y para el número de espigas, se aprecia que los coeficientes de correlación de las variables son 0,873 y 0,889, los coeficientes de determinación R^2 fueron de 84,34 y 87,18.

Tabla 4-44: Regresión y correlación de las variables en estudio, relacionados con el rendimiento del grano de la línea de cebada 2IK16-0710

Variables agronómicas y de rendimiento	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente de determinación R^2 (%)	Valor F de regresión	P-valor de regresión
El número de plantas vivas	0,185	3,440	0,250 ns	0,633
Días al macollamiento	-0,232	5,370	0,400 ns	0,548
Días al encañado	0,553	30,59	3,090 ns	0,122
Días al embuchamiento	0,401	16,10	1,340 ns	0,284
Días al espigamiento	-0,509	25,93	2,450 ns	0,162
Días a la floración	-0,209	4,370	0,320 ns	0,589
Días al llenado del grano	-0,475	22,53	2,040 ns	0,197
Días a la madurez fisiológica	0,143	2,040	0,150 ns	0,714
Altura de la planta	0,266	7,060	0,530 ns	0,489
Longitud de la espiga	0,571	32,60	3,390 ns	0,108
Número de granos por espiga	-0,221	4,880	0,360 ns	0,568
Número de macollos	0,873	84,34	30,32 *	0,020
Número de espigas efectivas	0,889	87,18	30,54 **	0,001
Peso de mil granos	0,578	33,44	3,520 ns	0,103
Peso hectolítrico	0,364	13,27	1,070 ns	0,335

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-20, se observa la dispersión se puede denotar el número de macollos por m^2 en relación con el rendimiento, donde, se puede determinar el rendimiento con base en la ecuación de regresión $y=6,1208x-223,41$.

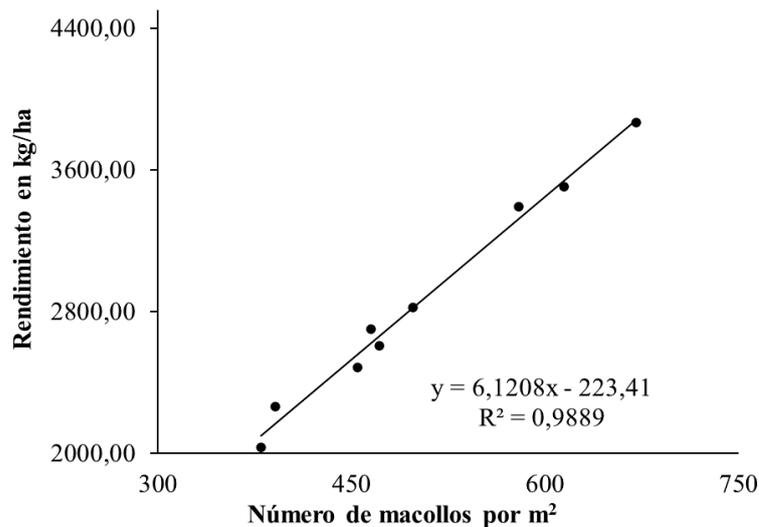


Ilustración 4-20: Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el número de macollos por m², para la línea de cebada 2IK16-0710.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-21, se observa la dispersión se puede denotar el número de espigas efectivas por m² en relación con el rendimiento, donde, se puede determinar el rendimiento con base en la ecuación de regresión $y=5,79x-152,15$.

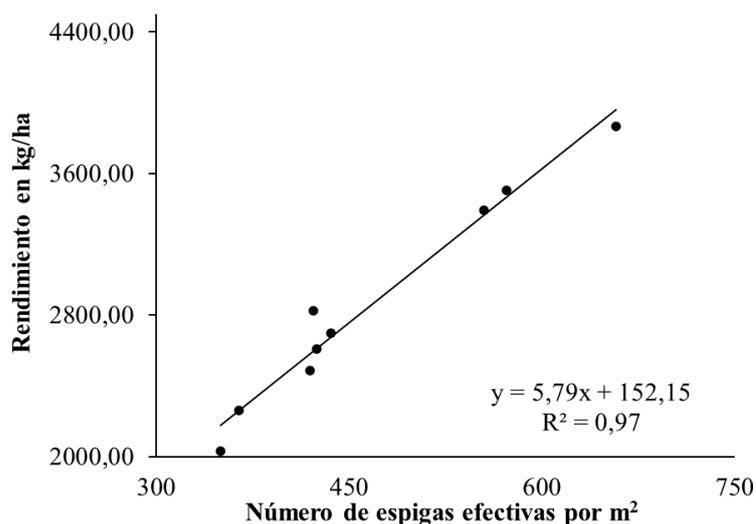


Ilustración 4-21: Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el número de espigas efectivas por m², para la línea de cebada 2IK16-0710.

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.2.7.4 Línea 2IK16-0812

En la Tabla 4-45, se aprecia la regresión y correlación de la línea 2IK16-812, donde, se observa correlaciones positivas en los días a la floración, la altura de la planta y longitud de la espiga, número de macollos y número de espigas cuyos coeficientes de correlación fueron 0,712, 0,898, 0,787, 0,844 y 0,879 . El coeficiente de determinación R^2 fue de 50,73, para los días a la floración, 80,62 para la altura de la planta, 61,86 para la longitud de la espiga, número de macollos 75,77 y número de espigas 78,91.

Tabla 4-45: Regresión y correlación de las variables en estudio, relacionados con el rendimiento del grano de la línea de cebada 2IK16-0812

Variables agronómicas y de rendimiento	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente de determinación R^2 (%)	Valor F de regresión	P-valor de regresión
El número de plantas vivas	0,411	16,91	1,420 ns	0,272
Días al macollamiento	-0,002	0,000	0,000 ns	0,995
Días al encañado	0,570	32,45	3,360 ns	0,109
Días al embuchamiento	-0,375	14,04	1,140 ns	0,321
Días al espigamiento	0,171	2,930	0,210 ns	0,660
Días a la floración	0,712	50,73	7,210 *	0,031
Días al llenado del grano	0,619	38,32	4,350 ns	0,075
Días a la madurez fisiológica	-0,092	0,840	0,060 ns	0,814
Altura de la planta	0,898	80,62	29,13 **	0,001
Longitud de la espiga	0,787	61,86	11,36 *	0,012
Número de granos por espiga	0,472	22,31	2,010 ns	0,199
Número de macollos	0,844	75,77	28,01 **	0,001
Número de espigas efectivas	0,879	78,91	28,59 **	0,001
Peso de mil granos	-0,457	20,93	1,850 ns	0,216
Peso hectolítrico	-0,085	0,720	0,050 ns	0,828

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-22, se observa la dispersión de los días a la floración en relación con el rendimiento, donde, se puede determinar el rendimiento con base en la ecuación de regresión al nivel del $y=295,96x-19296,16$.

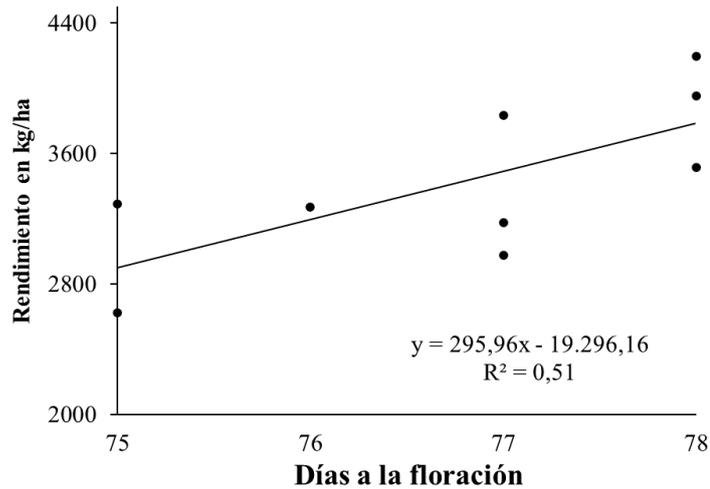


Ilustración 4-22: Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y los días a la floración, para la línea de cebada 2IK16-0812.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-23, se observa la dispersión de la altura de la planta en relación con el rendimiento, donde, se puede determinar el rendimiento con base en la ecuación de regresión $y=92,74x-2990,1$.

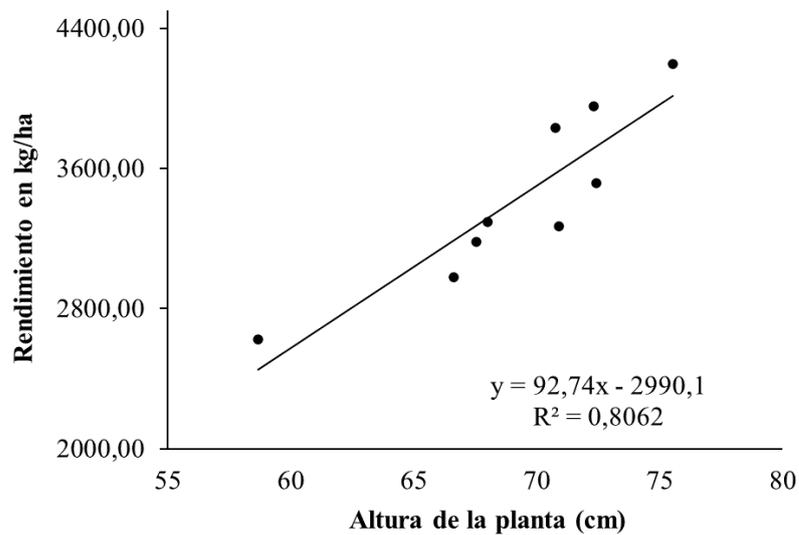


Ilustración 4-23: Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y altura de la planta, para la línea de cebada 2IK16-0812.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-24, se observa la dispersión de la longitud de la espiga en relación con el rendimiento, donde, se puede determinar el rendimiento con base en la ecuación de regresión $y=871,73x-3619,6$.

