



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS
NATURALES Y DEL AMBIENTE
CARRERA DE AGRONOMÍA

TEMA:

“COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO EN SEIS VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare*), FORRAJERA Y MALTERA, CON DOS DENSIDADES DE SIEMBRA, APLICADO A LA INDUSTRIA CERVECERA, EN LA LOCALIDAD DE LAGUACOTO II, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR”

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía

AUTORA:

Carolina Jazmin Manzano Baño

DIRECTORA:

Dra. Araceli Beatriz Lucio Quintana. PhD.

Guaranda - Ecuador

2022

**"COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO EN SEIS VARIEDADES DE
CEBADA (*Hordeum vulgare*), FORRAJERA Y MALTERA, CON DOS
DENSIDADES DE SIEMBRA, APLICADO A LA INDUSTRIA
CERVECERA, EN LA LOCALIDAD DE LAGUACOTO II, CANTÓN
GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR"**

REVISADO Y APROBADO POR:



Dra. Araceli Beatriz Lucio Quintana PhD.
Directora



Ing. David Rodrigo Silva García Mg.
Biometrista



Ing. Sonia Del Carmen Fierro Borja Mg.
Redacción Técnica

CERTIFICACIÓN DE LA AUTORÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Yo Carolina Jazmín Manzano Baño, con cédula de identidad número 0202093761 declaro que el trabajo y los resultados reportados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultados y citados con su respectivo autor (es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



Carolina Jazmín Manzano Baño
Autora

CI:0202093761



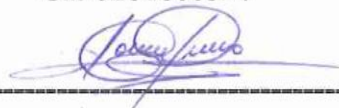
Dra. Araceli Beatriz Lucio Quintana PhD.
Directora

CI: 0201092152



Ing. David Rodrigo Silva García Mg.
Biometrista

CI: 0201600327



Ing. Sonia Del Carmen Fierro Borja Mg.
Redacción Técnica

CI: 0201084712



Notaria Tercera del Cantón Guaranda
Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez
Notario

....rio

N° ESCRITURA 20220201003P00742

DECLARACION JURAMENTADA

OTORGADA POR: MANZANO BAÑO CAROLINA JAZMIN

INDETERMINADA DI: 2 COPIAS H.R. Factura: 001-006 -0000001059

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día veintisiete de Abril del dos mil veintidós, ante mí Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparece la señorita MANZANO BAÑO CAROLINA JAZMIN, soltera, de ocupación estudiante, por sus propios derechos, con celular (0988007046), domiciliada en esta Ciudad de Guaranda del Cantón Guaranda Provincia Bolívar, obligarse a quien de conocerle doy fe en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación y con su autorización se ha procedido a verificar la información en el Sistema Nacional de Identificación Ciudadana; bien instruidos por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que procede libre y voluntariamente, advertidos de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presenta su declaración Bajo Juramento declaran lo siguientes "Previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, manifiesto que el criterio e ideas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado "COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO EN SEIS VARIETADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare*), FORRAJERA Y MALTERA, CON DOS DENSIDADES DE SIEMBRA, APLICADO A LA INDUSTRIA CERVECERA, EN LA LOCALIDAD DE LAGUATOCO II, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR " es de mi exclusiva responsabilidad en calidad de autora, previo a la obtención de título de Ingeniera Agrónoma, en la Universidad Estatal de Bolívar. Es todo cuanto puedo declarar en honor a la verdad, la misma que la hago para los fines legales pertinentes. HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA. La misma que elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que le fue a la compareciente por mí el Notario en unidad de acto, aquella se ratifica queda incorporada al protocolo de esta notaria y firma conmigo de todo lo cual doy Fe.

Carolina Jazmin Manzano

MANZANO BAÑO CAROLINA JAZMIN

C.C. 020209376 = 1



MSC. AB. HENRY ROJAS NARVAEZ

Notario Tercero del Cantón - Guaranda

Henry Rojas Narvaez

AB. HENRY ROJAS NARVAEZ

NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA



EL NOTA.....



Lista de fuentes Bloques

+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Documento	Presentado por	Recibido	Mensaje	Categoría	Enlace/nombre de archivo					
BORRADOR CORREGIDO Corolima ACTUAL.docx (0134115239)	2022-04-20 15:07 (-05:00)	camarzeno@mailtes.ueb.edu.ec	rmonar.ueb@analysis.urkund.com		Proyecto final CAROLINA.docx					
			Por favor Ing estudiante Mostrar el mensaje completo		Borrador Cristian y Miguel 27-03-2022 (1).pdf					
					Tesis A. Allan 16 Abril 2020.docx					
					PROYECTO FINAL DE CEBADA SUAREZ Y PAZMIÑO.pdf					
					MESIAS VALIEZ Diez Asesiones 26-03-2022.docx					
					Tesis Final Edición UCF en un momento anterior 10/31.docx					

5% de estas 59 páginas, se componen de texto presente en 10 fuentes.

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

CARRERA

DE AGRONOMIA

TEMA:

COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO EN SEIS VARIETADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare*).

FORRAJERA Y MALTERA, CON DOS DENSIDADES DE SIEMBRA, APLICADO

A LA INDUSTRIA CERVECERA, EN

LA LOCALIDAD DE

LAGUACOTO II, CANTÓN GUARANDA,

(Firma)
 DRA. ANCELUCIO QUINTANA PIRI
 DIRECTORA

(Firma)
 ING. SONIA FIERRO BORJA Mg.
 ÁREA REDACCIÓN TÉCNICA

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación dedico en primer lugar a Dios, por permitirme haber llegado a esta etapa de mi vida, quien supo guiarme, bendecirme y darme fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

Agradecerles con todo mi corazón a mi madre Betty Aracely Baño Peña y a mi abuelita María Peña, quienes han sido para mí un pilar fundamental en el que siempre me he podido apoyar, inculcándome valores de respeto y constancia para fortalecerme en los momentos duros de mi vida y regocijarme cuando los logros se me han presentado.

Carolina

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios por darme salud y vida, bendecirme, guiarme por el buen camino. que gracias a su eterno amor me ha dado la oportunidad de encontrarme en este lugar, de corazón agradezco a mi familia principalmente a mi madre y mi abuelita, que durante todo este tiempo me han apoyado integralmente.

Agradezco de manera especial a la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía, a todos los Docentes quienes supieron compartir su conocimiento, siendo la base fundamental para formarme como profesional.

Agradezco profundamente al Tribunal de mi Proyecto de Investigación Dra. Araceli Beatriz Lucio Quintana (Directora), Ing. David Rodrigo Silva García (Biometrista) e Ing. Sonia del Carmen Fierro Borja (Redacción Técnica), por el conocimiento compartido, apoyo y orientación durante la carrera y en la realización de esta investigación como modalidad de titulación.

Resalto el agradecimiento al Programa de Cereales del INIAP Santa Catalina, por facilitar la semilla de las variedades mejoradas y a la Cervecería Nacional por el apoyo en la implementación de este ensayo.

Un agradecimiento muy sincero al Ing. David Rodrigo Silva García, responsable del Programa de Semillas de la Universidad Estatal de Bolívar, por facilitar el proceso de investigación a nivel de campo, postcosecha y laboratorio.

Finalmente, a todos mis amigos, compañeros y docentes con quienes compartimos estos años de vida universitaria, mismos que con su apoyo y colaboración hicieron posible la culminación de esta noble profesión.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PROBLEMA	3
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Origen.....	4
2.2. Clasificación taxonómica	4
2.3. Descripción botánica	4
2.3.1. Planta.....	4
2.3.2. Raíz	4
2.3.3. Tallo	5
2.3.4. Hojas	5
2.3.5. Flores.....	5
2.3.6. Inflorescencia	5
2.3.7. Grano.....	6
2.4. Descripción vegetativa	6
2.4.1. Germinación.....	6
2.4.2. Crecimiento de la plántula	6
2.4.3. Macollamiento.....	6
2.4.4. Formación del grano	7
2.4.5. Semilla.....	7
2.5. Requerimientos edafoclimáticos	7
2.5.1. Clima.....	7
2.5.2. Pluviosidad.....	7
2.5.3. Temperatura	8
2.5.4. Altitud	8
2.5.5. Suelo.....	8
2.6. Prácticas y labores en el manejo del cultivo.....	8
2.6.1. Siembra	8
2.6.2. Fecha de siembra de la cebada	9
2.6.3. Cantidad de la semilla	9
2.6.4. Preparación del suelo	9

2.7.	Control de malezas	9
2.8.	Riego.....	9
2.9.	Cosecha.....	10
2.10.	Principales plagas y enfermedades.....	10
2.10.1.	Plagas.....	10
2.10.2.	Enfermedades	11
2.11.	Fertilización.....	15
2.11.1.	Nitrógeno.....	15
2.11.2.	Fósforo.....	15
2.11.3.	Potasio	16
2.12.	¿Qué es mejoramiento genético?.....	17
2.13.	¿Qué es una variedad?.....	17
2.14.	Características de la cebada maltera.....	17
2.15.	Calidad de la industria cervecera.....	18
2.16.	Variedades en estudio.....	19
2.17.	Densidades de siembra	22
CAPÍTULO III.....		23
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	23
3.1.	Materiales	23
3.1.1.	Localización del ensayo	23
3.1.2.	Situación geográfica y climática	23
3.1.3.	Zona de vida.....	23
3.2.	Material experimental.....	23
3.3.	Materiales de campo.....	24
3.4.	Materiales de oficina	24
3.5.	Métodos	25
3.5.1.	Factores en estudio:.....	25
3.5.2.	Tratamientos.....	26
3.5.3.	Tipo de diseño experimental:	27
3.5.4.	Tipo de análisis	27
3.6.	Métodos de evaluación y datos tomados	28
3.6.1.	Días a la emergencia en el campo (DEC)	28
3.6.2.	Número de plantas por metro cuadrado (NPMC)	28
3.6.3.	Número de macollos por planta (NMP)	28

3.6.4.	Hábito de crecimiento (HC).....	28
3.6.5.	Incidencia y severidad de enfermedades foliares (ISEF).....	29
3.6.6.	Días al espigamiento (DES).....	29
3.6.7.	Altura de la planta (AP).....	30
3.6.8.	Acame de tallo (AT).....	30
3.6.9.	Acame de la raíz (AR).....	30
3.6.10.	Longitud de la espiga (LE).....	30
3.6.11.	Número de granos por espiga (NGPE).....	30
3.6.12.	Número de hileras por espiga (NHE).....	30
3.6.13.	Desgrane de la espiga (DES).....	31
3.6.14.	Días a la cosecha (DC).....	31
3.6.15.	Peso en kilogramos por parcela (PKP).....	31
3.6.16.	Porcentaje de humedad del grano (HG).....	31
3.6.17.	Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH).....	31
3.6.18.	Porcentaje de grano quebrado (PGQ).....	32
3.6.19.	Peso hectolítrico (PH).....	32
3.6.20.	Color del grano (CG).....	32
3.6.21.	Tamaño del grano (TG).....	32
3.6.22.	Peso de mil granos (PMG).....	33
3.7.	Manejo del ensayo.....	33
3.7.1.	Labores preculturales.....	33
3.7.2.	Preparación del suelo.....	33
3.7.3.	Siembra.....	33
3.7.4.	Tape.....	34
3.7.5.	Labores Culturales.....	34
3.7.6.	Cosecha.....	35
3.7.7.	Trilla.....	35
3.7.8.	Secado.....	35
3.7.9.	Aventado.....	35
3.7.10.	Almacenado.....	35
CAPÍTULO IV.....		36
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1.	Variables agronómicas.....	36
4.1.1.	Factor A: Variedades de cebada.....	36

4.1.2.	Factor B: Densidades de siembra.....	48
4.1.3.	Interacción de factores: Variedades por densidades de siembra	53
4.2.	Variables morfológicas	58
4.3.	Coefficiente de Variación (CV)	59
4.4.	Análisis de correlación y regresión lineal.....	60
4.4.1.	Correlación (r).....	60
4.4.2.	Regresión (b).....	61
4.4.3.	Coefficiente de determinación (R^2).....	61
4.5.	Análisis económico	62
4.6.	Comprobación de la hipótesis	66
4.7.	Conclusiones y recomendaciones.....	67
4.7.1.	Conclusiones	67
4.7.2.	Recomendaciones.....	69
	BIBLIOGRAFÍA.....	68

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Pág.
N° 1. Resultados de la prueba de Tukey al 5% de las variables agronómicas del Factor A (variedades de cebada): Días a la Emergencia (DEC), Número de Plantas por Metro Cuadrado (NPMC), Número de Macollos por Planta (NMP), Días al Espigamiento (DES), Días a la Cosecha (DC), Pulgones (P), Roya Amarilla (RA), Carbones (C), Acame de Raíz (AR), Acame de Tallo (AT), Altura de Planta (AP), Longitud de Espiga (LE), Número de Granos Por Espiga (NGPE), Tamaño del Grano (TM), Porcentaje Grano Quebrado (PGQ), Peso Hectolítrico (PH), Peso de Mil Granos (PMG) y Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad (RH).	36
N° 2. Resultados de la prueba de Tendencias Polinomiales (Respuesta Lineal) de las variables agronómicas del Factor cuantitativo B (Densidades de siembra): Días a la Emergencia (DEC), Número de Plantas por Metro Cuadrado (NPMC), Número de Macollos por Planta (NMP), Días al Espigamiento (DES), Días a la Cosecha (DC), Pulgones (P), Roya Amarilla (RA), Carbones (C), Acame de Raíz (AR), Acame de Tallo (AT), Altura de Planta (AP), Longitud de Espiga (LE), Número de Granos Por Espiga (NGPE), Tamaño del Grano (TM), Porcentaje Grano Quebrado (PGQ), Peso Hectolítrico (PH), Peso de Mil Granos (PMG) y Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad (RH).	46
N° 3. Resultados de la prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores Variedades por Densidades de Siembra (A*B) de las variables agronómicas que presentaron significancia estadística o dependencia de factores: Número de Plantas por Metro Cuadrado (NPMC), Acame de Raíz (AR), Acame de Tallo (AT) y Días al Espigamiento (DES).	52
N° 4. Resultados de la prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores Variedades por Densidades de Siembra (A*B) en la variable rendimiento de cebada en kg/ha al 13% de humedad (RH).	56
N° 5. Resumen de las principales variables morfológicas de seis variedades de cebada (Factor A).	57