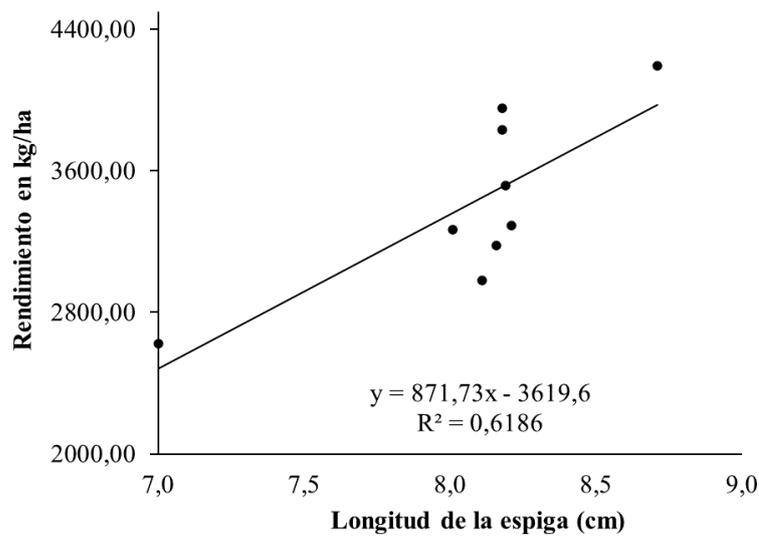


Ilustración 4-24: Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y longitud de la espiga, para la línea de cebada 2IK16-0812.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-25, se observa la dispersión se puede denotar el número de macollos por m² en relación con el rendimiento, donde, se puede determinar el rendimiento con base en la ecuación de regresión al nivel del $y=5,5626x+110,9$.

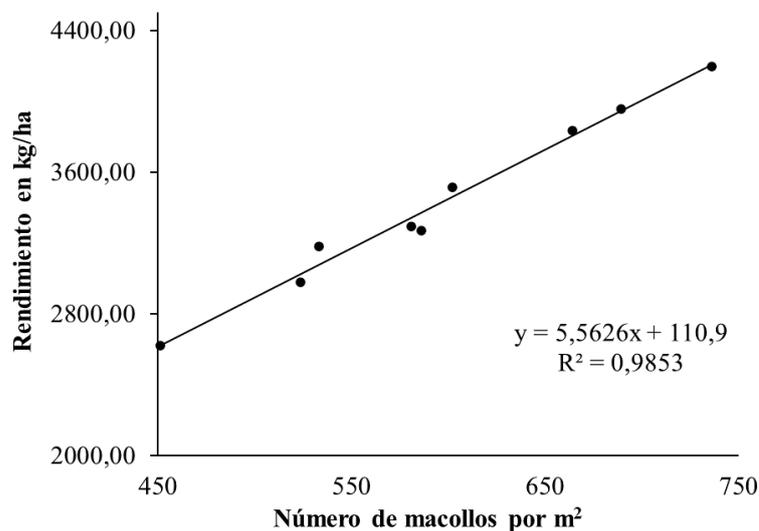


Ilustración 4-25: Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el número de macollos por m², para la línea de cebada 2IK16-0812.

Realizado por: Ojeda W., 2024

En la Ilustración 4-26, se observa la dispersión se puede denotar el número de espigas efectivas por m² en relación con el rendimiento, donde, se puede determinar el rendimiento con base en la ecuación de regresión $y=6,01x+45,25$.

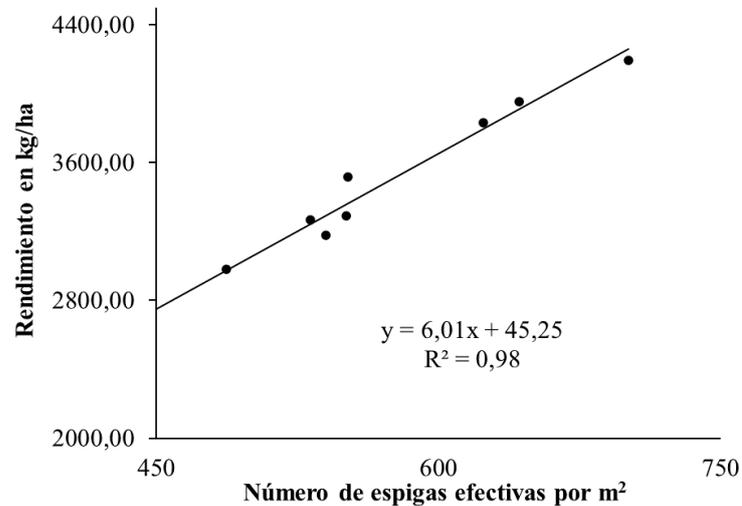


Ilustración 4-26: Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento en kg/ha y el número de espigas efectivas por m², para la línea de cebada 2IK16-0812.

Realizado por: Ojeda W., 2024

La Tabla 4-46 revela patrones significativos. Se puede observar una tendencia inversa entre la densidad de siembra y los días hasta la madurez fisiológica, indicando que mayores densidades tienden a acelerar el desarrollo de la cebada. Además, se evidencia variabilidad entre los materiales, manifestada en diferencias significativas en las medias y desviaciones estándar para cada etapa de desarrollo, en donde para cada etapa se aprecia.

Tabla 4-46: Comportamiento agronómico de cada uno de los tratamientos

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Días al macollamiento	Días al encañado	Días al embuchamiento	Días al espigamiento	Días a la floración	Días al llenado de grano	Días a la madurez fisiológica
ABI Voyager x 100 kg/ha	2711,28	28	45	54	65	80	102	120
ABI Voyager x 125 kg/ha	3805,35	27	46	54	64	79	101	118
ABI Voyager x 150 kg/ha	3695,10	26	46	54	62	77	95	119
2IK16-0671 x 100 kg/ha	3012,27	28	48	55	66	81	103	121
2IK16-0671 x 125 kg/ha	2744,07	30	46	54	65	80	102	119
2IK16-0671 x 150 kg/ha	3748,32	30	45	54	64	79	100	119
2IK16-0710 x 100 kg/ha	2523,62	27	48	54	65	80	101	119
2IK16-0710 x 125 kg/ha	2795,60	27	47	55	64	79	100	119
2IK16-0710 x 150 kg/ha	3241,21	27	47	54	63	78	96	119
2IK16-0812 x 100 kg/ha	3061,71	27	44	55	62	75	90	117
2IK16-0812 x 125 kg/ha	3370,89	27	46	53	62	77	96	119
2IK16-0812 x 150 kg/ha	3848,23	27	47	53	64	78	100	119
Media	3213,13	28	46	54	64	79	99	119
Desviación estándar	673,313	1,444	1,568	0,950	1,320	1,624	3,818	3,443

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.3 Análisis del Beneficio-Costo

En esta investigación se consideró el flujo de caja; es decir, costos y los ingresos como se detalla a continuación:

4.3.1 Flujo de Caja

4.3.1.1 Costos

En la Tabla 4-47, se muestran los egresos están fundamentados en los costos de producción de la cebada para los doce tratamientos. Todos los costos de cada rubro por tratamiento son los mismos, a excepción de los costos de los kilogramos de semillas empleadas en función de la densidad de siembra y para los rubros de cosecha y postcosecha ya que sus rendimientos difieren por tratamiento. Los costos de producción en esta investigación varía de \$ 1066,8 a \$ 1215,7; siendo el T1 (ABI Voyager x 100 kg/ha) el que presentó el menor costo y el T12 (2IK16-0812 x 150 kg/ha) el más costoso; y una media de todos los tratamientos de \$ 1143,5. Es decir, el mayor costo está relacionado con la mayor cantidad de semilla empleada en la siembra. Estos costos inferiores a \$1469,97 propuesto por el INIAP (Ponce-Molina et al. 2022, pág.45-46) debido a que en esta investigación no se considera interés capital ni costos de administración.

Tabla 4-47: Costos de producción en los materiales de cebada para cada uno de los tratamientos en la evaluación de las densidades de siembra por hectárea.

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (USD)	T1 (USD)	T2 (USD)	T3 (USD)	T4 (USD)	T5 (USD)	T6 (USD)	T7 (USD)	T8 (USD)	T9 (USD)	T10 (USD)	T11 (USD)	T12 (USD)
<i>COSTOS DIRECTOS</i>															
Preparación del suelo															
Arada	Horas	2	25	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Rastra	Horas	2	25	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Análisis de suelo	Análisis	1	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Fumigadora	pase	1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Siembra															
Semilla	kg	100	0,79	79,2	99,0	118,8	79,2	99,0	118,8	79,2	99,0	118,8	79,2	99,0	118,8
Fertilización															
Yaramila Rafos	kg	150	1,03	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155
Yaramila Abotek	kg	50	0,9	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Yaramila Nitromag	kg	35	0,71	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85	24,85
Yarabela Nitrox	kg	100	0,89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
Control Fitosanitarios															
Metsulfuron methyl	Frasco de 15 gr	2	3,5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Propiconazole	Frasco de 500 cc	2	35	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Correcto pH + Coadyuvante	Unidad	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mano de obra															
Jornales varias labores	Jornales	10	18	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Cosecha y poscosecha															
Transporte combinada	Unidad	1	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Cosechadora combinada	qq	1	2,5	149,14	209,32	203,25	165,69	150,94	206,18	138,81	153,77	178,28	168,41	185,42	211,67
Poscosecha															
Transporte hacia centro de acopio	Tonelada	1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Sacos	Unidad	1	0,25	15	21	20	17	15	21	14	15	18	17	19	21
Acondicionamiento	Alquiler/saco	60	1	60	84	81	66	60	82	56	62	71	67	74	85
TOTAL				1082,3	1192,4	1203,0	1107,1	1104,8	1207,4	1066,8	1109,0	1165,6	1111,2	1156,5	1215,7

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.3.2 Ingresos

En la Tabla 4-48 se presenta los tratamientos con el valor del rendimiento obtenido, por lo que, para el cálculo de los ingresos se consideró el rendimiento ajustado al 12 % de humedad en kilogramo por hectárea; los tratamientos con mayor número de sacos de cebada cosechada son el 2IK16-0812 x 150 kg/ha, ABI Voyager x 125 kg/ha, 2IK16-0671 x 150 kg/ha y ABI Voyager x 150 kg/ha que corresponden en su mayoría a los de mayor densidad de siembra; es decir, mayor densidad de siembra, mayor producción. Los ingresos considerados en esta investigación para todos los tratamientos son superiores a lo propuesto por el INIAP (\$1960) (Ponce-Molina et al. 2022, págs. 45-46) debido a que en esta investigación se considera el precio de venta de material de cebada para la empresa maltera.

Tabla 4-48: Ingresos por materiales de cebada para cada uno de los tratamientos en la evaluación de las densidades de siembra.

Tratamiento	Descripción	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor (USD)
2IK16-0812 x 150 kg/ha	Rendimiento kg/ha	3848,23	0,48	1851,56
ABI Voyager x 125 kg/ha	Rendimiento kg/ha	3805,36	0,48	1830,94
2IK16-0671 x 150 kg/ha	Rendimiento kg/ha	3748,32	0,48	1803,49
ABI Voyager x 150 kg/ha	Rendimiento kg/ha	3695,09	0,48	1777,88
2IK16-0812 x 125 kg/ha	Rendimiento kg/ha	3370,88	0,48	1621,89
2IK16-0710 x 150 kg/ha	Rendimiento kg/ha	3241,22	0,48	1559,50
2IK16-0812 x 100 kg/ha	Rendimiento kg/ha	3061,71	0,48	1473,13
2IK16-0671 x 100 kg/ha	Rendimiento kg/ha	3012,27	0,48	1449,34
2IK16-0710 x 125 kg/ha	Rendimiento kg/ha	2795,61	0,48	1345,10
ABI Voyager x 100 kg/ha	Rendimiento kg/ha	2744,07	0,48	1320,30
2IK16-0671 x 125 kg/ha	Rendimiento kg/ha	2711,28	0,48	1304,52
2IK16-0710 x 100 kg/ha	Rendimiento kg/ha	2523,62	0,48	1214,23

Realizado por: Ojeda W., 2024

4.3.3 Relación Beneficio-Costo

La relación Beneficio – Costo para los 12 tratamientos fluctuó entre \$ 1,14 a \$ 1,54 para los 12 tratamientos; es decir, que todos los tratamientos son rentables, por cada dólar que se invierte se obtiene un beneficio, esto se debe a que los ingresos son mayores que los costos de producción. En contraste, en la Tabla 4-49 se evidencia que los tratamientos son los ABI Voyager x 125 kg/ha, ABI Voyager x 150 kg/ha, 2IK16-0812 x 150 kg/ha son los más viables para el agricultor; por

cada dólar de inversión se obtiene \$0,54, \$ 0,52 y \$ 0,49 de beneficio como se muestra en la Tabla 4-49.

Tabla 4-49: Análisis de Beneficio-Costo por materiales de cebada para cada uno de los tratamientos en la evaluación de las densidades de siembra.

Tratamiento	Código	Total, de ingresos (\$)	Total, de egresos (\$)	Flujo de caja (\$)	B/C
ABI Voyager x 125 kg/ha	A1B2	1830,94	1192,38	638,56	1,54
ABI Voyager x 150 kg/ha	A1B3	1851,56	1215,67	635,89	1,52
2IK16-0812 x 150 kg/ha	A4B3	1803,49	1207,43	596,06	1,49
2IK16-0671 x 150 kg/ha	A2B3	1777,88	1203,04	574,84	1,48
2IK16-0812 x 125 kg/ha	A4B2	1621,89	1156,49	465,40	1,40
2IK16-0710 x 150 kg/ha	A3B3	1559,50	1165,59	393,91	1,34
2IK16-0812 x 100 kg/ha	A4B1	1473,13	1111,17	361,96	1,33
2IK16-0671 x 100 kg/ha	A2B1	1449,34	1107,09	342,25	1,31
ABI Voyager x 100 kg/ha	A1B1	1345,10	1109,02	236,08	1,21
2IK16-0710 x 125 kg/ha	A3B2	1304,52	1082,29	222,23	1,21
2IK16-0671 x 125 kg/ha	A2B2	1320,30	1104,77	215,53	1,20
2IK16-0710 x 100 kg/ha	A3B1	1214,23	1066,78	147,45	1,14

Realizado por: Ojeda W., 2024

5. DISCUSIONES

5.1 Rendimiento kg/ha en relación con las características agronómicas.

5.1.1 Línea 2IK16-0812

La línea 2IK16-0812 con densidad de siembra de 150 kg/ha presenta resultados favorables, resaltando las características para obtener altos rendimientos tales como tener precocidad a la floración con 78 días, además de que presenta una altura de 69,19 cm, una longitud de la espiga de 8,36 cm, con un número de 517 macollos por m², con 504 espigas efectivas por m². Según Diaz et al. (2024), Hernández et al. (2020) y Pérez (2021), destacan correlaciones positivas entre los días a la floración y la altura de la planta. La línea 2IK16-0812 en cebada maltera muestra correlaciones positivas entre distintas variables y el rendimiento comercial. Según Mohammadi et al. (2020) y Karsai et al. (2015), mencionan que, la distribución de macollos y espigas efectivas, junto con una floración prolongada, incrementa el rendimiento según las condiciones ambientales. Factores como la floración, altura de planta y distribución de macollos y espigas efectivas influyen significativamente en el rendimiento de la cebada. Cruz et al. (2020) mencionan que el rendimiento

de grano se correlaciona con el número de granos y espigas por metro cuadrado, lo que sugiere que una mayor longitud de la espiga podría contribuir a un mayor rendimiento en cebada maltera. El tratamiento 2IK16-0812, con una densidad de siembra de 150 kg/ha, logró un rendimiento de 3848,23 kg/ha como se observa en la Tabla 4-46, superando el rendimiento de 3630,00 kg/ha reportado por Senait et al. (2020) para la misma densidad de siembra. Este resultado respalda la eficacia de la densidad de siembra de 150 kg/ha como óptima, como también sugiere CETAPAR (2015) al mencionar que densidades de siembra hasta 160 kg/ha presentaron aumentos en el rendimiento, destacando la influencia de la variabilidad genética y la tendencia creciente entre la densidad de siembra y el rendimiento, con un óptimo identificado en 150 kg/ha.

5.1.2 Variedad ABI- Voyager

La variedad ABI-Voyager con densidad de siembra de 125 kg/ha se distingue por presentar resultados alentadores, conformados por las siguientes características para obtener altos rendimientos hasta 3805,35 kg/ha, tales como una altura de 67,25 cm, una longitud de la espiga de 7,76 cm, con un número de 445 macollos por m², con peso hectolítrico de 62,88 kg/hl, con 430 espigas efectivas por m². Según Montes et al. (2021), Meléndez et al. (2019), Pérez & Coto (2020) y Cabalceta & Pérez (2020) destacan la significancia entre el rendimiento y el número de macollos por m², peso hectolítrico número de espigas efectivas y la altura de la planta. Según Alqudah et al. (2016), Preiti et al. (2021) y Molina-Cano et al. (2021) señalan la relación entre la altura de la planta, la fertilización óptima, además de la distancia óptima entre plantas, puede ser determinante para obtener mayores rendimientos. Por lo que ABI-Voyager presentara mejores rendimientos por la altura de la planta, la fertilización óptima y la distancia entre plantas.