N° 6. Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (componentes agronómicos) que presentaron significancia estadística diferente con el rendimiento de cebada evaluado en kg/ha al 13% de humedad.	59
N° 7. Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP).	60
N° 8. Análisis de dominancia.	61
N° 9. Cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR%).	61
N° 10. Estimación de la Tasa Mínima de Retorno (TAMIR).	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.	Pág.
N°1. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades en la variable Número de Plantas/m ² (NPMC).	38
N° 2. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades de cebada (Factor A) en las variables Días al Espigamiento (DES) y Días a la Cosecha (DC).	39
N° 3. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades de cebada (Factor A) en las variables Acame de Raíz (AR) y Acame de Tallo (AT).	40
N° 4. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades de cebada en la variable Altura de Planta (AP).	42
N° 5. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades de cebada (Factor A) en las variables Longitud de la Espiga (LE) y Número de Granos por Espiga (NGPE).	43
N° 6. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades de cebada (Factor A) en las variables Tamaño del Grano (TG) y Porcentaje de Grano Quebrado (PGQ).	44
N° 7. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades de cebada (Factor A) en las variables Peso Hectolítrico (PH) y Peso de Mil Granos (PMG).	46
N° 8. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades de cebada (Factor A) en la variable Rendimiento de cebada en kg/ha al 13% de humedad (RH).	47
N° 9. Resultados promedios de Tendencia Polinomial para comparar las densidades de siembra (Factor B) en la variable Rendimiento de cebada en kg/ha al 13% de humedad (RH).	49
N° 10. Resultados promedios de Tendencia Polinomial para comparar las densidades de siembra (Factor B) en la variable Número de Plantas Por Metro Cuadrado (NPMC).	50

N° 11. Resultados promedios de Tendencia Polinomial para comparar las densidades de siembra (Factor B) en las variables Acame de Raíz (AR) y Acame de Tallo (AT).	51
N° 12. Resultados promedios de Tendencia Polinomial para comparar las densidades de siembra (Factor B) en la variable Peso de Mil Granos (PMG).	52
N° 13. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar la variable Número de Plantas por Metro Cuadrado (NPMC) en la interacción de factores: Variedades por Densidades de Siembra.	53
N° 14. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar la variable Acame de Raíz (AR) en la interacción de factores: Variedades por Densidades de Siembra (A*B).	54
N° 15. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar la variable Acame de Tallo (AT) en la interacción de factores: Variedades por Densidades de Siembra (A*B).	55
N° 16. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar la variable Días al espigamiento (DES) en la interacción de factores: Variedades por Densidades de Siembra.	55
N° 17. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar la variable Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad (RH) en la interacción de factores: Variedades por Densidades de Siembra.	57

ÍNDICE DE ANEXOS

N° 1: Mapa físico de la ubicación geográfica del ensayo

N° 2: Base de datos

N° 3: Resultados del análisis de varianza (ADEVA)

N° 4. Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación del ensayo

N° 5. Glosario de términos técnicos

RESUMEN Y SUMMARY

Resumen

El cultivo de cebada a nivel mundial está entre los cinco alimentos más importantes junto al maíz, trigo, arroz y papa. La Cadena de Valor de la Cebada (CVC), está orientada principalmente a la producción de forraje y grano para la gran industria cervecera. En la Zona Andina y en la Sierra de Ecuador, la cebada forma parte importante de los sistemas de producción de los pequeños productores para contribuir a la seguridad alimentaria con varios subproductos como la elaboración de harina (máchica), arroz de cebada y forraje para la alimentación de bovinos y especies menores. En la provincia Bolívar hay un gran potencial para el cultivo de cebada particularmente en la zona alta en rotación después de la papa y en la zona media con leguminosas. Principales limitaciones del cultivo de cebada en Ecuador están la baja eficiencia de los sistemas de cultivo por el uso de variedades susceptibles al complejo de enfermedades foliares, semilla de deficiente calidad y deterioro de los recursos naturales como el suelo y el cambio climático. Esta investigación, se realizó en la Granja Experimental Laguacoto de la Universidad Estatal de Bolívar a una altitud de 2640 msnm y en un suelo franco arcilloso. Los objetivos planteados fueron: i) Validar las principales características agronómicas de seis variedades de cebada forrajera y maltera, ii) Medir el efecto de dos densidades de siembra sobre el rendimiento de cebada y iii) Realizar el Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP) y Tasa Marginal de Retorno (TMR%). Para la implementación del ensayo se aplicó el modelo matemático de Diseño de bloques Completos al Azar (DBCA) en arreglo factorial con tres repeticiones. El Factor “A” correspondió a seis variedades de cebada (Palmira, Alpha, Andreia, Guaranga, Cañicapa y Metcalfe) y el Factor B a dos densidades de siembra (100 y 135 kg/ha). Se evaluaron las principales variables agronómicas en campo, postcosecha y en laboratorio. Se efectuaron los correspondientes análisis estadísticos de varianza, prueba de Tukey al 5% para las variedades de cebada e interacción de factores, tendencia lineal y efecto principal para las densidades de siembra, análisis de correlación, regresión lineal, AEPP y TMR. Se determinaron diferencias estadísticas muy diferentes para la mayoría de variables agronómicas especialmente como efecto principal de las variedades. Los rendimientos promedios más altos se determinaron en las variedades INIAP Palmira y Alpha con 6358 y 5640 kg/ha respectivamente. Las densidades de siembra, no incidieron significativamente en los resultados, sin embargo con la densidad de siembra de 135 kg/ha, se incrementó el rendimiento en un 8.6%. En la interacción de factores las mejores opciones tecnológicas fueron los tratamientos T2: A1B2 (INIAP Palmira con 135 kg/ha) y T1: A1B1 (INIAP Palmira con 100 kg/ha) con 6419 y 6296 kg/ha al 13% de humedad. Sin embargo, económicamente fueron los tratamientos T3: A2B1 (Variedad Alpha con 100 kg/ha) y el T1: A1B1 (INIAP Palmira con 100 kg/ha) con valores de la TMR muy similares de 498% y 497%. El efecto más importante fue el varietal especialmente por el mejor comportamiento agronómico en cuanto a ciclo de cultivo más precoz, tolerancia a las principales enfermedades foliares y mejor calidad del grano. Finalmente, esta investigación permitió seleccionar variedades con potencial agronómico y de calidad resilientes al cambio climático para la zona agroecológica de Laguacoto para contribuir a la diversificación de cultivos y a la seguridad alimentaria.

Summary

Barley cultivation worldwide is among the five most important foods along with corn, wheat, rice and potatoes. The Barley Value Chain (CVC) is mainly oriented to the production of grain for the large brewing and forage industry. In the Andean Zone and in the highlands of Ecuador, barley is an important part of the production systems of small producers to contribute to food security with various sub products such as the production of flour (Máchica), rice of barley and fodder for feeding cattle and minor species. In the province of Bolívar there is great potential for barley cultivation, particularly in the high zone in rotation after the potato and in the middle zone with legumes. The main limitations of barley cultivation in Ecuador are the low efficiency of cultivation systems due to the use of varieties susceptible to the complex of foliar diseases, seed of poor quality and deterioration of natural resources such as soil and climate change. This research was carried out at the Laguacoto Experimental Farm of the State University of Bolívar at an altitude of 2640 m.s.n.m. and in a clay loam soil. The objectives were: i) Validate the main agronomic characteristics of six varieties of fodder and malt barley, ii) Measure the effect of two planting densities on barley yield and iii) Perform the Economic Analysis of Partial Budget (EAPB) and Marginal Rate of Return (MRT%). For the implementation of the trial, the mathematical model of Design of Random Complete Blocs (DRCB) was applied in a factorial arrangement and with three repetitions. Factor "A" corresponded to six varieties of barley (Palmira, Alpha, Andreia, Guaranga, Cañicapa and Metcalfe) and Factor "B" to two planting densities (100 and 135 kg/ha). The main agronomic variables were evaluated in the field, postharvest and in the laboratory. The corresponding statistical analysis of variance, 5% Tukey test for barley varieties and interaction of factors, linear trend and main effect for planting densities, correlation analysis, linear regression, EAPB and MRT were carried out. Very different statistical differences were determined for most agronomic variables, especially as the main effect of the varieties. The highest average yields were determined in the INIAP Palmira and Alpha accessions with 6358 and 5640 kg/ha respectively. The sowing densities did not significantly affect the results, however with the sowing density of 135 kg / ha, the yield was increased by 8.6%. In the interaction of variety factors by planting densities statistically the best technological options were the treatments T2: A1B2 (INIAP Palmira with 135 kg / ha) and T1: A1B1 (INIAP Palmira with 100 kg / ha) with 6419 and 6296 kg / ha at 13% humidity. However, economically and taking into account only the costs that varied in each treatment were T3: A2B1 (Alpha Variety with 100 kg / ha) and T1: A1B1 (INIAP Palmira with 100 kg / ha) with very similar MRT values of 498% and 497%. The most important effect was the varietal especially for the better agronomic behavior in terms of earlier crop cycle, tolerance to the main foliar diseases and better grain quality. Finally, this research allowed to select varieties with agronomic potential, grain quality and resilient to climate change for the agroecological zone of Laguacoto and contribute to crop diversification and food security.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare L.*) es el quinto cereal de mayor producción a nivel mundial con el 50% del área y 63% del volumen de producción concentrados en Europa, donde se producen noventa millones de t/año, con una productividad promedio de 4,00 t/ha. A pesar de que hay una tendencia leve en la reducción de la demanda mundial de este cereal, ya sea por limitaciones agronómicas y económicas que controlan el mercado o por el repunte en la demanda de arroz (*Oryza sativa L.*) y el maíz (*Zea mays L.*), se mantiene como un insumo importante en la Cadena de Valor de la Cebada (CVC) para los segmentos de la industria alimentaria, y especialmente cervecera. (Instituto Nacional de Estadística y Censos. INEC. 2010)

A pesar de la importancia de la cebada para la economía agrícola, en Ecuador se producen tan sólo 24 000 t/año, con una productividad promedio de entre 0.60 a 1.5 t/ha, y con costos de producción directos superiores a USD 700/ha. Es por ello que el país importa hasta 40 000 t/año, por un valor superior a US \$ 10 millones, para suplir la demanda de la industria cervecera. (INEC. 2010)

El 40% de la producción ecuatoriana se usa para producir cerveza, mientras que los excedentes se comercializan en mercados locales y sirven para generar subproductos para la alimentación animal y humana. (Garófalo et, al. 2010)

En Ecuador, este producto representa uno de los cultivos más importantes de la sierra ecuatoriana. Su cosecha sirve en su mayoría para el autoconsumo en comunidades campesinas, así como también para preparar otros derivados, como sopas, coladas, harina (máchica) y obtener malta para bebidas alcohólicas. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. 2017)

Según el INIAP - Bolívar en el 2007, en la provincia Bolívar se cultivaron 3500 ha de cebada, teniendo un rendimiento promedio de 1,7 ton/ha. Este grano se cultiva principalmente en los cantones de Guaranda, Chimbo y San Miguel. Dentro de las variedades predominantes que se cultivan están INIAP - Shiry 2000, INIAP-Pacha e INIAP - Cañicapa, destinados principalmente para el autoconsumo. (Heiser. 2010)

La cebada ha sido, a través de los años, el ingrediente clave para obtener cerveza de buena calidad. Este producto natural, que desde su cultivo debe ser tratado con altos estándares, representa para muchos expertos cerveceros el alma de esta bebida milenaria. A pesar de que su uso es conocido mayormente para la elaboración de malta, el cereal también es usado en la preparación de alimentos. Sin duda, es un ingrediente versátil que debido a su naturalidad ha hecho que su producción se incremente significativamente en los últimos años en la sierra Centro y en el Austro. (Coronel, J. y Jiménez, C. 2016)

La industria cervecera exige que una variedad de cebada presente una serie de características en el grano, sin embargo, una de las más importantes resulta ser el contenido de proteína, mismo que debe estar entre el 10 al 12%. Valores superiores o inferiores a este rango significan que el grano ya no es adecuado para producir cerveza de calidad. El contenido de proteína en el grano, es una característica varietal, y además depende del manejo agronómico en cuanto a las densidades de siembra, dosis de nitrógeno y la interacción con el ambiente. (Monar, C. 2019)

Al comparar el rendimiento de seis variedades de cebada con dos densidades de siembra, permitió determinar qué alternativas tecnológicas resultan mejor para la Cadena de Valor de la Cebada en especial para los segmentos de productores, la industria alimenticia y cervecera.

En esta investigación, se plantearon los siguientes objetivos:

- Validar las principales características agronómicas de seis variedades de cebada forrajera y maltera.
- Medir el efecto de dos densidades de siembra sobre el rendimiento de cebada forrajera y maltera.
- Realizar el Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP) y Tasa Marginal de Retorno (TMR%).

1.2. PROBLEMA

Las zonas agroecológicas dedicadas al cultivo de cebada en la provincia Bolívar presentan un decrecimiento debido al desconocimiento de los productores sobre nuevas alternativas tecnológicas dentro de las Buenas Prácticas Agrícolas del cultivo de cebada y los deficientes sistemas de comercialización con precios impuestos por los intermediarios que no cubren ni los costos de producción. Además, las variedades utilizadas por los productores, no tienen la calidad que demanda la gran industria cervecera.