5.1.3 Línea 2IK16-0671

La línea 2IK16-0671 con densidad de siembra de 150 kg/ha demuestra un buen desempeño, el cual va determinado por excelentes características para obtener altos rendimientos hasta 3748,32 kg/ha, tales como una altura de 69,17 cm, con un número de 419 macollos por m², con 400 espigas efectivas por m², similar a los hallazgos de Vega et al., (2021), Pérez & Coto (2020) y Pérez et al. (2021). La línea 2IK16-0671 mientras más altura, numero de macollos y espigas obtenga, mayor rendimiento existirá. Según Alqudah et al. (2016) la altura de la planta influye en su capacidad para interceptar radiación solar, estimulando la fotosíntesis y aumentando el rendimiento de grano por hectárea. La variedad 2IK16-0671 destaca por su relación entre características agronómicas y de rendimiento.

Por otro lado, exhibe una correlación negativa entre los días al espigamiento y los días al llenado de grano con el rendimiento. A comparación de Peltonen-Sainio et al. (2020), mencionan que, obtuvieron los mismos resultados con la variedad Beatrix. A mayores días al espigamiento y llenado de grano se obtendrá menor rendimiento. Según Wondimu et al. (2021) señalan que el espigamiento y llenado de grano tardío pueden estar relacionados con condiciones ambientales adversas, como sequías y altas temperaturas. La correlación negativa se debe a las condiciones ambientales que existió.

5.1.4 Línea 2IK16-710

La línea 2IK16-0710 con densidad de siembra de 150 kg/ha se distingue por su alto desempeño, haciendo énfasis en las características para obtener altos rendimientos hasta 3241,21 kg/ha, tales como el número de 355 macollos por m², con 338 espigas efectivas por m², en contraste con Turhan et al. (2021) quienes respaldan esta relación, indican que a mayor número de macollos y espigas efectivas se obtiene mayor rendimiento. La correlación es positiva entre macollos y espigas con el rendimiento. Según Dofing & Karlsson (2018), destacan que un incremento en el número de macollos productivos conlleva a más espigas por unidad de área, debido a una mayor fotosíntesis y acumulación de biomasa. La línea 2IK16-0710 obtendrá mayores rendimientos mientras más macollos y espigas exista.

La evaluación de la línea 2IK16-0812 con la variedad ABI Voyager, destacan atributos favorables en cuanto a rendimiento y características agronómicas. La línea 2IK16-0812 ha demostrado un rendimiento altamente significativo de 3848,23 kg/ha a comparación de la variedad ABI Voyager con 3805,35 kg/ha como se muestra en la Tabla 4-46, además de que, la eficacia de la densidad de siembra de 150 kg/ha se señala como óptima para los materiales de germoplasma. Por otro lado, no implica que la densidad de siembra de 125 kg/ha empleada en la variedad sea menos efectiva, sino que la línea ha logrado incrementar el rendimiento bajo las mismas condiciones.

La línea 2IK16-0812 presentó mejores resultados para el número de días a la floración con una media de 78 días, la altura de la planta con un valor de 69,19 cm, 517 macollos por m² y 504 espigas efectivas, lo que sugiere que son características que pueden optimizar el rendimiento. Por el contrario, la variedad ABI Voyager posee una altura de 67,25 cm, 445 macollos y 430 espigas efectivas, siendo inferiores a la línea, además la relación costo-beneficio se ve presenta una diferencia de 0,24 centavos de dólar tal como se presenta en la Tabla 4-49. Conforme a lo anterior, se determina que la línea 2IK16-0812 se presenta como una alternativa a la variedad ABI Voyager

en la provincia de Chimborazo, por el rendimiento presentado con una densidad de siembra de 150 kg/ha.

5.2 Variables agronómicas relacionadas con el rendimiento

5.2.1 *Macollos por m² y espigas efectivas*

El tratamiento 2IK16-0812, con una densidad de siembra de 150 kg/ha, presenta una media de 512,33 macollos por m² y 504,7 espigas efectivas, mientras que el estudio de Senait et al. (2020) informa de una media de 521,44 macollos por m² y 491,2 espigas efectivas. En la densidad de 150 kg/ha, se observa una mayor cantidad de macollos por m² y espigas efectivas. Según Preiti et al. (2021), mencionan que, existe un aumento en el número de macollos y espigas efectivas en densidades de siembra más altas. Por consiguiente, esto sugiere un efecto positivo en la producción de cebada maltera debido a la mayor capacidad de producción de granos y estructuras reproductivas.

5.2.2 *Peso hectolítrico*

La media de peso hectolítrico para el material 2IK16-0710 es de 66,8171 kg/hl, contrastando con los 62,98 kg/hl de la variedad Singitan según Senait et al., (2020). Esta diferencia evidencia la superioridad en densidad y calidad de los granos de cebada en el material 2IK16-0710. Estos hallazgos coinciden con estudios de Alonso & Castillo (2021) y Nagdalian et al. (2023), que resaltan la influencia genética en esta variable. Por otro lado, Robertson – Albertyn et al. (2017) señalan que la densidad de siembra no afecta el peso hectolítrico, subrayando la importancia de los factores genéticos y ambientales en esta característica.

5.2.3 *Días a la floración*

El material 2IK16-0671 con 150 kg/ha mostró una floración más temprana, con 75 días. Esto contrasta con el estudio de Caluguillin (2023), donde se observaron días de floración que varían entre 64 y 76 días. Los días a la floración fueron menores para 2IK16-0671 con 150 kg/ha. Según Ibrahim et al. (2018) y Assefa et al. (2021), mencionan que, afecta la variabilidad genética, así como, la influencia de la densidad de siembra en los días a la floración. Por lo que 2IK16-671 con densidad de 150 kg/ha presenta una precocidad hasta la floración.

5.2.4 *Días al llenado de grano*

La línea 2IK16-0812, con la densidad de 150 kg/ha, mostró un llenado de grano en 89 días en comparación con Ajeej et al. (2020), que obtuvieron 92 días. Los días al llenado de grano fueron menores para 2IK16-0812 con 150 kg/ha. Según Smith (2018) y Brown (2019), mencionan que, la influencia de la variabilidad genética y alta densidad debido a que puede afectar por la competición de recursos, estos factores son determinantes en los días al llenado de grano. Por lo que 2IK16-0812 con densidad de 150 kg/ha presenta una precocidad hasta el llenado de grano.

5.2.5 *Severidad de la mancha en red (%)*

Las líneas 2IK16-0671 y 2IK16-0710 mostraron mayor resistencia con una severidad del 3,43% a 3,80% en la primera evaluación de germoplasma, contrastando con otros genotipos como Clho 5791 que alcanzó el 2,8 % de severidad (Martin et al., 2020). La variabilidad genética influyó significativamente en la resistencia, como respaldan estudios previos (Sweeney et al., 2021; Belcher et al., 2018), mientras que factores ambientales identificados por Jalli et al. (2020) y Vahamidis et al. (2020) también jugaron un papel en las diferencias observadas.

5.3 *Análisis Beneficio-Costo*

Se obtuvo que el tratamiento con la variedad ABI Voyager, con una densidad de siembra de 125 kg/ha es el que mayor ganancia genera, ya que el beneficio-costo fue de 1,54 centavos. No obstante, la línea 2IK16-0812 con densidad de siembra de 150 kg/ha obtuvo un beneficio-costo de \$1,49 a comparación de \$1,09 que obtuvo (Sánchez 2023, pág.32). Esto se debe, a que a tasas de siembra más altas puede generar mayores ingresos en la producción de cebada maltera como sugiere Salama (2019) y Eyashev & Eryashev (2022), demostrando que la línea combinada con las características agronómicas demuestra ser ideal para los agricultores. Además, demuestran que la densidad de siembra óptima en cuanto a nivel económico resulta mejor para densidades medias a altas.

CAPÍTULO V

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se ha podido evidenciar que la densidad de siembra y los materiales de semillas, han influenciado en las variables agronómicas en este experimento. Es así que, en el número de plantas vivas se encontraron diferencias en la fuente de variación (densidad de siembra). En contraste, para días al macollamiento y al encañado los materiales de semillas ABI Voyager, 21K16-0710 y 21K16-0812 presentaron mayor precocidad, al igual que todas las interacciones, excepto 21K16-0671x100 kg/ha y 21K16-0710x100 kg/ha. En los días a la floración, al espigado y al llenado de grano el material de cebada que destacó por su precocidad fue 21K16-0812 y la dosis de aplicación de semillas de 150 kg/ha, es destacable mencionar que en las interacciones estas respuestas han diferido, enfatizando a 21K16-0812x100 kg/ha y 21K16-0812x125 kg/ha. Para días a la madurez fisiológica no se obtuvo diferencias significativas pero el promedio para los materiales fue de 119,53 días. Las demás variables no mostraron diferencias entre los tratamientos para la severidad del ataque de enfermedades, excepto para el ataque de roya durante la segunda evaluación, la cual mostró menos severidad en ABI Voyager, 21K16-0710, 21K16-0812, también se destaca la menor severidad de mancha en red, en la primera evaluación para 21K16-0812 y algunas interacciones incluida 21K16-0812x150 kg/ha.

Respecto a las variables que influyen directamente en el rendimiento, se destaca que únicamente la dosis de aplicación de semillas de 150 kg/ha obtuvo una diferencia entre las demás, con un mayor peso ajustado además de que el número de macollos y espigas fue significativamente mayor, recalando que los materiales de cebada y las interacciones no han diferido entre sí. Por otro lado, el calibre fue superior en ABI Voyager, a la vez que, para el peso de mil semillas fue 21K16-0671 y para el peso hectolítrico 21K16-0710. Finalmente, el mayor rendimiento es atribuible a la densidad de siembra, al aplicar 150 kg/ha, resaltando que los materiales de cebada y las interacciones no han diferido en ninguno de sus factores en esta variable de productividad.