En los últimos años, debido al cambio climático, erosión genética (pérdida de variedades), se ha incrementado la incidencia y severidad de las enfermedades foliares causadas por el complejo de royas entre las que resaltan la roya de la hoja (*Puccinia hordei*), roya amarilla (*Puccinia glumarum*), roya del tallo (*Puccinia graminis f. sp tritici*), manchas foliares (*Helminthosporium spp*, y *Rhynchosporium secalis*), carbonos (*Tilletia caries*, *T. foetida*, *T. controversa* y *Ustilago tritici*) y el Virus del Enanismo Amarillo de la Cebada (*BYDV*), lo que demandaría una alta dependencia externa de plaguicidas, siendo de vital importancia generar y validar germoplasma de cebada con características morfoagronómicas y varietales resilientes al cambio climático y calidad que demandan los diferentes segmentos de la Cadena de Valor de la Cebada. (Coronel, J. y Jiménez, C. 2016)

Las variedades actuales, han sido generadas para zonas agroecológicas específicas, sin embargo, la demanda de la agroindustria demanda validar estos nuevos materiales y compararlos con las nuevas variedades generadas por el INIAP y los cultivares introducidos por la Cervecería Nacional, bajo dos densidades de siembra en la localidad de Laguacoto II de la provincia Bolívar. Se espera que, de este estudio, se generen resultados promisorios para diversificar los sistemas de producción locales y especialmente se mejoren los sistemas de comercialización directos de los productores con la Cervecería Nacional; es decir en función de la demanda.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen

Pertenece a la familia de las gramíneas y es sembrada casi en todo el mundo. Fue uno de los más antiguos cereales cultivados en Medio Oriente y en Europa; por lo tanto, se cree que fue el ingrediente principal de los primeros panes realizados por el hombre. Es un cereal que se adapta muy bien a diversos terrenos por lo que se extendió su uso de forma rápida por todo el mundo. (Lavariega, K. 2018)

2.2. Clasificación taxonómica

La cebada es una planta monocotiledona anual y corresponde a la siguiente clasificación:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: Hordeum

Especie: vulgare

Nombre científico: *Hordeum vulgare L.*

2.3. Descripción botánica

2.3.1. Planta

La cebada es un cereal de los conocidos como cereal de invierno, se cosecha en primavera. En la cebada hay cultivares de dos carreras o tremesina y la cebada de 6 carreras o castellana. (Jimenez, J. 2007)

2.3.2. Raíz

El sistema radicular está compuesto por raíces fibrosas, primarias o seminales y las secundarias o adventicias. Las seminales están preformadas en el embrión y son

reemplazadas en el estado de plántula, las raíces adventicias, las que se desarrollan de los nudos inferiores del tallo. (Garófalo, J. 2012)

2.3.3. Tallo

El tallo es cañoso, erguido y ascendente, con nudos y entrenudos, siendo los entrenudos basales cortos y gradualmente más largos hacia el ápice, pueden alcanzar una altura hasta de un metro. (Pérez, J. 2010)

2.3.4. Hojas

Las hojas de la cebada son lineales con un ancho de 5-15 mm, ubicándose alternadamente en el tallo. La hoja presenta en su estructura: envoltura, lámina, aurículas y lígula. La vaina rodea completamente el tallo. La lígula y aurículas distinguen la cebada de otros cereales y son muy útiles para la identificación ya que son lisas, envuelven al tallo y pueden ser pigmentados con antocianinas. (Rasmusson, D. 2010)

La última hoja denominada hoja bandera se caracteriza por tener el limbo más corto y vainas más largas y ofrece protección a la espiga tierna antes de su emergencia. (Newman, R. 2008)

2.3.5. Flores

Las flores tienen tres estambres y un pistilo de dos estigmas. Es autógama. Las flores se abren después de haberse realizado la fecundación, importante para la conservación de los caracteres de una variedad determinada. (Infoagro. 2012)

2.3.6. Inflorescencia

Corresponden a espigas, las cuales se caracterizan por ser compactas y generalmente barbadas. Las espiguillas están compuestas por 2 a 6 flores, reunidas en número de tres en diente del eje, de forma articulada. (Quino, R. 2016)

2.3.7. Grano

El grano se encuentra vestido por la palea (cubre grano) y lemma (envuelve el grano). El tamaño depende de las condiciones ambientales. La longitud máxima es de 9,5 mm y la mínima es 6,0 mm; ancho 2,5 y 3,0 mm. (AGRO INVERSIONES, 2010)

2.4. Descripción vegetativa

2.4.1. Germinación

La emergencia dura entre 5 a 10 días según la temperatura y humedad del suelo. Después de la germinación, el coleóptilo (una vaina de la hoja que encierra la planta embrionaria) llega a la superficie y la primera hoja emerge. Las hojas surgen continuamente en el tallo principal hasta que surja la hoja final (hoja bandera). La aparición de la hoja bandera es una capa de crecimiento importante para temporizar la aplicación de determinados reguladores de crecimiento. Las hojas maduras envejecen progresivamente y poco a poco las de toda la planta se secan hasta su plena madurez. (García, F. 2008)

2.4.2. Crecimiento de la plántula

Una vez crecida la planta, el coleóptilo deja de crecer y aparecen las primeras hojas. (García, F. 2008)

2.4.3. Macollamiento

Los macollos o tallos secundarios aparecen de las yemas axilares del primer tallo. El número de macollos por planta es influenciado por la densidad y la genética del cultivar, así también como los factores ambientales. (Rasmusson, D. 2015)

Por lo general una planta desarrolla entre 2-9 macollos dependiendo la densidad de siembra, disponibilidad de agua y nutrientes. El macollamiento tiene especial relevancia, ya que el número de vigor de estas determinara en un porcentaje significativo el número de espigas verdaderas que sobrevivan por metro cuadrado,

siendo un componente de rendimiento. Los macollos empiezan a emerger a los 15 a 25 días después de la siembra. (Arellano, V. 2018)

2.4.4. Formación del grano

Después de la polinización, el crecimiento del grano dentro de la flor es muy rápido en longitud, terminando al séptimo día cuando empieza a aumentar la materia seca del grano. En las cebadas cerveceras al noveno día las glumas se adhieren al grano y estos se vuelven amarillentos. A las dos semanas comienza el estadio de grano pastoso, es coincidente con el máximo contenido de agua del grano y el fin del aumento de la materia seca. La palea empieza a amarillar a partir del centro de su parte dorsal. El llenado del grano depende del suministro de carbohidratos y citoquininas. Al final de esta expansión las células acumulan carbohidratos, proteínas y el llenado del grano en la cebada se completa en 30 días de las antesis. (Arellano, V. 2018)

2.4.5. Semilla

Debemos utilizar semilla de calidad, para asegurar un buen porcentaje de germinación de plantas de cebada. Una característica de la semilla de calidad es su pureza física, genética y fisiológica. (Coronel, J. 2011)

2.5. Requerimientos edafoclimáticos

2.5.1. Clima

La cebada tiene pocas exigencias en cuanto al clima; crece mejor en los climas frescos y moderadamente secos, requiere menos unidades de calor para alcanzar la madurez fisiológica, por ello alcanza altas latitudes y altitudes; tolera muy bien las bajas temperaturas, ya que puede llegar a soportar hasta -10 °C. (Álvarez, B. 2019)

2.5.2. Pluviosidad

La cebada requiere una cantidad de precipitación necesaria para germinar, crecer, florear y llenar los granos adecuadamente. La fuente principal del agua es la lluvia y alternativamente los ríos, riachuelos, y otras fuentes a través de aplicación del

riego. El requerimiento de precipitación de la cebada es de 240 a 600 mm como mínimas y la precipitación óptima es de 600 a 1000 mm, aunque depende de la variedad e interacción genotipo ambiente. (Programa de Adaptación al Cambio Climático. PACC. 2014)

En Laguacoto la cebada se desarrolla en buenas condiciones con una precipitación de 500 mm y bien distribuida durante el ciclo de cultivo. (Monar, C. 2017)

2.5.3. Temperatura

Los requerimientos en temperatura en la cebada para la etapa de emergencia son de 20° C, crecimiento 20° C, floración de 16 a 17° C y llenado de 20° C. (Iglesias, R. y Taha, E. 2017)

2.5.4. Altitud

La cebada crece en altitudes de 2400 a 3300 msnm (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. INIAP. 2015)

2.5.5. Suelo

Prefiere suelos con una textura franco arenosa, profundos, con buen drenaje y con un pH de 6,5 y 7,5. (INIAP. 2016)

2.6. Prácticas y labores en el manejo del cultivo

2.6.1. Siembra

Normalmente se lo realiza al inicio de la época de lluvias, de manera que la cosecha coincida con la época seca. Una adecuada humedad del suelo garantizará una buena germinación de la semilla. El método manual al voleo es la forma más común de siembra en la Sierra Ecuatoriana. La siembra no debe ser ni muy profunda ni muy superficial. Lo ideal es que la semilla se encuentre entre 2,0 a 5,0 cm de profundidad. (Falconí et, al. 2018)

2.6.2. Fecha de siembra de la cebada

La fecha de la siembra va desde febrero, a inicios de marzo, pero el período se puede extender hasta julio dependiendo la variedad. (Perrochón, J. 2013)

2.6.3. Cantidad de la semilla

La cantidad de semilla varía de acuerdo al método de siembra. Si la siembra es al voleo (manual) la cantidad de semilla es de 135 kg/ha. La profundidad de siembra no debe ser mayor a los 5 centímetros para evitar el ahogamiento y muerte de plántulas. (Coronel, J. y Jiménez, C. 2016)

2.6.4. Preparación del suelo

Este proceso se lo realiza con un pase de arado y dos pasadas de rastra cuando se emplean tractor, con al menos dos meses de anticipación, con el propósito de que la biomasa se descomponga y se incorpore al suelo. (Falconí et, al. 2018)

2.7. Control de malezas

Para el control de malezas existen dos opciones: el control manual (deshierba o desnabe) y el químico.

En el control manual se eliminan las malezas grandes, pero debe tener cuidado de no maltratar el cultivo. Esta labor debe realizarse después del macollamiento (45 a 60 días después de la siembra), una vez que la plantas se encuentran bien ancladas en el suelo.

El control químico involucra la aplicación de herbicidas específicos para controlar malezas de hoja ancha. El INIAP recomienda Metsulfurón Metil (Ally) en dosis de 1 g/20 l de agua, obteniendo buenos resultados al ser aplicado al inicio del macollamiento (30 a 40 días después de la siembra). (INIAP, 2010)

2.8. Riego

El riego debe hacerse en la época del encañado, pues una vez espigada se producen daños, a la par que favorece la propagación de la roya. (Infoagro. 2016)

2.9. Cosecha

Se debe realizar cuando la planta haya alcanzado su madurez completa. En la Sierra Ecuatoriana la forma más común es de cosechar manualmente y se realiza utilizando una hoz, para cortar los tallos con las espigas y formar gavillas, mismas que son agrupadas para formar parvas, con el fin de conservar la cebada en el campo, para luego proceder a la trilla. Para realizar esta labor se debe tener muy en cuenta las épocas secas, para que el grano no absorba humedad y pueda mantenerse en buenas condiciones cuando sea almacenado. (Falconí et, al. 2018)

En la cebada maltera, la cosecha debe realizarse cuando el grano este maduro y lleno completamente con un porcentaje de humedad entre 13 y 14% de humedad para evitar el calentamiento del grano. Se debe cosechar entre los 20 y 25 días después de la madurez ya que si se deja secar sobre el terreno después de los 25 días y si se cosecha con una alta velocidad en la trilladora provocan que los granos se quiebren. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. 2008)

2.10. Principales plagas y enfermedades

2.10.1. Plagas

- **Gusano alambre**

Los adultos aparecen a partir de mayo hasta julio. Colocan huevos en grupos de 5-6 hasta unos 200 huevos. Las larvas nacen después de unos 15 días de incubación y se alimentan de material vegetal. La fase larvaria en el suelo puede llegar a 4 años pasando por ocho mudas. Los síntomas son que las larvas son polífagas afectando a numerosos cultivos herbáceos. Las partes dañadas son las raíces y los órganos subterráneos, así pueden producir daños directos al destruir plantas cultivadas como en el caso de cereales. La fase crítica va desde la siembra hasta el ahijamiento. (Lejealle, F. 2013)

- **Nemátodos**

Los nemátodos infectan las semillas de los cereales, permanecen en los campos infectados, se transmiten a la planta posteriormente puede llegar a invadir la espiga en formación. Realiza la puesta en los primordios de los órganos florales, donde se convierten en “agallas” (mal formaciones de tejidos corticales). (Phytoma. 2012)

2.10.2. Enfermedades

- **Roya amarilla (*Puccinia striiformis f. sp*)**

Es una enfermedad de gran importancia preferentemente en la región andina de América del Sur, habiendo alcanzado daños de hasta un 70%. En ataques tempranos e intensos producen menor número de granos/espiga. Sus síntomas son pústulas pequeñas de color amarillo dispuestas en estrías en las hojas. Las plantas afectadas producen granos chuzos o chupados. Cuando el ataque es muy intenso puede producir la rotura de la lámina foliar. Hacia el final del ciclo aparecen las pústulas negras. La infección puede comenzar desde estadios vegetativos. Requiere primaveras húmedas y frías, menor temperatura que la roya de la hoja. La temperatura óptima es de 10 a 22°C, con 6 horas de mojado. La principal fuente de inóculo son las plantas guachas. La diseminación es por el viento y el patrón de distribución en el lote es generalizado y uniforme. Debe evitarse el uso de cultivares susceptibles, la excesiva fertilización nitrogenada y la alta densidad de plantas. (Xia, C. 2018)

- **Roya de la hoja de la cebada (*Puccinia hordei*)**

Es una enfermedad foliar del cultivo de cebada, es muy agresiva en muchas áreas productoras del mundo. Sólo en raras ocasiones llega a ser una enfermedad devastadora; en promedio se reportan pérdidas de 20 a 30% en el rendimiento final. Los síntomas visibles son pústulas redondas color amarillo - naranja en las hojas y vainas de la planta, que corresponde a los cuerpos fructíferos donde se reproducen las esporas denominadas urediosporas. Infecciones severas provocan prematuro de las hojas con secciones de color verde alrededor de las pústulas; los síntomas son más obvios en hojas senescentes. (Jayasena, K. y Loughman, R. 2013)

La temperatura óptima para el desarrollo de la enfermedad es de 15 a 20°C. Se requiere de la presencia de agua libre sobre la superficie del follaje durante más de seis horas para que ocurra la infección. El patógeno sobrevive en plantas hospedantes de las que proviene el inóculo primario; mientras que el inóculo secundario se genera durante el ciclo del cultivo de la cebada, el período de incidencia dura entre 7 a 10 días. (Fonseca, G. 2013)

- **Roya del tallo (*Puccinia graminis*)**

En el cultivo de cebada, la infección suele aparecer en el período reproductivo, con un rango de temperatura óptimo entre 15 a 25° C y presencia de agua sobre las hojas durante 6 a 8 horas. Si las condiciones son favorables, se multiplica en ciclos asexuales sucesivos, pudiendo completar cada uno de ellos en 10 a 14 días, lo que puede implicar una gran rapidez en la dispersión. El inóculo puede diseminarse por el viento a grandes distancias y por la maquinaria. Presenta manchas cloróticas en tallo y vaina foliar, que evolucionan a pústulas ovales de aspecto herrumbroso con color rojo oscuro o café intenso. Puede extenderse a ambas caras de la hoja y a las espigas. Las pústulas confluyen si la infección es intensa. Al romperse liberan las uredosporas de color rojizo o castaño. Mas tarde, aparecen otras pústulas similares, pero de color negro, que contienen teliosporas. La invasión del tallo y la disminución de la fotosíntesis influye en el crecimiento y la llegada de nutrientes al grano. Afectando a su número, tamaño y calidad, pudiendo secar la espiga precozmente. (Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. ITACyl. 2018)

- **Carbón desnudo (*Ustilago sp*)**

Infecta a sus plantas hospedadoras sistemáticamente. Se transmiten en forma de micelio latente en el interior del grano. Las hifas crecen intercelularmente por debajo del punto de crecimiento y penetran en las hojas y los primordios de la espiga, así como en las raíces. Algunas semanas antes de salir las espigas, las esporas empiezan a formarse, por lo general sustituyendo completamente el tejido de los ovarios. Cuando se seca, las esporas son dispersadas por el viento a las flores de las plantas próximas y germinan produciendo hifas infecciosas que penetran a través de la pared de los ovarios jóvenes y se restablecen como un micelio latente

en el embrión de que las semillas maduren. Se trata de una enfermedad de transmisión por semilla contemplada en el reglamento de multiplicación y certificación de semilla. No tiene curación en campo por lo que cualquier acción debe ser previa a la siembra. (Zuñiga, J. 2015)

- **Carbón vestido (*Ustilago hordei*)**

Los síntomas del ataque, se ven en las espigas, que se llenan de una masa de esporas pulverulentas, amorfa, negra que puede quedar envuelta por las glumas (carbones vestidos) o destruir la espiga en su totalidad, quedando tan solo el raquis, que queda negro, vacío y erguido sobre el cultivo. (Samaniego, L. 2016)

- **Helminthosporiosis (*Helminthosporium gramineus*)**

Se trata de una enfermedad que se presentan en las hojas manchas alargadas, que se transforman más adelante en estrías de color pardo violáceo, pudiendo quedar la hoja, al romperse de estas estrías, como deshilachadas. A veces si el ataque es fuerte, puede detener el crecimiento de la planta o impedir el espigado total de ella, quedando las espigas envueltas en las vainas de las hojas o espigando, pero quedando raquílicas. Las espigas atacadas, por tener granos atrofiados, no pesan, por lo que quedan más derechas que las normales y con las barbas más separadas de lo normal. La infección temprana puede disminuir en más de un 20% el rendimiento. El control es desinfectar las semillas con compuestos a base de Carboxín. También se recomienda la rotación de cultivos. (Infoagro. 2018)

- **Virus del Enanismo Amarillo de la Cebada (BYDV)**

Los síntomas se manifiestan en las hojas, pues estas se tornan amarillentas, engrosadas y rígidas. Se produce un retraso en la formación de las espigas (que se mantienen erguidas y se decoloran). La infección temprana puede disminuir en más de un 20% el rendimiento. Este virus es transmitido por un gran número de especies de pulgones. Las temperaturas próximas a 20°C favorecen el desarrollo de la enfermedad. Control aplicar tratamiento contra pulgones y emplear variedades resistentes. (Navarra, A. 2010)

- **Rincosporiosis (*Rhynchosporium secalis*)**

Produce lesiones características sobre las hojas y las vainas: manchas ovales o rómbicas al principio acuosas y que progresivamente se secan hasta que adquieren un tamaño de 0.5 a 2 cm y un color gris-blanquecino con un borde normalmente aserrado de color amarillento o gris oscuro a pardo. Este hongo también afecta a los órganos florales. Puede causar daños de hasta el 35 a 40% de pérdida de rendimiento. Reduce el peso del grano, el número de tallos y el número de granos/espiga. Las pérdidas de rendimiento y de la 2^{da} hoja. Este hongo sobrevive en la paja de cebada, semilla infectada y gramíneas huéspedes. Esta enfermedad está asociada con períodos de humedad de 12 horas o más y de al menos el 90%, y temperaturas no inferiores a 10°C. (Infoagro. 2018)

- **Oídio (*Blumeria graminis*)**

La máxima producción de conidias ocurre a 20°C y 100% de humedad relativa. Los síntomas de la enfermedad se manifiestan con manchas blancas a gris pálido en hojas, vainas y gluma. Seguidamente las manchas se hacen más grandes y oscuras, los tejidos se tornan pardos y mueren. Los ataques tempranos y severos pueden reducir el desarrollo radicular, el número de tallos con espiga y el tamaño de grano. (Falconí et, al. 2018)

- **Ramularia (*Ramularia collo-cygni*)**

Producen lesiones necróticas, a menudo con halo clorótico. Los efectos de la enfermedad son principalmente la senescencia prematura, la pérdida efectiva de la zona verde en el cereal y la pérdida de rendimiento, tanto en cantidad como en calidad de grano. Sus efectos a menudo no son visibles hasta el momento de la floración.

Para el control químico es eficiente la acción combinada de Triazoles y Clorotalonil. Mezcla de Triazoles o Estrobilurinas en la aparición de las primeras espigas, siendo el momento más adecuado. (Agroseguro, 2014)

2.11. Fertilización

Es importante realizar un análisis de suelo. El cultivo requiere 60 kg de Nitrógeno, 60 kg de Fósforo, 30 kg de Potasio y 20 kg de Azufre. Bajo este requerimiento, el productor puede aplicar cuatro sacos de 10-30-10 a la siembra y luego, al macollamiento (30 a 45 días después de la siembra), un saco de urea de 50 kg/ha aplicado al voleo con humedad en el suelo. (Falconí et, al. 2018)

2.11.1. Nitrógeno

Es el componente fundamental de todas las moléculas orgánicas involucradas en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal: Aminoácidos, ácidos nucleicos, clorofila, citocromos, coenzimas, hormonas y otros compuestos nitrogenados. Por lo tanto, participa activamente en los principales procesos metabólicos: fotosíntesis, respiración y la síntesis de proteica. Las plantas requieren de grandes cantidades de nitrógeno para crecer normalmente. (Instituto de la Potasa y el Fósforo, EC. INPOFOS. 2015)

El nitrógeno causa en las plantas los siguientes efectos:

- Acentúa el color verde del follaje
- Confiere succulencia a los tejidos
- Favorece el desarrollo exuberante del follaje
- Puede aumentar la susceptibilidad a plagas y enfermedades
- Aumenta el contenido de proteína
- El exceso de N propicia el volcamiento o acame
- Alarga el ciclo vegetativo de los cultivos
- Retrasa la maduración de frutos. (Bertsch, J. 2012)

2.11.2. Fósforo

El fósforo es absorbido sobre todo al comienzo de la vegetación, estando su absorción ligada también a la del nitrógeno. Tiene una influencia decisiva sobre el rendimiento en grano de la cebada e incrementa su resistencia al frío invernal. La aplicación de fósforo en la línea de siembra, a dosis bajas, puede ser muy efectiva

cuando existe poco fósforo disponible en el suelo, obteniéndose rendimientos equivalentes a dosis aplicadas al voleo dos o tres veces superiores. El fósforo no se lava, pero sí se retrograda en un buen porcentaje, pasando a formas no asimilables, siendo especialmente importante, pues la cebada suele sembrarse en terrenos calizos. (Padilla, W. 2012)

Efectos que causa el fósforo en las plantas:

- Fomenta y acelera el desarrollo de raíces
- Aumenta el número de renuevos (macollos)
- Aumenta la fructificación
- Acelera la maduración de frutos
- Participa en la formación de semillas
- Evita el acame o volcamiento
- Aumenta la cantidad de carbohidratos, aceites, grasas y proteínas.
- Aumenta la resistencia a enfermedades
- Participa en la fijación simbiótica del N. (Bertsch, J. 2012)

2.11.3. Potasio

Participa en casi todos los procesos, respiración, fotosíntesis, aparición de la clorofila. Confiere una participación muy activa en la regulación osmótica e hídrica de la planta en el mantenimiento de la electroneutralidad celular y en la permeabilidad de las membranas. Actúa como activador de enzimas de la síntesis proteica, del metabolismo de carbohidratos y en el transporte de azúcares vía floema. (Bertsch, J. 2012)

Efectos del K en las plantas:

- Incrementa la eficiencia en la elaboración y movilización de azúcares y almidones
- Estimula el llenado de granos
- Mejora la calidad de los productos
- Mantiene la turgencia de la planta
- Evita efectos severos de la sequía y de las heladas

- Aumenta la resistencia a enfermedades y plagas
- Reduce el volcamiento o acame
- Ayuda a la fijación simbiótica del N. (Bertsch, J. 2012)

El potasio permanece en estado iónico en la planta y es muy móvil dentro de las plantas. Es fácilmente absorbido por la planta debido a la baja permeabilidad de las membranas celulares. La forma de absorción del potasio es K^+ .

2.12. ¿Qué es mejoramiento genético?

El mejoramiento genético en cebada tiene como propósito la obtención de germoplasma con características de mejor rendimiento, mayor calidad comercial y mayor resistencia a factores bióticos y abióticos adversos del cultivo. En otras palabras, el mejoramiento genético tiene la finalidad de producir progenitores aprovechables por el hombre como alimento, como materias primas para la industria y como forraje para los animales, etc. (Ticoma, G. 2014)

2.13. ¿Qué es una variedad?

Una variedad representa a un grupo de plantas definido con mayor precisión, seleccionada dentro de una especie, que presentan una serie de características comunes y estables a través del tiempo. (Copyright. 2011)

2.14. Características de la cebada maltera

Es muy importante considerar dos aspectos claves en la calidad de la cebada: el maltero y el cervecero. Una variedad de cebada de alta calidad maltera debe poseer una serie de características físicas y químicas.

Físicas

- Un grano grueso y redondeado de tamaño uniforme
- Color amarillo claro
- Cascarilla fina y rizada
- Libre de infecciones de microorganismos

Químicas

- Bajo o nulo período de letargo
- Buena absorción de agua
- Capaz de germinar uniformemente y en un tiempo mínimo, produciendo la mayor cantidad de malta posible por unidad de peso de cebada. El grano de malta así producido debe estar máxima y uniformemente desagregado. (Agromonegros. 2012)

2.15. Calidad de la industria cervecera

De todos es sabido que la cerveza, al igual que otros productos, es un alimento perecedero, es decir, que, a partir de su envase, en botella o barril, su calidad físico-química y organoléptica (puede ser percibida por los sentidos, su sabor, textura, olor, color, etc.) empieza a disminuir. Existen una serie de factores que influyen notablemente en la calidad de la cerveza y que por ello debe conocerse. Son los siguientes:

- **Temperatura**

La cerveza es alérgica al calor. Cuanto menor es la temperatura de conservación mejor llegará la cerveza al consumidor.

- **Tiempo**

Otro aspecto fundamental para la buena calidad del producto es conseguir una buena rotación del mismo, de forma que siempre se distribuya y consuma, la cerveza más antigua primero.

- **Turbidez**

Puede ser de origen microbiano coloidal, a causa de una mala pasteurización.

- **Restauración**

Se debe en especial a un exceso de CO₂, además por una re-fermentación por microorganismos.

- **Desaturación**

Originada por falta de CO₂, fuga por espadín, tapón, etc., en los barriles de cerveza almacenados.

El control de calidad de la cerveza se basa en la filtración sobre membrana y cultivo en placa, que se está viendo desplazado por técnicas basadas en PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa, técnica de biología molecular). Para el control de calidad, el inconveniente principal es que los microorganismos, que no se ven inhibidos por los factores descritos anteriormente, van a disponer de un cierto tiempo para poder proliferar. (De la Cruz, G. 2014)

2.16. Variedades en estudio

En el proceso de fitomejoramiento se diferencian a los recursos fitogenéticos In Situ y Ex Situ para protección y conservación, de aquellos recursos que colecciona, mantiene y utiliza el hombre para su subsistencia desarrollando variedades cultivadas obtenidas por cualquier método de selección artificial. En mejoramiento, las colecciones de trabajo son utilizadas como una fuente de variabilidad y adaptación. En ese proceso de obtención de cultivares, indefectiblemente, se utiliza sólo una parte de la variabilidad genética del inicio, que se restringe en cada ciclo selectivo. La diversidad genética se conserva y protege en otro ámbito y con otras disciplinas. La variabilidad genética se reutiliza y elimina selectivamente para obtener nuevos cultivares en los procesos de selección artificial. El hombre, al obtener variedades primitivas o nuevos cultivares modernos, siempre perdió variabilidad genética con respecto a la población que le dio origen, como consecuencia del mismo proceso selectivo. (Journal of Basic and Applied Genetics Vol XXVIII. BAG. 2017)

Las principales características de las variedades en estudio, son las siguientes:

- **INIAP Palmira**

INIAP - Palmira 2014 es una variedad de cebada de dos hileras que proviene del cruzamiento entre las líneas RHODES//TB-B/CHZO/3/GLORI-BAR/COPAL/4/ESC.II.72.83.3E.7E.5E.1E/5/ALELI, cuyo historial de selección es CMB89A.915-A-1M-1Y-1B-0Y-0AP-OE. La línea fue desarrollada en México por el Programa de Cebada de ICARDA, CIMMYT y fue introducida al Ecuador por el Programa de Cereales del INIAP en el 2003; año en que fue evaluada bajo condiciones de sequía en Seucer, Provincia de Loja. Desde el 2005, INIAP- Palmira 2014 ha sido evaluada en la Estación Experimental Santa Catalina, y a partir del 2007 hasta el 2010, con fondos CEREPS, fue evaluada empleando metodologías participativas en varias localidades de la Provincia de Chimborazo. (INIAP. 2014)

- **Andreia**

Elegida por la industria local y la exportación por la malta que produce, la variedad Andreia abarcó el 80% del área sembrada. Andreia ya presenta problemas sanitarios y es superada por otras variedades. (Cattáneo et, al. 2021)

- **INIAP Guaranga 2010**

Se trata de una variedad de cebada destinada para las provincias de Imbabura, Pichincha, Chimborazo, Bolívar y Cañar entre los 2400 y 2600 msnm, sus características que la diferencian son: grano de color amarillo, días de la cosecha es de 155-170 con un 12,6% de proteína, 6,89% de fibra, con un rendimiento harinero del 65-70%, es decir con un rendimiento de 3,25 t/ha. Resistente a la roya amarilla (*Puccinia secalis*), enanismo de los cereales (**BVYD**) y al estrés hídrico. (INIAP. 2010)

- **INIAP Cañicapa**

INIAP - Cañicapa 2003 es una variedad de cebada de dos hileras que proviene de la cruza INIAP-SHYRI 89/3/GAL/PI6384//ESC-II-72-607-1E-1E-1E-5E, de acuerdo al historial de selección E97-9053-3E-0EC-1E-0E-0E-0E-0E. Cruza hecha por el Programa de Cereales de la E. E. Santa Catalina en el año 1997, en el cual se

realizó la siembra y multiplicación de la F₁ en invernadero. La generación F₂ se sembró en campo y se seleccionó la planta 3 del surco 2. La generación F₃ se sembró en Chuquipata (1998) donde se cosecharon espigas en masa. La F₄ se sembró en Santa Catalina, y se seleccionó la planta 1. La F₅ Se sembró como espiga- surco y se cosechó en masa. La generación F₆ fue evaluada en parcelas chicas en la E. E. Santa Catalina, se la cosechó en masa; y en el 2001, paso como F₇ a la E.E. Chuquipata donde se evaluó integrando Ensayos Exploratorios y de Adaptación, ubicados en campos de agricultores de varias localidades que intervienen en el proyecto INIAP-PREDUZA, en Cañar y Loja.