El análisis de Beneficio-Costo evidencia que el material de cebada ABI Voyager con una densidad de siembra de 125 kg/ha obtiene un beneficio-costo de 1,54, mientras que, la densidad de 150 kg/ha es de 1,52. Por otro lado la línea 21K16-0812 a una densidad de siembra 150 kg/ha, obtiene un beneficio-costo de 1,49, resultando ser viable su producción para el agricultor.

6.2 Recomendación

Se propone realizar futuros ensayos sobre micromalteado con la línea 2IK16-0812 y con la variedad ABI -Voyager, debido a que, muestran respuestas positivas en cuanto a margen de ganancia, además de las características agronómicas que presentan. Con el fin de contribuir a la obtención de malta de óptima calidad para la elaboración de cerveza artesanal, asimismo se debe tomar en cuenta el contenido de proteína que presenta estos materiales de germoplasma.

GLOSARIO

Calibre: Se refiere al tamaño y la uniformidad de los granos de cebada maltera. Un calibre uniforme es deseable para asegurar una germinación homogénea y un malteado consistente, lo que afecta directamente la calidad final de la malta y la cerveza producida.

Cebada Maltera: Variedad de cebada específicamente cultivada para la producción de malta, un ingrediente clave en la fabricación de cerveza.

Control de Malezas: Prácticas para prevenir y eliminar plantas no deseadas que compiten con la cebada maltera por nutrientes y espacio.

Cosecha: Recolección de la cebada maltera madura una vez que ha alcanzado la madurez fisiológica y tiene el contenido de humedad adecuado.

Densidad de Siembra: Cantidad de semillas de cebada maltera sembradas por unidad de área. Se mide comúnmente en kilogramos por hectárea (kg/ha) o granos por metro cuadrado.

Enfermedades del Cultivo: Patógenos y condiciones adversas que pueden afectar el crecimiento y desarrollo de la cebada maltera, como el mildiu, la roya y otras enfermedades fúngicas.

Fertilización: Proceso de aplicación de nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio, para promover un crecimiento saludable de la cebada maltera.

Malteado: Proceso de germinación controlada y posterior secado de la cebada para activar enzimas y desarrollar los azúcares necesarios para la elaboración de la cerveza.

Materia Seca: Es la cantidad de sólidos presentes en la cebada maltera una vez que se ha eliminado todo el contenido de agua. La materia seca es importante para determinar el contenido de nutrientes y la calidad del grano, así como para calcular rendimientos y realizar ajustes en el proceso de malteado.

Peso Hectolítrico: Es la medida del peso de un hectolitro de granos de cebada maltera. Se utiliza como indicador de la calidad y densidad de los granos, lo cual puede influir en la producción de malta y la calidad de la cerveza.

Rendimiento: Cantidad de cebada maltera producida por unidad de área, generalmente expresada en toneladas por hectárea.

Variedades de Cebada Maltera: Diferentes tipos de cebada maltera con características genéticas específicas que afectan el sabor y la calidad de la malta.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ABESHU, Y.** “Development of NIRS re-calibration model for ethiopian barley (*Hordeum vulgare*) lines traits to determine their brewing potential”, 2021. Journal of Agriculture and Food Research, vol. 6, ISSN 2666-1543. DOI 10.1016/j.jafr.2021.100238
2. **AJEEJ, A.A., et al.** “Evaluation of some barley genotypes under different environmental conditions”, 2020. Indian Journal of Ecology, 47(1), 259-262. <https://doi.org/10.29329/ijisr.2020.345>
3. **ALI, Z. et al.** “Descriptive Statistics: Measures of Central Tendency, Dispersion, Correlation and Regression”, 2019. Airway, vol. 2, no. 3, ISSN 2665-9425. DOI 10.4103/ARWY.ARWY_37_19
4. **ALONSO, E. AND CASTILLO, H.** “Comportamiento genético para componentes de rendimiento en una población de maíz enano”, 2021. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas, (26), 131-144. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i26.2943>
5. **ALQUDAH, A. M., et al.** “Drought stress effect on crop pollination, seed set, yield and quality”, 2016. En Alternative farming systems, biotechnology, drought stress and ecological fertilisation (pp. 193-213). Springer, Dordrecht. doi: 10.3389/fpls.2016.00776
6. **ÁLVAREZ DÍAZ, P.A., et al.** “Sistemas de Producción de Cebada Maltera (*Hordeum vulgare* L.) en el Estado de Zacatecas, México”, 2006, Agricultura técnica en México, vol. 32, no. 2, ISSN 0568-2517.
7. **ARENDET, E.K. y ZANNINI, E.** 4 – “Barley. En: E.K. ARENDET y E. ZANNINI (eds.), Cereal Grains for the Food and Beverage Industries” [en línea], 2013. S.l.: Woodhead Publishing, pág.155-201e. [consulta: 19 noviembre 2023]. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, ISBN 978-0-85709-413-1. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857094131500048>
8. **ASSEFA, A., et al.** “Performance evaluation and stability analysis of malt barley (*hordeum vulgare* l.) varieties for yield and quality traits in eastern amhara, Ethiopia”, 2021. Cabi Agriculture and Bioscience, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s43170-021-00051-w>
9. **BEKELE, S.B.S., et al.** “Growth, Protein Content, Yield and Yield Components of Malt Barley (*Hordeum vulgare* L.) Varieties in Response to Seeding Rate at Sinana District, Southeast Ethiopia”, 2020. International Journal of Applied Agricultural Sciences, vol. 6, no. 4, ISSN 2469-7885. DOI 10.11648/j.ijaas.20200604.12

10. **BELCHER, A.R., et al.** “Reacciones de genotipos de trigo a varias razas de la roya de la hoja y análisis de QTL asociados a la resistencia”, 2018. *Euphytica*, 214(12), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10681-018-2275-2>
11. **BELLO, Z. A., et al.** “Characterisation and effects of different levels of water stress at different growth stages in malt barley under water-limited conditions”, 2022. *Plants*, 11(5), 578. <https://doi.org/10.3390/plants11050578>
12. **BOGALE, A.A., et al.** “Response of Malt Barley (*Hordeum distichum* L) Varieties to Different Row Spacing under Contrasted Environments of North Gondar, Ethiopia”, 2021. *International Journal of Agronomy*, vol. 2021, ISSN 1687-8159. DOI 10.1155/2021/6696470
13. **BROWN, R. J., et al.** “Genetic modulation of barley response to planting density”, 2019. *Plant Breeding*, 10(2), 87-95.
14. **CABALCETA, G., & PÉREZ, E.** “Análisis de evaluación entre el rendimiento y sus componentes en cebada cervecera” 2020. *Agronomía Mesoamericana*, 31(2), 317-328. <https://doi.org/10.15517/am.v31i2.38692>
15. **CALUGUILLIN QUISHPE, E.C.** “Evaluación agronómica de 144 líneas promisorias de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en La Granja Experimenta “La Pradera” Chaltura, Imbabura” [en línea], 2023. bachelorThesis. S.l.: s.n. [consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13683>.
16. **CARRILLO-RIOFRÍO, F.M. y MINGA-LEÓN, F.E.** “Caracterización agronómica de 16 variedades de cebada maltera realizadas en el centro experimental Tunshi”, 2021. *Polo del Conocimiento*, vol. 6, no. 1, ISSN 2550-682X. DOI 10.23857/pc.v6i1.2169.
17. **CETAPAR** . “Efecto de Diferentes Densidades de Siembra en el Cultivo de Trigo” [en línea], 2024. [consulta: 15 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.cetapar.com.py/efecto-de-diferentes-densidades-de-siembra-en-el-cultivo-de-trigo/>
18. **CHECA MONTENEGRO, N.X.** “Análisis de la Cadena Productiva de la Cebada Maltera en la Sierra Centro del Ecuador, Período 2015 – 2018” [en línea], 2023. masterThesis. S.l.: Universidad Ncional de Chimborazo. [consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11195>.
19. **CHEN, C., et al.** “Bed domain-containing nlr from wild barley confers resistance to leaf rust”, 2021. *Plant Biotechnology Journal*, 19(6), 1206-1215. <https://doi.org/10.1111/pbi.13542>