Esta variedad puede ser cultivada en zonas del austro que tienen una altura de 2400 a 3200 msnm y una pluviosidad de 500 a 700 mm durante el ciclo de cultivo. Su mayor atributo es el alto contenido de proteína, así como también buen rendimiento de proteína; razón por la cual, esta variedad contribuirá a mejorar la dieta de los campesinos(as) de las zonas altas de la sierra ecuatoriana. (INIAP. 2003)

- **Metcalfé**

Características agronómicas de la variedad cervecera Metcalfé

Características	Descripción
Número de hileras	2
Días a la floración (dds)	100
Altura de planta (cm)	80
Número de macollos	6
Vigor	Bueno
Peso hectolítrico (kg/ha)	64
Rendimiento promedio (t/ha)	4
Reacción a enfermedades <ul style="list-style-type: none"> • Roya amarilla (<i>Puccinia triformist. Sp. Hordei</i>) • Roya de la hoja (<i>Puccinia hordei</i>) • Escaldadura (<i>Rynchosporium secalis</i>) 	Resistencia parcial

Fuente: (INIAP. 2009)

2.17. Densidades de siembra

Si la cantidad de semilla empleada es baja (100 kg/ha), habrá menos plantas por unidad de superficie y por tanto una menor producción y un menor aprovechamiento del terreno. (Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias. CCEA. 2021)

Si la cantidad de semilla empleada es alta (165 kg/ha), habrá más plantas por unidad de superficie, pero no aumentará la cosecha debido a la mayor competencia entre plantas, lo que dará lugar a que haya menos granos por espiga y a que estos tengan un menor peso. (CCEA. 2021)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Materiales

3.1.1. Localización del ensayo

Esta investigación, se realizó en:

Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Gabriel Ignacio Veintimilla
Sitio	Granja Laguacoto II

3.1.2. Situación geográfica y climática

Altitud:	2.622 msnm
Latitud:	01°36'52''S
Longitud:	78°59'54''S
Temperatura máxima:	21°C
Temperatura mínima:	7°C
Temperatura media:	14.8°C
Precipitación media anual:	750 mm
Heliofanía: horas/luz/año:	920h/1/año
Humedad relativa:	75%

Fuente: Estación Meteorológica Laguacoto II. UEB. 2020 y registro In Situ. 2021.

3.1.3. Zona de vida

La localidad en estudio de acuerdo a la zona de vida de Holdridge corresponde a la formación bosque beco Montano Bajo (bs-MB). (Holdrige, 1979)

3.2. Material experimental

Correspondió a seis accesiones de semilla de cebada forrajera y maltera, procedentes del Programa de Cereales del INIAP Santa Catalina, Cervecería Nacional y del Programa de Semillas de la Universidad Estatal de Bolívar (UEB),

mismas que fueron implementadas en 36 unidades experimentales en la Granja Laguacoto II.

3.3. Materiales de campo

- Tractor e implementos agrícolas (arado y rastra)
- Cinta métrica
- Piola
- Estacas
- Cal
- Cámara
- Rastrillos
- Baldes
- Fertilizantes: 18-46-00; Sulpomag y Urea
- Herbicidas: Glifosato y Metsulfurón Metil
- Insecticida: Clorpirifos
- Fungicida: Propiconazole (Tilt)
- Bomba de mochila
- Libro de campo
- Flexómetro
- Letreros
- Fundas de plástico, papel y sacos
- Cuadrantes de 0.25 y 1 m².
- Hoces
- Etiquetas
- Transporte

3.4. Materiales de oficina

- Computadora e impresora
- Internet
- Calculadora
- Hojas de papel bond
- Cd's

- Flash memory
- Balanzas de reloj, precisión y de peso hectolítrico
- Determinador portátil de humedad
- Manuales técnicos del CIMMYT e INIAP.
- Programas estadísticos: Statistixs 9.0 y Excel 2020.

3.5. Métodos

3.5.1. Factores en estudio:

FA: Corresponidió a las variedades de cebada con seis tipos:

A1: INIAP Palmira (T1-2020)

A2: Alpha

A3: Andreia

A4: INIAP Guaranga (T4-2020)

A5: INIAP Cañicapa

A6: Metcalfe (T45-2020)

FB: Fueron las densidades de siembra con dos niveles:

B1: 100 kg/ha

B2: 135 kg/ha

3.5.2. Tratamientos

Se consideró un tratamiento a la combinación de factores accesiones de cebada por densidades de siembra (A*B) (6*2), según el siguiente detalle:

Tratamiento No.	Combinación	Descripción
T1	A1B1	Palmira + 100 kg/ha
T2	A1B2	Palmira + 135 kg/ha
T3	A2B1	Alpha + 100 kg/ha
T4	A2B2	Alpha + 135 kg/ha
T5	A3B1	Andreia + 100 kg/ha
T6	A3B2	Andreia + 135 kg/ha
T7	A4B1	Guaranga + 100 kg/ha
T8	A4B2	Guaranga + 135 kg/ha
T9	A5B1	Cañicapa + 100 kg/ha
T10	A5B2	Cañicapa + 135 kg/ha
T11	A6B1	Metcalfé + 100 kg/ha
T12	A6B2	Metcalfé + 135 kg/ha

3.5.3. Tipo de diseño experimental:

Para la implementación y análisis de varianza de las diferentes variables cuantitativas discretas y continuas, se aplicó el Diseño de Bloques Completos Al Azar (DBCA) en Arreglo Factorial (accesiones de cebada por densidad de siembra) con tres repeticiones.

Procedimiento:

Número de localidades:	1
Número de tratamientos (A*B)	12
Número de repeticiones:	3
Número de unidades experimentales:	36
Ancho de la parcela:	2 m
Largo de la parcela:	5 m
Área total de la parcela:	2 m x 5 m = 10 m ²
Área neta de la parcela:	2 m x 5 m = 10 m ²
Separación entre parcelas:	0,50 m
Separación entre bloques	1.0 m
Área total del ensayo con los caminos:	17 m x 30 m = 510 m ²

3.5.4. Tipo de análisis

- Análisis de varianza (ADEVA), según el siguiente detalle:

Fuentes de variación	Grados de libertad	CME*
Bloques (r-1)	2	$f^2 e + 12 f^2$ Bloques
Accesiones (a-1)	5	$f^2 e + 6 \Theta^2 A$
Densidades (b-1)	1	$f^2 e + 18 \Theta^2 B$
A*B (a-1) (b-1)	5	$f^2 e + 3 \Theta^2 AB$
E. Experimental (r-1) (ab-1)	22	$f^2 e$
Total (ab x r)-1	35	

*Cuadrados Medios Esperados. Modelo fijo. Tratamientos seleccionados por el investigador.

- Prueba de Tukey al 5% cuando el Fisher sea significativo (Fisher Protegido) para el FA: Accesiones de cebada e interacciones (A*B).
- Prueba de tendencias polinomiales (Tendencia Lineal) y Efecto Principal (EP) para el FB densidades de siembra.
- Análisis de correlación y regresión lineal.

- Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP) y cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR).

3.6. Métodos de evaluación y datos tomados

Las variables cualitativas y cuantitativas correspondientes a la fase de campo, postcosecha y laboratorio fueron evaluadas en función de los descriptores morfoagronómicos priorizados del Programa de Semillas de la UEB y la Cervecería Nacional, para su posterior tabulación, análisis y sistematización.

3.6.1. Días a la emergencia en el campo (DEC)

Esta variable, se registró de acuerdo a los días transcurridos desde la siembra y hasta cuando las plántulas emergieron en cada parcela experimental.

3.6.2. Número de plantas por metro cuadrado (NPMC)

Esta variable agronómica, fue registrada a través de un conteo directo antes de que las plantas estén en el período de macollamiento, mismo que va desde los 10 a 15 días después de la siembra (dds), para lo cual se tomaron dos muestras al azar dentro de cada unidad experimental, con la ayuda de un cuadrante de 1 m².

3.6.3. Número de macollos por planta (NMP)

Una vez finalizado el período de macollamiento aproximadamente entre los 30 y 40 dds, en cada parcela neta se registró el número de macollos por planta en una muestra al azar de 10 plantas, y se calculó un valor promedio.

3.6.4. Hábito de crecimiento (HC)

Este descriptor cualitativo se registró mediante observación directa de las plantas de cada parcela en la etapa de embuchamiento y se determinó de acuerdo a la siguiente escala:

- 1: Erecto
- 2: Semi erecto
- 3: Rastrero
- 4: Semi rastrero (INIAP. 2019)

3.6.5. Incidencia y severidad de enfermedades foliares (ISEF)

Se procedió a realizar las evaluaciones de las principales enfermedades como la roya amarilla (*Puccinia glumarum*), roya de la hoja (*Puccinia hordei*), roya del tallo (*Puccinia graminis*) y virus (*BYD*), en la fase de espigamiento y floración. Las evaluaciones para las royas se realizaron en cada parcela neta de acuerdo a la severidad (% de infección en las plantas) y así mismo la respuesta en campo (tipo de reacción a la enfermedad), con la ayuda de la escala propuesta por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT, 1986 según el siguiente contexto:

Reacción	Síntomas y signos
1 R	Resistente: no hay infección, áreas necróticas con o sin pústulas pequeñas.
2 - 3 MR	Moderadamente resistente: pústulas pequeñas rodeadas por áreas necróticas.
4 - 5 M	Intermedia: pústulas de tamaño variable, algo de necrosis y/o clorosis.
6 - 7 MS	Moderadamente sensible: pústulas de tamaño mediano, sin necrosis, pero es posible que exista algo de clorosis.
8 - 9 S	Sensible: pústulas grandes, sin necrosis ni clorosis.

Para la escaldadura (*Rhynchosporium secalis*) se evaluó en la fase de elongación del tallo y los carbones (*Ustilago nuda*), en la fase de estado masoso duro. aplicando la escala propuesta por el CIMMYT, 1986 que va de 1 a 9; donde: 1 a 3: Resistente; 4 a 6: Resistencia Media y de 7 a 9: Susceptible.

3.6.6. Días al espigamiento (DES)

Esta variable agronómica se registró en días transcurridos desde la siembra y hasta cuando más del 50% de las plantas de la parcela neta presentaron la espiga completamente visible.

3.6.7. Altura de la planta (AP)

Cuando el cultivo estuvo en madurez fisiológica, se evaluó en 10 plantas seleccionadas al azar de cada parcela neta y con la ayuda de un flexómetro se midió la altura total de la planta en cm desde la raíz coronaria del tallo hasta la última espiguilla de la espiga.

3.6.8. Acame de tallo (AT)

En la etapa de madurez fisiológica, se tomaron dos muestras al azar de la parcela neta con un cuadrante de 0.25 m², en donde se registraron el número total de plantas y las plantas acamadas (tallos rotos bajo la espiga) y se expresó en porcentaje.

3.6.9. Acame de la raíz (AR)

En madurez fisiológica, se tomaron dos muestras al azar de cada parcela neta con un cuadrante de 0.25 m², en donde se registraron el número total de plantas y las plantas inclinadas aproximadamente entre 30 y 45°, y se expresó en porcentaje.

3.6.10. Longitud de la espiga (LE)

En la cosecha, se midió la longitud de espigas en cm, en una muestra al azar de 10 espigas por parcela. Las espigas se midieron con un flexómetro en cm desde la base del raquis, hasta la espiguilla terminal de la espiga.

3.6.11. Número de granos por espiga (NGPE)

En la fase de maduración comercial, se contaron el número de granos en 10 espigas tomadas al azar de cada parcela neta y se calculó un promedio de granos por espiga.

3.6.12. Número de hileras por espiga (NHE)

En la etapa de madurez fisiológica, se evaluó por observación directa en toda la parcela neta el número de hileras por espiga en base a la siguiente escala:

- 2 hileras (Dística)
- 6 hileras (Exástica).

3.6.13. Desgrane de la espiga (DES)

En la etapa de la maduración comercial, se evaluó el desgrane de la espiga en toda la parcela mediante la siguiente escala:

- 1: Resistente (Espiga completa sin desgrane de granos)
- 2: Mediana resistencia (Un tercio de granos desgranados en la espiga)
- 3: Susceptible (Espigas con más del 50% de granos desgranados). (INIAP. 2019)

3.6.14. Días a la cosecha (DC)

Este componente agronómico del rendimiento, se registró en días transcurridos desde la siembra a la cosecha, es decir cuando el grano tuvo aproximadamente un 14 a 15% de humedad.

3.6.15. Peso en kilogramos por parcela (PKP)

Cuando el cultivo estuvo en madurez comercial, se cosechó manualmente la cebada con una hoz de cada parcela y una vez trillado y aventado se pesó en una balanza de reloj en kg/parcela.

3.6.16. Porcentaje de humedad del grano (HG)

Este componente del rendimiento se registró con la ayuda de un determinador portátil de humedad, en porcentaje después de la trilla y aventado en una muestra de cada unidad experimental.

3.6.17. Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH)

El RH, se estimó mediante la siguiente fórmula matemática:

$$R = PCP \times \frac{10000 \text{ m}^2 / \text{ha}}{\text{ANC m}^2 / 1} \times \frac{100 - HC}{100 - HE}; \text{ donde:}$$

R: Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad

PCP: Peso de Campo por Parcela en kg

ANC: Área Neta Cosechada en m²

HC: Humedad de Cosecha (%)

HE: Humedad Estándar 13%.

3.6.18. Porcentaje de grano quebrado (PGQ)

Después de la trilla y el grano seco al 13% de humedad y limpio, se tomaron cuatro muestras de 100 gramos de cada tratamiento y se contaron el número de granos quebrados, mismos que fueron pesados en una balanza de precisión y se expresó en porcentaje en relación a la muestra inicial de 100 gramos.

3.6.19. Peso hectolítrico (PH)

Para determinar este componente agronómico, se utilizó una balanza de peso hectolítrico del Programa de Semillas de la UEB, y para lo cual se tomó una muestra de 1 kg de cada parcela experimental y se expresó en kilogramos/hectolitro.

3.6.20. Color del grano (CG)

Este descriptor cualitativo se registró por observación directa una vez que el grano fue trillado, limpio y con el 13% de humedad mediante la siguiente escala:

- 1: Blanco
- 2: Crema (Amarillo claro)
- 3: Café
- 4: Otros.

3.6.21. Tamaño del grano (TG)

Esta variable se evaluó en una muestra de 20 granos tomados al azar de cada parcela y con un Calibrador de Vernier en sentido longitudinal se midieron los granos en mm y se clasificaron de acuerdo a la escala del (IPGRI. 2010):

- 1: Pequeño (≤ 5 mm)
- 2: Intermedio (6 a 9 mm)
- 3: Largo (≥ 10 mm).