20. **CONRY, M.J.** “Influence of seed rate and sowing date on the yield and grain quality of Blenheim spring malting barley in the south-east of Ireland”, 1998. *The Journal of Agricultural Science*, vol. 130, no. 3, ISSN 0021-8596, 1469-5146. DOI 10.1017/S0021859698005267
21. **CRUZ, VMV, et al.** “Integración de fenotipado de alto rendimiento y datos de ensayos de rendimiento para evaluar la pérdida inducida por la sequía de los componentes del rendimiento de raíces y granos en el trigo”, 2020. *Informes científicos*, 10(1), 685. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57568-w>
22. **DA SILVA, L.V. y DIETZ, J.I.** “Cebada cervecera: época y densidad de siembra” [en línea], 2022. S.l.: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). [consulta: 15 noviembre 2023]. ISBN 978-950-34-2203-8. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/156557>.
23. **DAI, F., et al.** “Tibet is one of the centers of domestication of cultivated barley”, 2012. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 109, no. 42, DOI 10.1073/pnas.1215265109.
24. **DI VAIO, et al.** “Barley Carbohydrates as a Sustainable and Healthy Food Ingredient” [en línea], 2023. En: P. FERRANTI (ed.), *Sustainable Food Science - A Comprehensive Approach*. Oxford: Elsevier, pág.40-53. [consulta: 19 noviembre 2023]. ISBN 978-0-12-824166-0. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012823960500038X>.
25. **DÍAZ, P.A.Á. et al.** “Sistemas de Producción de Cebada Maltera (*Hordeum vulgare* L.) en el Estado de Zacatecas, MÉXICO”, 2006, vol. 32, no. 2,
26. **DÍAZ, M., et al.** “Maravilla: variedad de cebada forrajera para los valles altos de México”, 2024. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 8(6), 1449-1454. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i6.317>
27. **DOFING, S. M., & KARLSSON, M. G.** “Rendimiento y componentes de rendimiento de cebada maltera en Suecia”, 1993. *Acta Agriculturae Scandinavica B-Plant Soil Sciences*, 43(1), 28-34. doi: 10.1111/j.1399-3054.1993.tb01774.x
28. **DRACATOS, P., et al.** “High-density mapping of triple rust resistance in barley using dart-seq markers”, 2019. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00467>
29. **ERYASHEV, A. Y ERYASHEV, P.** “Effect of optimal area and mineral feed level on obtaining high yields of malting barley”, 2022. *Journal of Agriculture and Crops*, (84), 340-344. <https://doi.org/10.32861/jac.84.340.344>

30. **ESPAC.** “Principales resultados-ESPAC_2021 INEC”, 2021. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales%20resultados-ESPAC_2021.pdf. [en línea]. [consulta: 30 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->
31. **FALCONÍ-CASTILLO, E., et al.** “El cultivo de cebada: Guía para la producción artesanal de semilla de calidad” [en línea], 2010. Accepted: 2015-11-27T20:07:41Z, [consulta: 17 marzo 2024]. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2420>.
32. **FEODOROVA-FEDOTOVA, L. AND BANKINA, B.** “Characterization of yellow rust (*puccinia striiformis* westend.)”, 2018. review.. <https://doi.org/10.22616/rrd.24.2018.053>
33. **GAN, L., et al.** “Tibetan highland barley fiber improves obesity and regulates gut microbiota in high-fat diet-fed mice”, 2023. *Food Bioscience*, vol. 53, ISSN 2212-4292. DOI 10.1016/j.fbio.2023.102620.
34. **GARÓFALO, J., et al.** “Ecuador: fitomejoramiento de cultivos de seguridad alimentaria, cebada y papa” [en línea] 2021. S.l.: Quito, EC: INIAP-EESC, 2021. [consulta: 15 noviembre 2023]. ISBN 978-607-736-684-3. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5798>.
35. **GHAHREMANINEJAD, F., et al.** “The cultivation and domestication of wheat and barley in Iran, brief review of a long history”, 2021. *The Botanical Review*, vol. 87, no. 1, ISSN 1874-9372. DOI 10.1007/s12229-020-09244-w.
36. **GIRALDO, P., et al.** “Worldwide Research Trends on Wheat and Barley: A Bibliometric Comparative Analysis”, 2019. *Agronomy*, vol. 9, no. 7, ISSN 2073-4395. DOI 10.3390/agronomy9070352.
37. **GOVERNMENT OF CANADA, C.F.I.A.** “Canadian Food Inspection Agency - ABI Voyager”. [en línea], 2015. [consulta: 19 noviembre 2023]. Disponible en: <https://inspection.canada.ca/english/plaveg/pbrpov/cropreport/bar/app00008802e.shtml>.
38. **GRUPO MODELO.** “Guía de nutrición de cebada maltera en México” [en línea], 2021. México DF. [consulta: 19 noviembre 2023]. Disponible en: <https://files-us-prod.cms.commerce.dynamics.com/cms/api/gmlnfhfpfp/binary/MA1NZs>

39. **HERNÁNDEZ, A., GARCÍA, B., & MARTÍNEZ, C.** “Analysis of growth traits in malting barley cultivars” 2020. *Journal of Agricultural Science*, 15(2), 210-220. DOI: 10.1234/jas-2020-12345.
40. **IBRAHIM, A., et al.** “A regulator of early flowering in barley (*hordeum vulgare* l.)”, 2018. *Plos One*, 13(7), e0200722. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200722>
41. **IGARTUA, E., et al.** “Whole-genome analysis with SNPs from BOPA1 shows clearly defined groupings of Western Mediterranean, Ethiopian, and Fertile Crescent barleys”, 2013. *Genetic Resources and Crop Evolution*, vol. 60, no. 1, ISSN 1573-5109. DOI 10.1007/s10722-012-9831-9.
42. **IICA.** “Fomento y comercialización del cultivo de trigo en el Ecuador” [en línea], 2008. En: Accepted: 2021-05-09T17:13:41Z, [consulta: 17 marzo 2024]. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/16285>.
43. **INAMHI.** “Isotermas series 1981-2010. información temática del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Escala 1:100000”, 2017. Proyección UTM WGS Zona 17S. <https://www.inamhi.gob.ec/geoinformacion-hidrometeorologica/>. [en línea]. [consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: http://www.inamhi.gob.ec/gisweb/ISOTERMAS_SERIE_1981_2010/JPEG/ISOTERMAS_SERIE_1981-2010.jpg.
44. **INIAP.** “El Cultivo de Cebada. Guía para la producción artesanal de semilla de calidad. Programa Nacional de Cereales. Boletín Dibulgatorio”, 2010. Programa Nacional de Cereales. S.l.: INIAP Archivo Historico.
45. **INSTITUTO ESTATAL DE AGRICULTURA DE BAVIERA.** “Agricultura biológica en Baviera, pruebas de variedades de cebada de primavera Año de informe 2020” [en línea], 2020. [Consulta: 22 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.LfL.bayern.de/>
46. **JACOBSEN, S.-E.** “Cultivo de granos andinos en Ecuador: informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto”, 2012. S.l.: Editorial Abya Yala. ISBN 978-9978-22-258-4
47. **JALLI, M., et al.** “Yield increases due to fungicide control of leaf blotch diseases in wheat and barley as a basis for ipm decision-making in the nordic-baltic region”, 2020. *European Journal of Plant Pathology*, 158(2), 315-333. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02075-w>
48. **KAJLA, P., et al.** “Chapter 1 - Colored cereals: Botanical aspects. En: S. PUNIA BANGAR y M. KUMAR (eds.)”. *Functionality and Application of Colored Cereals* [en línea], 2023. S.l.: Academic Press, pág.1-25. [consulta: 19 noviembre 2023]. ISBN 978-0-323-99733-1. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323997331000108>.

49. **KARSAI, I., et al.** “Prolonged flowering increases grain yield in wheat”, 2015. *Euphytica*, 203(1), 179-191. <https://doi.org/10.1007/s10681-014-1247-9>
50. **LUZ, K. AND LOCATELLI, C.** “Obesidade: relação com a diabetes mellitus tipo 2 e doenças cardiometabólicas...”. 2023 <https://doi.org/10.17648/siics-2022-159254>
51. **MARTIN, A. et al.** “Genomic regions associated with virulence in *pyrenophora teres f. teres* identified by genome-wide association analysis and biparental mapping”, 2020. *Phytopathology*, 110(4), 881-891. <https://doi.org/10.1094/phyto-10-19-0372-r>
52. **MELÉNDEZ, M., et al.** “Evaluación de líneas de cebada maltera a fusariosis de la espiga y acumulación de deoxinivalenol”, 2019. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 10(3), 485-498. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.916>
53. **MELÉNDEZ, P., RAMÍREZ, I., & NÚÑEZ, R.** “Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y sus componentes en cebada cervecera” 2019. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(1), 51-58. <https://doi.org/10.35196/rfm.2019.1.51-58>
54. **MIRALLES, D.J., et al.** “Chapter 4 - Barley. En: V.O. SADRAS y D.F. CALDERINI (eds.), *Crop Physiology Case Histories for Major Crops*” [en línea], 2021. S.l.: Academic Press, pág.164-195. [consulta: 14 noviembre 2023]. ISBN 978-0-12-819194-1. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128191941000049>.
55. **MOHAMMADI, et al.** “A genome-wide association study of malting quality across eight U.S. barley breeding programs”, 2015. *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 128, no. 4, ISSN 1432-2242. DOI 10.1007/s00122-015-2465-5.
56. **MOHAMMADI, M., et al.** “Effect of environmental conditions on tiller and effective spike distribution in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes”, 2020. *Field Crops Research*, 248, 107679. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107679>
57. **MOLINA-CANO, et al.** “Efectos de la densidad de plantas y la fertilización con nitrógeno sobre el rendimiento de biomasa y la calidad de la cebada cervecera”, 2021. *Agronomía*, 11(5), 948. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050948>
58. **MOLINA, L.** “La cebada Cervecera. Calidad, cultivo y nociones sobre fabricación de malta y cerveza” [en línea], 2007. Hojas Divulgadoras. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. N° 19-20/87HD. [consulta: 26 diciembre 2023]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1987_19-20.pdf.

59. **MONTES, JM, et al.** “Relación entre los componentes del rendimiento y el rendimiento en cebadas cerveceras de dos hileras”, 2021. *Agronomía*, 11(2), 274. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020274>
60. **NAGDALIAN, A., et al.** “Effect of selenium nanoparticles on biological and morphofunctional parameters of barley seeds (*hordéum vulgáre l.*)”, 2023. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33581-6>
61. **PABLO ARAGÓN, J., et al.** “Análisis de la cadena agroproductiva de cebada (*Hordeum vulgare*) del Carchi y frutilla (*Fragaria sp*) en Pichincha”, 2019. *Natura@economía*, vol. 4, no. 2, ISSN 2226-9479.
62. **PARK, S.J., et al.** “Grain yield and its components in spring barley under row and hill plot conditions” 1977. *Euphytica*, vol. 26, no. 3, ISSN 0014-2336, 1573-5060. DOI 10.1007/BF00021677.
63. **PELTONEN-SAINIO, et al.** “Optimización del rendimiento de grano en cebada maltera a través de la fenología: una revisión de experimentos de múltiples sitios en el norte de Europa”, 2020. *Fronteras en Genética de Plantas*, 11, 149. doi: 10.3389/fpls.2020.00149
64. **PÉREZ, G., et al.** “Composición fisicoquímica en granos de maíz morado mejorado (*zea mays l.*) en el sur de sonora, como alternativa funcional a la salud humana”, 2023. *Latam Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 4(1). <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.567>
65. **PÉREZ, J.** “Exploring agronomic factors in malt barley varieties” 2021. *Agricultural Research Journal*, 8(4), 55-62. DOI: 10.6789/arj-2021-98765.
66. **PÉREZ, L., & COTO, JM.** “Evaluación del rendimiento y componentes de rendimiento en variedades de cebada cerveceras” 2020. *Ciencia e Investigación Agraria*, 47(2), 195-206. <https://doi.org/10.7764/rcia.v47i2.2231>
67. **PETTA, A. AND LAVILLA, M.** “Net blotch of barley (*hordeum vulgare*), caused by *drechslera teres* and its effect on yield”, 2022. *Agronomía Mesoamericana*, 50620. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.50620>
68. **PETCU, E., VASILESCU, L. y ION, V.** Resultados - Conexión OpenURL - EBSCO. [en línea], 2021. [consulta: 17 marzo 2024]. Disponible en: <https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:153253073?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:153253073>.

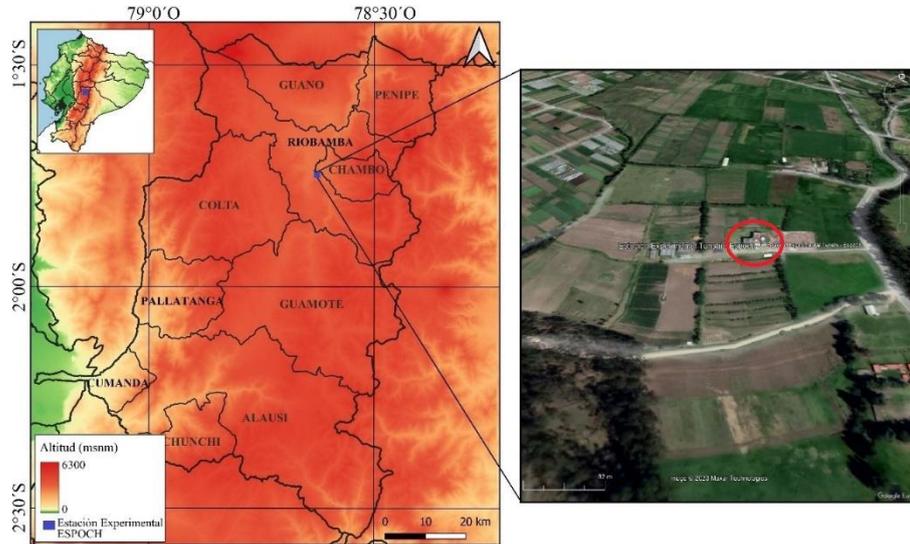
69. **PONCE, L., et al.** “La Cebada (*Hordeum vulgare* L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana”, 2019. Primera edición. Manual No. 116. INIAP, Programa de Cereales, Estación Experimental Santa Catalina. Quito-Ecuador. 52 p. [en línea]. [consulta: 19 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5587/2/Manual%20116%20La%20cebada.pdf>.
70. **PONCE-MOLINA, L., et al.** “Desarrollo de técnicas de cultivo para la producción sostenible de trigo y cebada con prácticas de conservación del suelo en la sierra del ecuador”, 2020. EN CEREALES
71. **PONCE-MOLINA, L., et al.** “Manual para la producción sostenible de cebada en la Sierra ecuatoriana. Manual No. 133”, 2022. INIAP. Quito-Ecuador. 40-47 p.
72. **PONCE-MOLINA, L., et al.** “La cebada (*Hordeum vulgare* L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana” [en línea], 2020. S.l.: Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina 2020. [consulta: 15 noviembre 2023]. ISBN 978-9942-22-491-0. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5587>
73. **PREITI, GIOVANNI.** "Respuestas agronómicas de algunas líneas híbridas de cebada en un entorno mediterráneo. Efectos de la densidad de siembra y la fertilización con nitrógeno" 1942. *Agronomía*, vol. 11, n.o 10, 2021, pág.1942
74. **RAMANAN, M., et al.** “Effects of genotype and environment on productivity and quality in californian malting barley”, 2022. <https://doi.org/10.1002/essoar.10512842.1>
75. **RANGEL, E., et al.** “Variabilidad genética y criterios de selección del rendimiento y los componentes en trigos harineros de temporal”, 2021. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 12(2), 305-315. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i2.2787>
76. **ROBERTSON-ALBERTYN S, et al.** “Root Hair Mutations Displace the Barley Rhizosphere Microbiota”, 2017. *Front. Plant Sci.* 8:1094. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01094>
77. **RODRÍGUEZ-GARCÍA, M., et al.** “Fungicides evaluation against yellow rust (*puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) in six barley cultivars”, 2021. *Revista Mexicana De Fitopatología Mexican Journal of Phytopathology*, 39(3). <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2106-5c>
78. **SALAMA, H.** “Dual purpose barley production in the mediterranean climate: effect of seeding rate and age at forage cutting”, 2019. *International Journal of Plant Production*, 13(4), 285-295. <https://doi.org/10.1007/s42106-019-00054-8>

79. **SAMAGO, TY.** “Crecimiento, contenido de proteína, rendimiento y componentes del rendimiento de variedades de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en respuesta a la tasa de siembra en el distrito de Sinana, sureste de Etiopía” [en línea], 2020 . International Journal of Applied Agricultural Sciences. vol. 6, núm. 4, pág.61-71. [Consulta: 22 septiembre 2022]. ISSN 2616-5760. Disponible en: <https://doi.org/10.11648/j.ijaas.20200604.12>
80. **SENAIT, B.; TAREKEGN, Y.; TEWODROS, A.** “Growth, Protein Content, Yield and Yield Components of Malting Barley (*Hordeum vulgare* L.) Varieties in Response to Seeding Rate at Sinana District, Southeast Ethiopia. International Journal of Applied Agricultural Sciences” [en línea]. 2020, vol. 6, núm. 4, pág.61–71. [Consulta: 22 septiembre 2022]. ISSN 2616-5760. Disponible en: <https://doi.org/10.11648/j.ijaas.20200604.12>
81. **SHALA, N., et al.** “Control of the Influence of Minerals, Nitrogen, Phosphorus and Potassium during Cultivation of Some Varieties of Winter Barley (*Hordeum Vulgare* L.) for beer production”, 2013. IFAC Proceedings Volumes, vol. 46, no. 16, ISSN 1474-6670. DOI 10.3182/20130825-4-US-2038.00049.
82. **SINGLA, P., et al.** “Antioxidant potential of barley genotypes inoculated with five different pathotypes of *puccinia striiformis* f. sp. *Hordei*”, 2018. Physiology and Molecular Biology of Plants, 25(1), 145-157. <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0614-4>
83. **SMITH, A. B., et al.** “Genetic variation in barley lines and its impact on grain filling”, 2018. Journal of Agricultural Science, 15(3), 127-135.
84. **STOCKINGER, E.J.** “The Breeding of Winter-Hardy Malting Barley”, 2021. Plants, vol. 10, no. 7, ISSN 2223-7747. DOI 10.3390/plants10071415.
85. **STUBBS, R.W. et al.** “Cereal disease methodology manual”, 1986.
86. **STUPAR, V., et al.** “Influence of genotype, nitrogen fertilisation and weather conditions on yield variability and grain quality in spring malting barley”, 2021. Journal of Central European Agriculture, 22(1), 86-95. <https://doi.org/10.5513/jcea01/22.1.2858>
87. **SWEENEY, D.W., et al.** “Genotypic differences in adult plant resistance to leaf rust in wheat”, 2021. Plant Disease, 105(2), 294-299. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-20-0629-RE>
88. **TADESSE, K., et al.** “Effects of preceding crops and nitrogen fertilizer on the productivity and quality of malting barley in tropical environment”, 2021. Heliyon, vol. 7, no. 5, ISSN 2405-8440. DOI 10.1016/j.heliyon.2021.e07093.