3.6.22. Peso de mil granos (PMG)

Este componente agronómico del rendimiento, se evaluó después de la cosecha, para lo cual se procedió a tomar una muestra al azar de 1000 granos de cada tratamiento y se pesó en una balanza de precisión, y se expresó en gramos.

3.7. Manejo del ensayo

El ensayo fue manejado de acuerdo al protocolo del Programa de Semillas de la UEB y Cervecería Nacional, según el siguiente detalle:

3.7.1. Labores preculturales

Treinta días antes de la preparación del suelo, se aplicó con una bomba de mochila el herbicida Glifosato en dosis de 2.5 l/ha especialmente para el control de gramíneas (kikuyo, hierba negra y caminadora).

3.7.2. Preparación del suelo

Esta actividad se realizó con la ayuda de un tractor. Para lo cual se efectuó un pase de arado de discos 20 días antes de la siembra. Posteriormente se realizaron dos pases de rastra de discos previo a la siembra para que el suelo esté bien mullido. (Falconí et, al. 2018)

3.7.3. Siembra

Previo a la siembra, y una vez que el suelo estuvo nivelado, se aplicó la fertilización química recomendada por el Programa de Semillas de la UEB, misma que consistió en la mezcla de dos sacos de 18-46-00 y un saco de Sulpomag/ha. El fertilizante se aplicó al voleo.

Posteriormente, se realizó la siembra de acuerdo a las dos densidades de siembra establecidas de 100 y 135 kg/ha. La siembra se efectuó al voleo y de acuerdo al trazado y sorteo de los tratamientos para cada bloque o repetición.

3.7.4. Tape

El tape, se realizó en forma manual y uniforme con rastrillos a una profundidad aproximada de 10 cm.

3.7.5. Labores Culturales

- **Control químico de malezas**

El control químico de las malezas se realizó con el herbicida selectivo Metsulfurón Metil (Ally o Matancha) en dosis de 1 g/20 l de agua, el cual se aplicó directamente sobre el follaje con una bomba de mochila y boquilla de abanico de 2 m de luz, a los 20 días después de la siembra.

Posteriormente en la fase de embuchamiento, se realizó un control manual complementario de malezas especialmente de gramíneas.

- **Fertilización complementaria**

Se aplicó el nitrógeno y como fuente la Urea en una dosis de 150 kg/ha al voleo, fraccionada en dos aplicaciones a los 30 y 60 dds.

- **Control de plagas**

El control de pulgones, se realizó a los 40 dds con el insecticida Clorpirifos en dosis de 30 cc/20 l de agua y únicamente por una vez.

- **Control de enfermedades**

El control fitosanitario para royas del follaje, se efectuó en forma preventiva a los 60 dds con el fungicida Propiconazole (Tilt) en dosis de 25 cc/20 l de agua por una sola vez.

- **Codificación de unidades experimentales**

Para facilitar el registro y toma de datos, se identificaron con letreros cada unidad experimental con su correspondiente tratamiento y repetición.

3.7.6. Cosecha

La cosecha se efectuó de manera diferenciada una vez que los cultivares estuvieron en madurez comercial, para lo cual se hicieron evaluaciones cada semana. La cosecha se realizó en forma manual con hoces y en sacos debidamente etiquetados, se colocaron las correspondientes espigas de cada parcela.

3.7.7. Trilla

La trilla, se hizo en forma manual por separado las 36 unidades experimentales. Cada muestra se trilló con una vara en sacos debidamente etiquetados para no causar mezclas de tratamientos ni pérdida de grano.

3.7.8. Secado

Se efectuó en forma manual en un tendal, hasta cuando el grano tuvo un contenido del 13% de humedad.

3.7.9. Aventado

Para hacer el aventado, se empleó la fuerza del viento, o en su defecto aire impulsado por una bomba de motor, con la finalidad de separar el grano de ciertas impurezas como son los restos vegetales.

3.7.10. Almacenado

El germoplasma de cebada previamente etiquetado, secado y limpio, se almacenó en unos envases adecuados en la Planta de Semillas de la UEB, con el fin de evitar la presencia de gorgojos y roedores.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables agronómicas.

Cuadro 1. Resultados de la prueba de Tukey al 5% de las variables agronómicas del Factor A (variedades de cebada): Días a la Emergencia (DEC), Número de Plantas por Metro Cuadrado (NPMC), Número de Macollos por Planta (NMP), Días al Espigamiento (DES), Días a la Cosecha (DC), Pulgones (P), Roya Amarilla (RA), Carbones (C), Acame de Raíz (AR), Acame de Tallo (AT), Altura de Planta (AP), Longitud de Espiga (LE), Número de Granos Por Espiga (NGPE), Tamaño del Grano (TG), Porcentaje Grano Quebrado (PGQ), Peso Hectolítrico (PH), Peso de Mil Granos (PMG) y el Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad (RH).

Variables	Factor A: Variedades de cebada						Media General	CV (%)
	A1	A2	A3	A4	A5	A6		
DEC (ns)	11 A	12 A	12 A	12 A	12 A	12 A	12 días	8.35
NPMC (**)	172AB	191 A	167 BC	175AB	147 C	180AB	172 platas	6.64
NMP (ns)	4 A	3 A	4 A	3 A	3 A	4 A	3 macollos	16.61
DES (**)	83 B	81 C	90 A	80 C	91 A	92 A	86 días	1.38
DC (**)	115 D	119 C	132 A	122 B	132 A	132 A	125 días	0.58
P (ns)	5.0 A	19.2A	17.5 ^a	18.3A	23.3A	25.8	18.1%	61.81
RA (ns)	10.0 A	17.0 A	15.5 A	10.8 A	15.8 A	19.2 A	14.7%	49.6
C (**)	0.0 B	0.0 B	4.2 A	0.8 B	0.0 B	0.8 B	0.97%	152.8
AR (**)	0.0 C	0.0 C	0.0 C	40.0 B	78.3 A	0.0 C	19.72%	39.88
AT (**)	0.0 B	0.0 B	0.0 B	5.8 A	7.2 A	0.0 B	2.17%	55.23
AP (**)	109.2 ^a	100.1B	78.7 C	107.6AB	107.2AB	84.3C	97.84 cm	4.76
LE (**)	6.1 C	7.1AB	7.0AB	7.7 A	7.4 AB	6.7 BC	7.01 cm	5.99
NGPE (**)	20 D	51 A	24 BC	24 BC	20 D	25 B	27 granos	8.39
TG (**)	9.6 A	9.3 AB	8.2 D	9.1 BC	8.6 CD	8.3 D	8.86 mm	2.88
PGQ (**)	0.0 C	0.0 C	3.4 B	0.0 C	6.8 A	1.6 BC	1.96%	52.34
PH (**)	62.4 B	57.7 C	66.0 A	61.7 B	61.8 B	63.5 AB	62 puntos	2.22
PMG (**)	58.9 A	45.4 C	45.3 C	48.3 BC	48.9 B	35.8 D	47.11 g	3.96
RH (**)	6358 ^a	5640A	3902BC	4356 B	2773 D	2889 CD	4320kg/ha	13.24

Ns: No significativo. ** Altamente significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%. CV: Coeficiente de Variación (%).

4.1.1. Factor A: Variedades de cebada

La respuesta agronómica de las variedades de cebada en relación a las variables Días a la emergencia, Número de macollos por planta, Incidencia de pulgones y la Incidencia de roya amarilla, estadísticamente fueron similares (ns) (Cuadro 1). Esto quiere decir que estos componentes agronómicos no fueron afectados significativamente por el efecto de las variedades y el medio ambiente.

Para la variable **Días a la Emergencia** se registró una media general de 12 días, con un coeficiente de variación de 8.35% (Cuadro 1). Los días a la emergencia de plantas están ligados a la calidad de semilla, profundidad de siembra, condiciones de humedad durante el período de germinación y emergencia de las plántulas.

Para el componente **Número de Macollos por planta**, se determinó una media general de tres macollos por planta, con un valor del CV de 16.61% (Cuadro 1). El número de macollos por planta, es un atributo variedad y además depende de la densidad de siembra y de interacción genotipo ambiente. Estos resultados son similares a los reportados por INIAP. 2003; INIAP et al. 2010 e INIAP. 2014 con las variedades INIAP Cañicapa, INIAP Guaranga e INIAP Palmira.

Para la **Incidencia de Pulgones**, se presentó una media general de 18.1% y un CV de 61.81% (Cuadro 1). La incidencia de pulgones fue relativamente baja y el valor alto del CV es normal, porque esta variable, no depende del investigador, más bien está relacionada con la temperatura y los períodos de estrés de sequía.

Para la enfermedad **Roya Amarilla**, se evaluó una incidencia general de 19.72% con un CV de 49.6% (Cuadro 1). Los cultivares evaluados presentaron un nivel de tolerancia y resistencia a la roya amarilla y el CV es relativamente alto, porque esta variable no depende del investigador sino del cultivar y la interacción genotipo ambiente.

Sin embargo, para las variables Número de plantas por metro cuadrado, Días al espigamiento, Días a la cosecha, Incidencia de carbones, Acame de raíz, Acame de tallo, Altura de planta, Longitud de la espiga, Número de granos por espiga, Tamaño del grano, Porcentaje de grano quebrado, Peso hectolítrico, Peso de mil granos y el Rendimiento de cebada en kg/ha al 13% de humedad, fueron muy diferentes (**) (Cuadro 1). Este comportamiento agronómico muy diferente de las variedades en esta zona agroecológica, infiere que son atributos varietales y dependieron además de la interacción genotipo ambiente.

Para el componente del rendimiento **Número de plantas por metro cuadrado**, se calculó una media general de 172 plantas, con un CV de 6.64%. Con la prueba de Tukey al 5% el promedio más alto, se determinó en A2: Alpha con 191 plantas por metro cuadrado, seguido de A6: Metcalfe con 180 plantas. El promedio inferior se registró en A5: INIAP Cañicapa con apenas 147 plantas (Cuadro 1 y Figura 1). Estos resultados son inferiores a los reportados por varios autores como INIAP. 2003; INIAP. 2010; Monar, C. 2012 y Chicaiza, K. 2013 especialmente con las variedades INIAP Cañicapa, INIAP Guaranga y Metcalfe, quienes reportan rangos entre 250 y 350 plantas por metro cuadrado. Los principales factores que inciden en el número de plantas por metro cuadrado están los climáticos como la temperatura y humedad. Profundidad de siembra, tipo de siembra manual o mecanizada y el peso de 1000 granos.

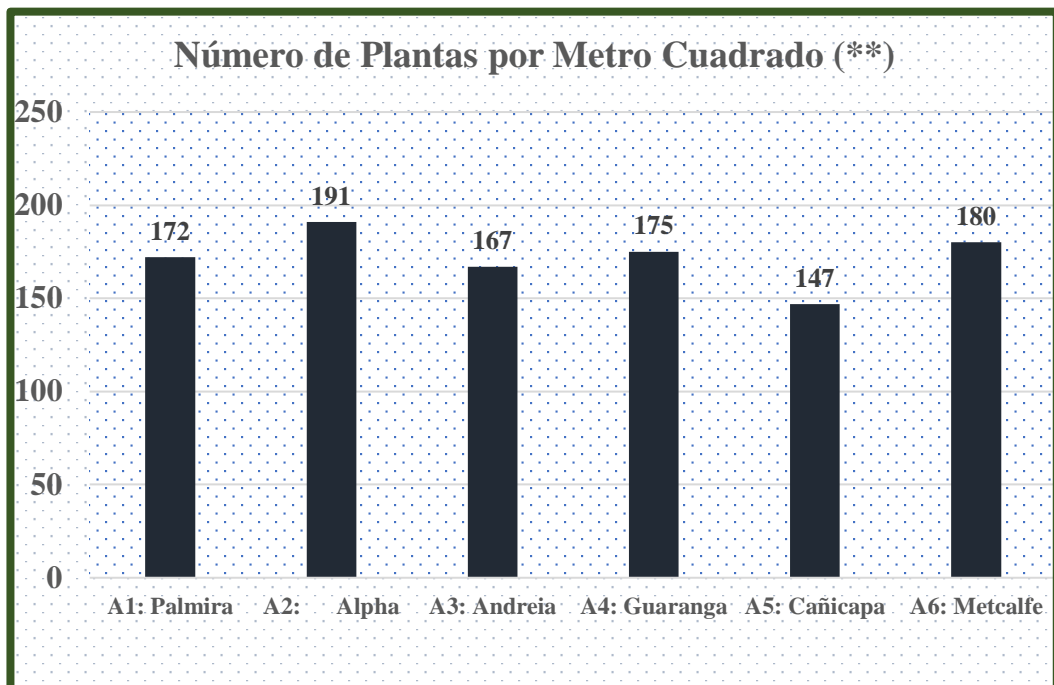


Figura 1. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades en la variable Número de Plantas Por Metro Cuadrado (NPMC).

Para el componente agronómico **Días a la Emergencia**, se determinó una media general de 86 días y para **Días a la Cosecha** un promedio general de 125 días con valores del CV de 1.38% y 0.58% respectivamente. Las variedades más tardías fueron A6: Metcalfe, A5: INIAP Cañicapa y A3: Andreia con 92; 91 y 90 DE

respectivamente y con una relación directa con el componente DC con 132 días. La más precoz fue A1: INIAP Palmira con 115 días a la cosecha. (Cuadro 1 y Figura 2) El ciclo de cultivo es un atributo varietal y además depende de la interacción genotipo ambiente y especialmente en lo relacionado a la temperatura, calor, cantidad y calidad de luz solar, períodos de estrés de sequía con la presencia de fuertes vientos especialmente en la etapa reproductiva. Actualmente debido al cambio climático (CC) que incide en muchas zonas agroecológicas con la reducción de la precipitación y deficiente distribución, temperaturas elevadas y calor, la demanda prefiere cultivares precoces, resilientes al CC y este es el caso de la variedad A1: INIAP Palmira, misma que fue liberada por su tolerancia a la sequía y calor en el 2014, mediante procesos de investigación participativa.

INIAP. 2014, reporta para la variedad INIAP Palmira entre 70 y 80 DE y para el ciclo de cultivo entre 150 y 160 días. En la zona agroecológica de Laguacoto los DE reportados son similares a lo determinado por INIAP. 2014, pero para el ciclo de cultivo o DC, INIAP. 2014 reporta un ciclo de cultivo más tardío entre 150 y 160 días, mientras que en Laguacoto estuvo en 115 días, esto explica la fuerte interacción genotipo ambiente sobre todo con la cantidad y distribución de la precipitación en la etapa reproductiva, el calor y fuertes vientos, acelerando el ciclo de cultivo.