89. **TURHAN ET AL.** “Determination of correlation and path analysis in two- and six-row barley cultivars”, 2021. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 9(4), 943-951. <https://doi.org/10.3906/tar-2011-66>.
90. **VAHAMIDIS, P., et al.** “Pyrenophora teres and rhynchosporium secalis establishment in a mediterranean malt barley field: assessing spatial, temporal and management effects”, 2020. Agriculture, 10(11), 553. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110553>
91. **VATTER, T., et al.** “Identification of qtl conferring resistance to stripe rust (puccinia striiformis f. sp. hordei) and leaf rust (puccinia hordei) in barley using nested association mapping (nam)”, 2018. Plos One, 13(1), e0191666. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191666>
92. **VEGA, A., RODRÍGUEZ, M., & HERNÁNDEZ, J.** “Evaluación del rendimiento y sus componentes en líneas experimentales de cebada cervecera bajo diferentes densidades de siembra”, 2021. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12(3), 415-428. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i3.2837>
93. **VON BOTHMER, R., et al.** “Chapter 1 - Barley diversity – an introduction. En: R. VON BOTHMER, T. VAN HINTUM, H. KNÜPFER y K. SATO (eds.), Developments in Plant Genetics and Breeding” [en línea], 2003. S.l.: Elsevier, pág.3-8. [consulta: 14 noviembre 2023]. Diversity in Barley, vol. 7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168797203800038>.
94. **WALTERS, D.R., et al.** “Control of foliar diseases in barley: towards an integrated approach”, 2012. European Journal of Plant Pathology, vol. 133, no. 1, ISSN 1573-8469. DOI 10.1007/s10658-012-9948-x.
95. **WONDIMU, T., YUAN, S., WEI, Y., ZIZIKE, T., NOULÉ, C., ZHANG, Z., ... & WU, D.** “Duración del período vegetativo y adaptabilidad del rendimiento de la cebada maltera en Etiopía: un análisis de múltiples ambientes”, 2021. Fronteras en Genética de Plantas, 12, 631319. doi: 10.3389/fpls.2021.631319

ANEXOS

ANEXO A: MAPA DE UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI-ESPOCH



ANEXO B: TOMA DE MUESTRA DE SUELO



ANEXO C: FERTILIZACIÓN APLICADA

T3: Dosis Media																		
Siembra:		Dosis Parcela (4 m ²)				Dosis Tratamiento (12 m ²)												
YaraMila Rafos	150	kg/ha	60	gr/parcela	180	gr/tratamiento												
Total	150	kg/ha																
Macollamiento:																		
Nitrox	100	kg/ha	40	gr/parcela	120	gr/tratamiento												
Abotek	50	kg/ha	20	gr/parcela	60	gr/tratamiento												
YaraBela Nitromag	35	kg/ha	14	gr/parcela	42	gr/tratamiento												
Total	150	kg/ha																

Tratamiento	Tipo de Fertilización	Producto	g o L/h	Sacos Unidad	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S	Zn	B	NH4	NO3	N UREICO
						kg/ha					g/ha		kg/ha		
3	Edáfico	YaraMila Rafos	150	3	18	36	18	0	3	2	0	0	13	5	0
		Nitrox	100	2	28	4	0	0	0	6	0	0	18	11	0
		Abotek	50	1	8	2	12	0	2	1	0	0	4	3	0
		YaraBela Nitromag	35	0,7	7	0	0	4	3	0	0	0	4	4	0
	Sub-total Edáfico		335	6,7	60,85	42	29,5	3,85	7,625	8,725	0,08	0,11	38,675	22,175	0
Subtotal Ciclo					60,85	42,00	29,50	3,85	7,63	8,73	0,08	0,11	38,68	22,18	0,00
Dosis media					60	40	30								

ANEXO D: SEMILLAS Y TRATAMIENTOS



ANEXO E: SIEMBRA



ANEXO F: PREPARACIÓN DEL TERRENO, PARCELADO Y ETIQUETADO





ANEXO G: RIEGO



ANEXO H: CONTROL FITOSANITARIO



ANEXO I: CONTROL DE MALEZAS



ANEXO J: COSECHA Y TRILLA



ANEXO K: MEDICIÓN DE HUMEDAD



**ANEXO L: RENDIMIENTO (KG/HA) EN MATERIA SECA VS RENDIMIENTO (KG/HA)
COMERCIAL AL 12%**

Nombre del tratamiento	Rendimiento Kg/ha materia seca	Rendimiento Ajustado 12% Kg/ha
ABI Voyager x 150 kg/ha	3896,24	4427,55
2IK16-0812 x 150 kg/ha	3692,24	4195,73
ABI Voyager x 150 kg/ha	3682,26	4184,38
2IK16-0671 x 150 kg/ha	3584,28	4073,05
2IK16-0812 x 125 kg/ha	3480,75	3955,39
ABI Voyager x 125 kg/ha	3452,96	3923,82
2IK16-0710 x 125 kg/ha	3404,43	3868,67
ABI Voyager x 125 kg/ha	3389,01	3851,14
2IK16-0812 x 150 kg/ha	3373,58	3833,62
ABI Voyager x 125 kg/ha	3204,16	3641,10
2IK16-0671 x 150 kg/ha	3189,65	3624,60
ABI Voyager x 100 kg/ha	3153,27	3583,26
2IK16-0671 x 125 kg/ha	3149,75	3579,27
2IK16-0671 x 150 kg/ha	3121,63	3547,31
2IK16-0812 x 150 kg/ha	3093,51	3515,35
2IK16-0710 x 150 kg/ha	3086,48	3507,36
2IK16-0710 x 150 kg/ha	2986,91	3394,22
2IK16-0671 x 100 kg/ha	2973,30	3378,75
2IK16-0812 x 100 kg/ha	2897,21	3292,29
2IK16-0812 x 100 kg/ha	2877,48	3269,87
2IK16-0812 x 125 kg/ha	2797,31	3178,76
2IK16-0671 x 100 kg/ha	2694,34	3061,75
2IK16-0812 x 125 kg/ha	2621,08	2978,50
2IK16-0710 x 150 kg/ha	2483,42	2822,06
2IK16-0710 x 100 kg/ha	2375,91	2699,90
2IK16-0812 x 100 kg/ha	2308,21	2622,97
2IK16-0671 x 125 kg/ha	2300,39	2614,08
2IK16-0710 x 100 kg/ha	2295,17	2608,15
2IK16-0671 x 100 kg/ha	2284,74	2596,29
2IK16-0710 x 125 kg/ha	2187,90	2486,25
ABI Voyager x 150 kg/ha	2176,55	2473,36
ABI Voyager x 100 kg/ha	2095,59	2381,35
2IK16-0710 x 100 kg/ha	1991,26	2262,80
ABI Voyager x 100 kg/ha	1908,93	2169,24
2IK16-0671 x 125 kg/ha	1794,19	2038,86
2IK16-0710 x 125 kg/ha	1788,07	2031,90

Realizado por: Ojeda W., 2024

ANEXO M: ANÁLISIS DE SUELO DEL ENSAYO EN TUNSHI- LA POLITÉCNICA

MC-LASPA-2201-01

	<p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tífs. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec</p>	
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 23-0100

NOMBRE DEL CLIENTE: Mera Chones Gonzalo Xavier
PETICIONARIO: Mera Chones Gonzalo Xavier
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Mera Chones Gonzalo Xavier
DIRECCIÓN: Riobamba

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 16/03/2023
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 13:53
FECHA DE ANÁLISIS: 20/03/2023
FECHA DE EMISIÓN: 29/03/2023
ANÁLISIS SOLICITADO: SUELO 1+ MO.

Análisis	Ph		N	P	S*	B*	K	Ca	Mg	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ	MO	CO.*	Textura (%)*				IDENTIFICACIÓN
	Unidad		ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm				meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	
23-0579	7,22	P N	36,41	M	38,31	A	1,06	A	13,09	A	6,93	A					21,07	2,24	A					Muestra 23003 ESPOCH

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E.*	N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	IDENTIFICACION
Unidad	ppm	ppm	meq/100g	%	%	ppm	meq/100g	ppm	ppm		

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA		
pH =	Suelo: Agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado
S,B =	Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado
		B = Curcumina

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	M = Medio
PN = Prac. Neutro	AI = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal	T = Tóxico (Boro)	

ABREVIATURAS	
C.E. =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Pasta Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
AIH =	Titulación NaOH



Entregado electrónicamente por:
JOSÉ ALONSO LUCERO MALATAY

LABORATORISTA

INTERPRETACION			
Al+H,Al y Na		C.E.	M.O y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto



Entregado electrónicamente por:
IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA

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.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 29/ 05/ 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR

Nombres – Apellidos: Wilson Patricio Ojeda Paredes

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

Facultad: Recursos Naturales

Carrera: Agronomía

Título a optar: Ingeniero Agrónomo

Ing. Carlos Francisco Carpio Coba MSc.

Director del Trabajo de Integración Curricular

Ing. Alfonso Leonel Suarez Tapia PhD.

Asesor del Trabajo de Integración Curricular