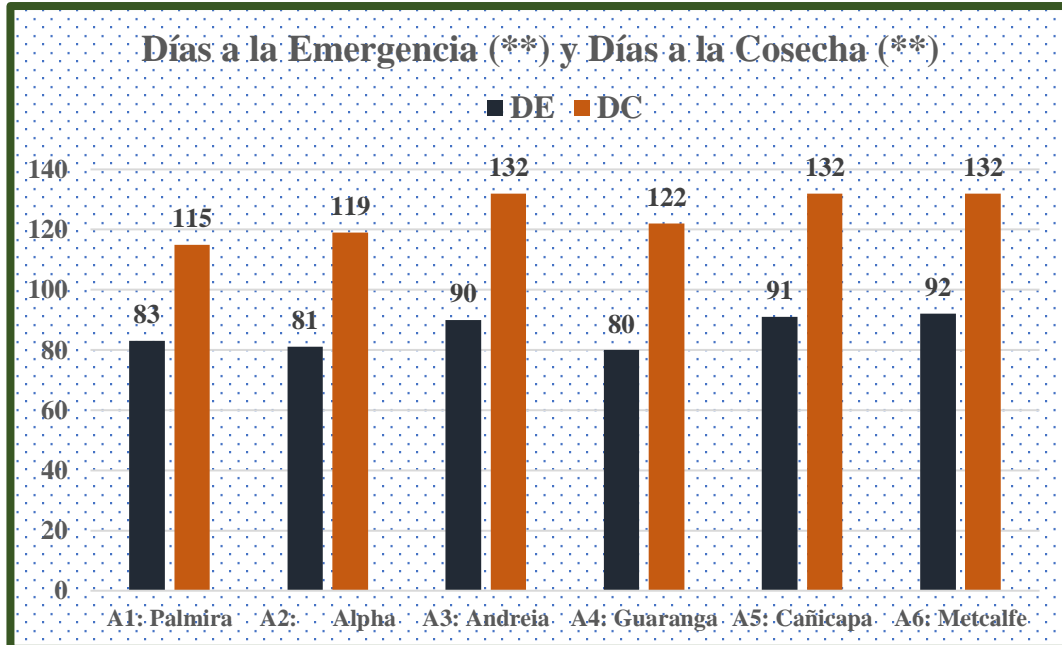


Figura 2. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades de cebada (Factor A) en las variables Días al Espigamiento (DES) y Días a la Cosecha (DC).

Para el **Acame de Raíz (AR)** y **Acame de Tallo (AT)**, se reportaron promedios generales de 19.72% y 2.17% con valores del CV de 49.6% y 55.23% (Cuadro 1). Con la prueba de Tukey al 5% los promedios superiores para el AR (las plantas sólo se inclinan aproximadamente unos 30°) fueron A5: INIAP Cañicapa con 78.3% y en A4: INIAP Guaranga con 40.0%. El resto de cultivares fueron resistentes y no presentaron acame de raíz (Cuadro 1 y Figura 3). Para el AT (las plantas se rompen los tallos bajo la espiga), el germoplasma evaluado fue resistente, presentándose valores muy bajos en A5: INIAP Cañicapa y A4: INIAP Guaranga con valores de 7.2 y 5.8% (Cuadro 1 y Figura 3). INIAP. 2014, reporta para INIAP Palmira un tipo de tallo resistente al acame.

El acame de tallo, es una característica varietal y es influenciado también por la interacción genotipo ambiente y el manejo del nitrógeno. Generalmente dosis elevadas de nitrógeno, alta densidad de plantas/ha, presencia de vientos y con lluvia en la etapa de espigamiento y llenado del grano, influyen en el acame del tallo (Monar, C. 2015). Actualmente las nuevas variedades liberadas de cebada son resistentes al acame de tallo lo que además facilita la cosecha con maquinaria agrícola como las combinadas.

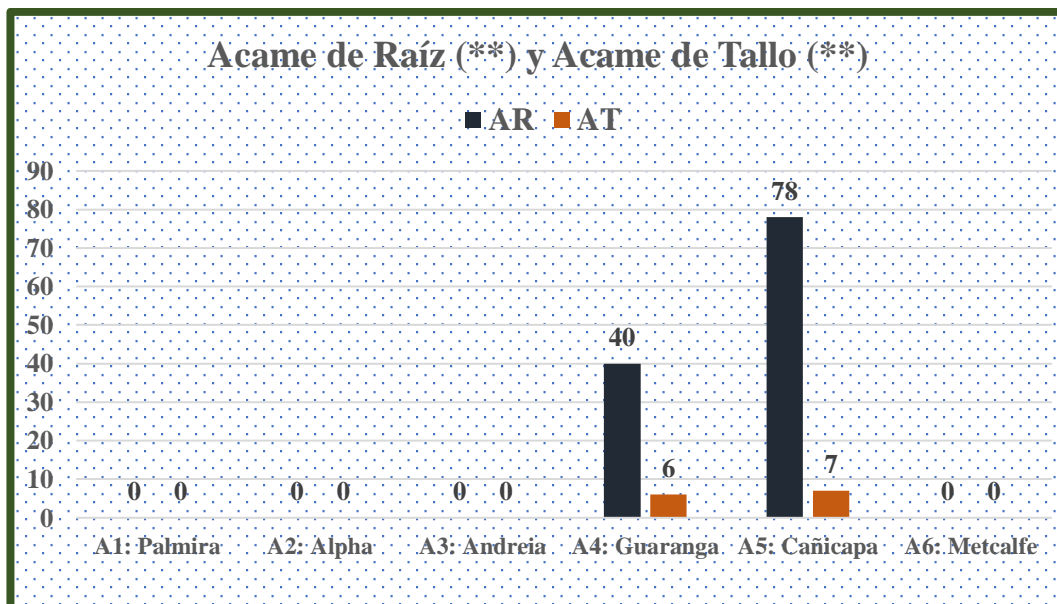


Figura 3. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades de cebada (Factor A) en las variables Acame de Raíz (AR) y Acame de Tallo (AT).

Para la **Incidenca de Carbones**, el germoplasma de cebada evaluado fue resistente con una media general de 0.97%. Las variedades que registraron la presencia de carbones en la espiga fueron A3: Andreia, A4: INIAP Guaranga y A6: Metcalfe con 4.2% y 0.8% respectivamente. El resto de cultivares, no presentaron presencia de carbones en la espiga (Cuadro 1). El agente causal que se presentó fue carbón volador o desnudo (*Ustilago tritici*). La incidencia de carbones, es un atributo varietal y además depende de su interacción genotipo ambiente, especialmente de temperaturas frescas con alta humedad relativa.

La respuesta agronómica de las variedades de cebada para el componente **Altura de Plantas**, fue muy diferente. Se registró una media general de 97.84 cm con un CV de 4.76%. Con la prueba de Tukey al 5%, los promedios superiores se presentaron en los cultivares A1: INIAP Palmira con 109.2 cm, A4: INIAP Guaranga con 107.6 cm y A5: INIAP Cañicapa con 107.2 cm. Los promedios inferiores correspondieron a las variedades A3: Andreia con 78.7 cm y A6: Metcalfe con 84.3 cm (Cuadro 1 y Figura 4). El componente AP, es varietal y además se ve influenciado por otros factores como los ambientales (humedad, temperatura, calor, luz solar, etc.), manejo agronómico en relación a la densidad de siembra, fertilización del cultivo, época de siembra y la sanidad del cultivo.

INIAP. 2014, para la variedad INIAP Palmira, reporta un rango de entre 90 y 100 cm de altura de plantas, mismo que es similar al registrado en la zona agroecológica de Laguacoto. La AP tiene una relación directa con el acame del tallo, generalmente variedades altas (mayores a 120 cm), son más susceptibles al acame de tallo.

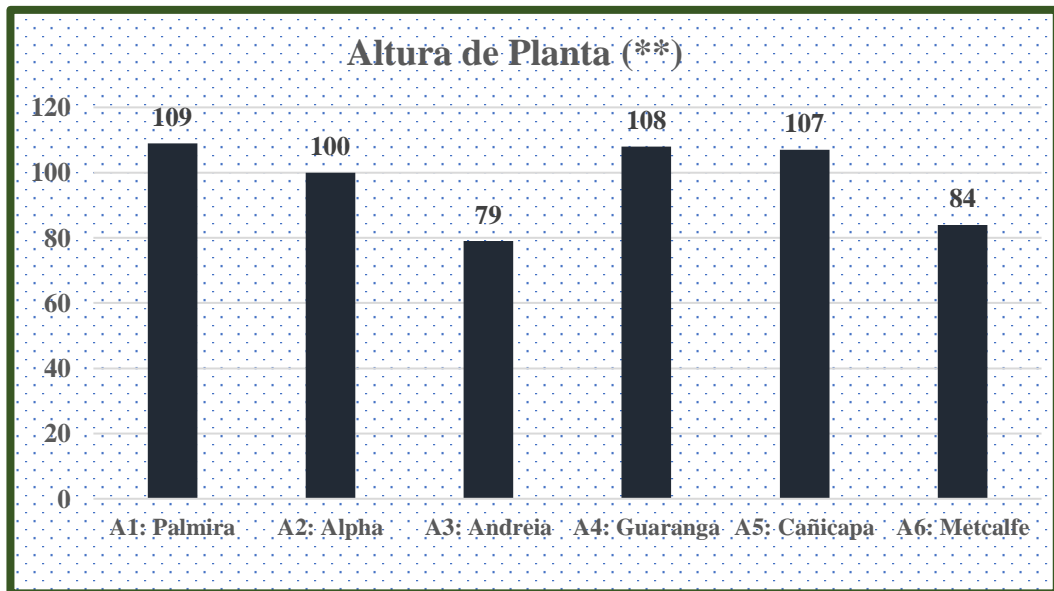


Figura 4. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades de cebada (Factor A) en la variable Altura de Planta (AP).

Se determinó un efecto altamente significativo de las variedades de cebada sobre las variables agronómicas **Longitud de la Espiga (LE)** y el **Número de Granos Por Espiga (NGPE)** con una media general de 7.01 cm y 27 granos respectivamente (Cuadro 1).

Con la prueba de separación de medias de Tukey al 5% los promedios más altos para la LE, se evaluaron en las variedades A4: INIAP Guaranga con 7.7 cm y en A5: INIAP Cañicapa con 7.4 cm. Los promedios menores se registraron en los cultivares A1: INIAP Palmira con 6.1 cm y en A6: Metcalfe con 6.7 cm (Cuadro 1 y Figura 5).

Para el NGPE, los promedios superiores correspondieron a las accesiones A2: Alpha con 51 granos, seguido de A6: Metcalfe con 25 granos. Promedios menores en A1: INIAP Palmira y A5: INIAP Cañicapa con 20 granos por espiga (Cuadro 1 y Figura 5). INIAP. 2014, reportó para la variedad INIAP Palmira un rango de longitud de la espiga de 8 cm con un rango de 20 a 25 granos por espiga. Para el componente LE en la zona agroecológica de Laguacoto fue menor y para el NGPE fue un resultado similar.

Los componentes agronómicos LE y NGPE, son características varietales y además tienen una fuerte interacción genotipo ambiente. Sobre todo, en la etapa reproductiva, son importantes las condiciones adecuadas de humedad, temperatura, luz solar, la nutrición y sanidad del cultivo.

Una buena producción se consigue cuando hay del orden de 700 espigas por metro cuadrado, un buen número de granos por espiga y un adecuado tamaño de los mismos. El número de granos por espiga y el tamaño de los mismos dependen de la climatología y del abonado nitrogenado (Bustamante, J. et al. 2012).

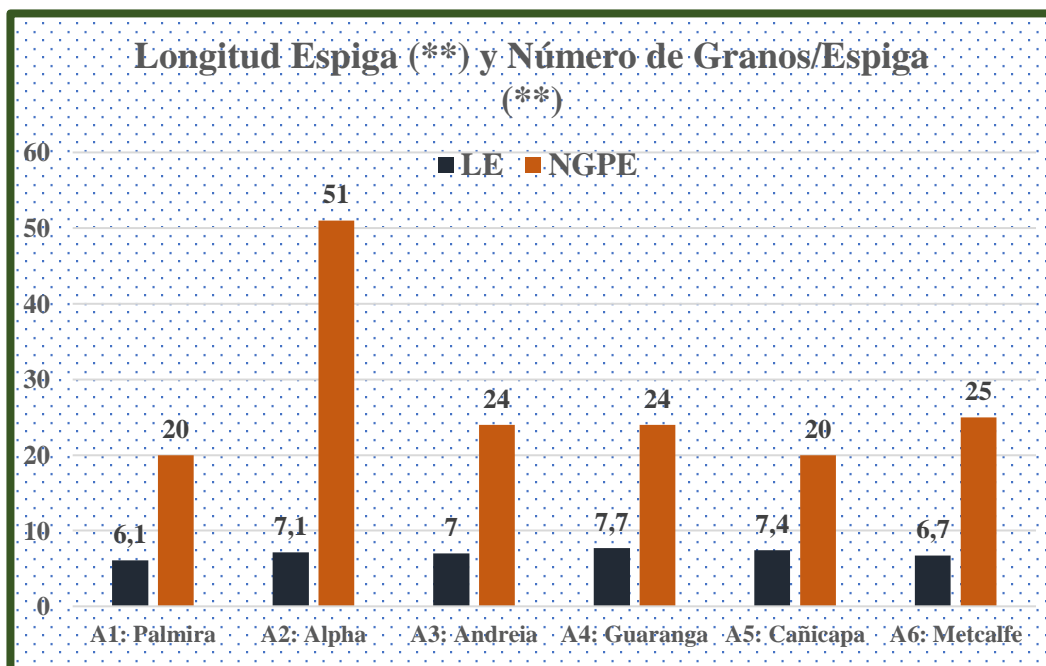


Figura 5. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades de cebada (Factor A) en las variables Longitud de la Espiga (LE) y Número de Granos por Espiga (NGPE).

Para los componentes agronómicos **Tamaño del Grano (TG)** y el **Porcentaje de Grano Quebrado (PGQ)**, se determinaron diferencias altamente significativas de las variedades de cebada en estudio. Para el tamaño del grano se calculó una media general de 8.86 mm lo que equivale a un tamaño intermedio (6 a 9 mm) con un valor del CV de 2.88%. Para el Porcentaje de Grano Quebrado se determinó una media general muy baja de 1.96% con un CV de 52.34% (Cuadro 1).

Con la prueba de Tukey al 5%, los promedios más altos del TG, correspondieron a las variedades A1: INIAP Palmira con 9.6 mm y A2: Alpha con 9.3 mm. Los promedios inferiores se tuvieron en A3: Andreia con 8.2 mm y en A6: Metcalfe con 8.3 mm (Cuadro 1 y Figura 6).

Los valores reportados del porcentaje de grano quebrado son muy bajos, lo que se infiere que son resistentes al proceso de trilla. El promedio superior se tuvo en A5: INIAP Cañicapa con 6.8% y el resto de accesiones fueron muy resistentes al quebrado del grano en el proceso de la trilla (Cuadro 1 y Figura 6).

El tamaño del grano y el porcentaje de grano quebrado en el proceso de la trilla son atributos varietales y para el porcentaje de grano quebrado influye el contenido de humedad del grano en la trilla, mismo que debe ser inferior al 15%.

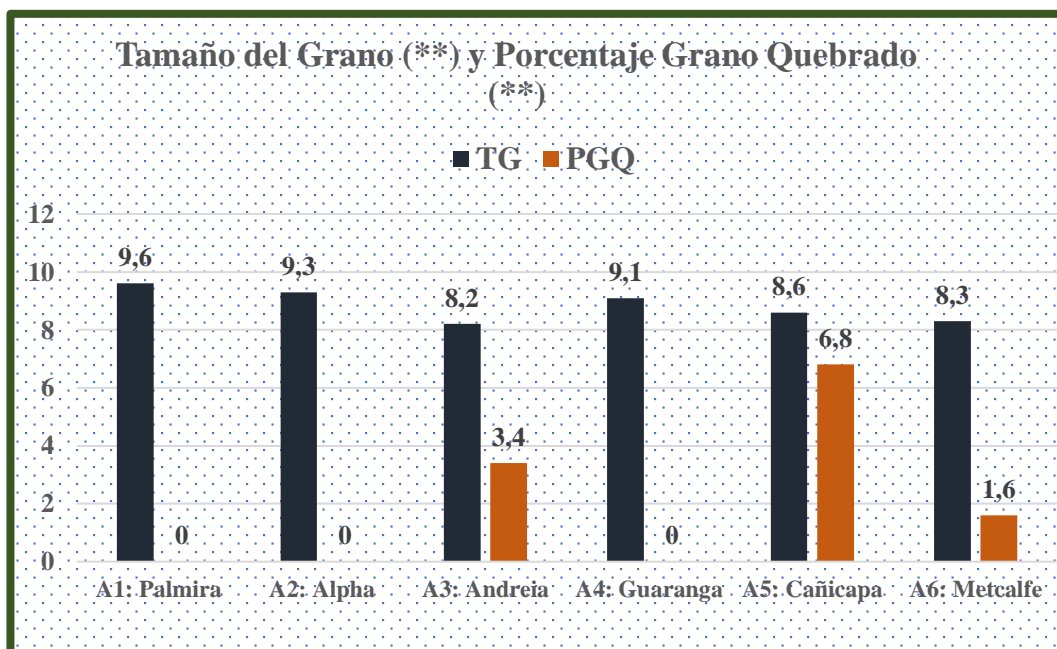


Figura 6. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades de cebada (Factor A) en las variables Tamaño del Grano (TG) y el Porcentaje de Grano Quebrado (PGQ).

Se determinaron diferencias altamente significativas de las variedades de cebada para las variables **Peso Hectolítrico (PH)** y el **Peso de Mil Granos (PMG)**. Para el componente PH, se calculó una media general de 62 puntos con un CV de 2.22%. El PMG promedio general fue de 47.11 g con un CV de 3.96% (Cuadro 1).

Con la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, los promedios superiores del PH, se registraron en las variedades A3: Andreia con 66 puntos, seguida de A6: Metcalfe con 63.5 puntos. El promedio menor correspondió a la accesión A2: Alpha con 57.7 puntos (Cuadro 1 y Figura 7). Para la variable PMG, el promedio más elevado se presentó en el cultivar A1: Palmira con 58.9 g. El promedio inferior tuvo la variedad A6: Metcalfe con 35.8 g (Cuadro 1 y Figura 7).

Los componentes agronómicos de calidad industrial como son el peso hectolítrico, peso de mil granos, son atributos varietales y tienen una importante interacción genotipo ambiente y el manejo agronómico del cultivo. Son determinantes las condiciones climáticas como la temperatura, humedad, cantidad y calidad de luz solar, presencia de vientos en la etapa de llenado del grano, sanidad del cultivo especialmente de hongos como las royas y carbones y el manejo del nitrógeno.

INIAP. 2010, reporta para la variedad INIAP Guaranga un peso promedio de mil granos de 52 g, mismo que es ligeramente superior al obtenido con este cultivar.

INIAP. 2014, menciona un peso promedio de mil granos en la accesión Palmira de 40 g, mismo que es menor al obtenido en la zona agroecológica de Laguacoto con 58.9 g. Estas diferencias pudieron darse por la interacción genotipo ambiente y el manejo agronómico del cultivo. Los componentes PH y PMG, tienen una relación directa con la calidad del grano y son muy importantes para la cervecería.

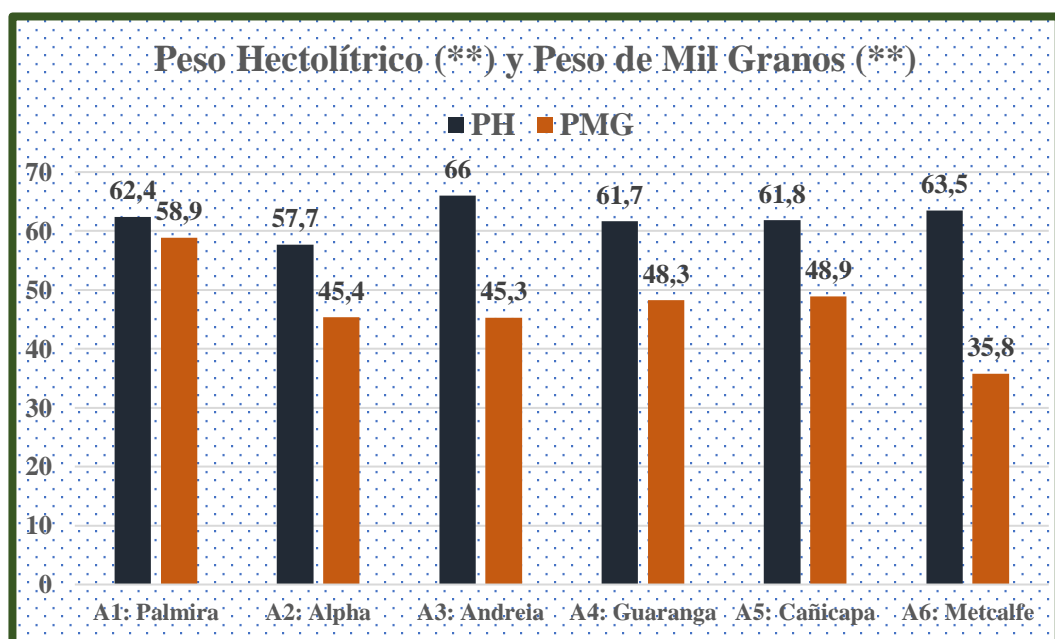


Figura 7. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades de cebada (Factor A) en las variables Peso Hectolítico (PH) y Peso de Mil Granos (PMG).

La respuesta agronómica de las seis variedades de cebada en cuanto al **Rendimiento (RH)**, fueron muy diferentes. Se calculó una media general de 4320 kg/ha con un valor del CV de 13.24% (Cuadro 1).

Con la prueba de Tukey al 5% para separación de medias, los rendimientos promedios más altos se determinaron en las variedades A1: INIAP Palmira con 6358 kg/ha, seguido de A2: Alpha con 5640 y A4: INIAP Guaranga con 4356 kg/ha al 13% de humedad. Los promedios inferiores correspondieron a las accesiones A5: Cañicapa con 2773 kg/ha y A6: Metcalfe con 2889 kg/ha (Cuadro 1 y Figura 8).

El rendimiento es una característica varietal y depende de la interacción genotipo ambiente. Los factores que inciden principalmente son los climáticos como la cantidad y distribución de la precipitación, temperatura, calor, cantidad y calidad de la luz solar, y presencia de fuertes vientos especialmente en la etapa reproductiva. En relación a los biológicos están el grado de susceptibilidad, tolerancia o resistencia al complejo de enfermedades foliares e insectos plaga. Son además muy importantes las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Los rendimientos reportados por INIAP. 2010 con la variedad INIAP Guaranga están entre 3000 y 4000 kg/ha. En Laguacoto se superó este rendimiento. El comportamiento agronómico muy diferente fue con la variedad INIAP Palmira. INIAP. 2014, reporta un rango de rendimiento de 1500 a 3000 kg/ha y en Laguacoto se tuvo un rendimiento muy alto con 6158 kg/ha. La variedad INIAP Palmira, presentó resistencia a las enfermedades foliares como las royas y carbones, un mayor tamaño y peso de mil granos, plantas más altas, precoz y fue tolerante a la sequía.

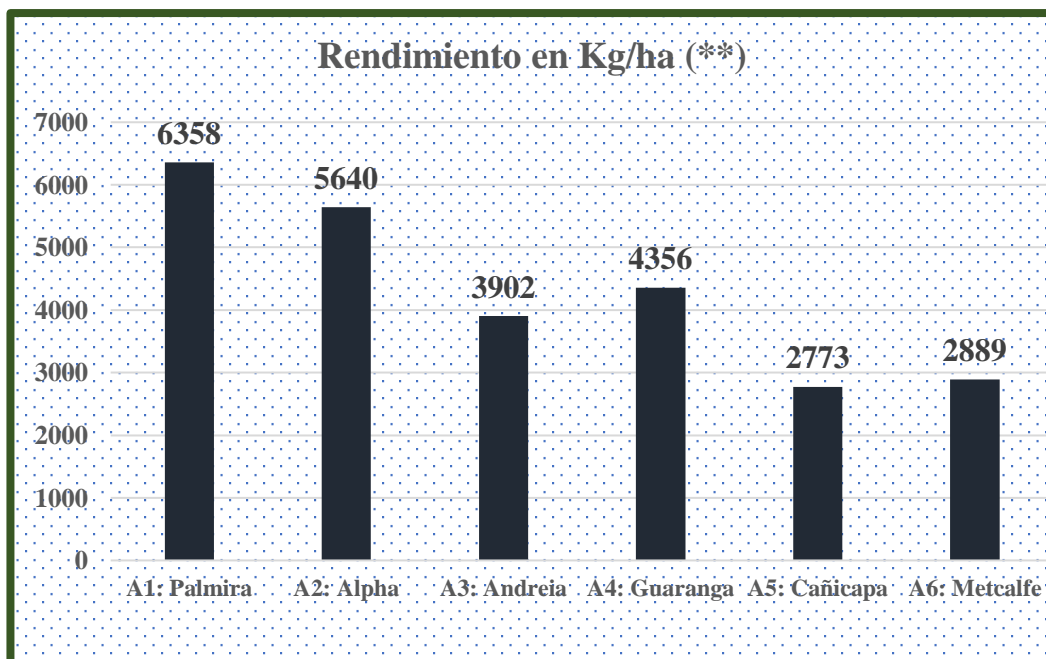


Figura 8. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar las variedades de cebada (Factor A) en la variable Rendimiento de cebada en kg/ha al 13% de humedad (RH).

Cuadro 2. Resultados de la prueba de Tendencias Polinomiales (Respuesta Lineal) de las variables agronómicas del Factor cuantitativo B (Densidades de siembra): Días a la Emergencia (DEC), Número de Plantas por Metro Cuadrado (NPMC), Número de Macollos por Planta (NMP), Días al Espigamiento (DES), Días a la Cosecha (DC), Pulgones (P), Roya Amarilla (RA), Carbones (C), Acame de Raíz (AR), Acame de Tallo (AT), Altura de Planta (AP), Longitud de Espiga (LE), Número de Granos Por Espiga (NGPE), Tamaño del Grano (TG), Porcentaje de Grano Quebrado (PGQ), Peso Hectolítrico (PH), Peso de Mil Granos (PMG) y el Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad (RH).

Variables	Densidades de siembra		Efecto Principal (B2 – B1)	Respuesta lineal
	B1: 100 kg/ha	B2: 135 kg/ha		
DEC (ns)	11.83 ^a	11.72A	-0.11 días	Ns
NPMC (**)	141B	205A	64.0 plantas	**
NMP (ns)	3.42 ^a	3.28A	-0.14 macollos	Ns
DES (ns)	86.28 ^a	85.89A	-0.39 días	Ns
DC (ns)	125 ^a	125A	0.0 días	Ns
P (ns)	17.22 ^a	19.17A	1.95%	Ns
RA (ns)	12.50 ^a	16.94A	4.44%	Ns
C (ns)	0.83 ^a	1.11A	0.28%	Ns
AR (**)	15.56B	23.89A	8.33%	**
AT (*)	1.61B	2.72A	1.11%	*
AP (ns)	96.79 ^a	98.89A	2.1 cm	Ns
LE (ns)	7.14 ^a	6.89A	-0.25 cm	Ns
NGPE (ns)	27.24 ^a	27.27A	0.03 granos	Ns
TG (ns)	8.81 ^a	8.90A	0.09 mm	Ns
PGQ (ns)	1.88 ^a	2.06A	0.18%	Ns
PH (ns)	62.16 ^a	62.23A	0.07 puntos	Ns
PMG (*)	46.43B	47.79A	1,36 gramos	*
RH (ns)	4126 ^a	4513A	387.0 kg/ha	Ns

ns: no significativo. * Significativo al 5%. ** Altamente significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

4.1.2. Factor B: Densidades de siembra

No existió un efecto significativo o diferente de las densidades de siembra sobre las variables: Días a la Emergencia (DEC), Número de Macollos por Planta (NMP), Días al Espigamiento (DES), Días a la Cosecha (DC), Incidencia de Pulgones (P), Incidencia de Roya Amarilla (RA), Incidencia de Carbones (C), Atura de Planta (AP), Longitud de Espiga (LE), Número de Granos Por Espiga (NGPE), Tamaño

del Granos (TG), Porcentaje de Grano Quebrado (PGQ), Peso Hectolítrico (PH) y el Rendimiento de cebada en kg/ha al 13% de humedad (Cuadro 2).

Quizá esta respuesta lineal similar se debe a que estos componentes agronómicos son de tipo varietal. De hecho, la densidad de siembra es un factor importante sobre el rendimiento, pero en este experimento no se determinaron efectos estadísticamente significativos. Sin embargo, para el rendimiento se tuvo un efecto principal de las densidades de siembra de 387 kg/ha más en la densidad B2: 135 kg/ha de siembra (Cuadro 2 y Figura 9).

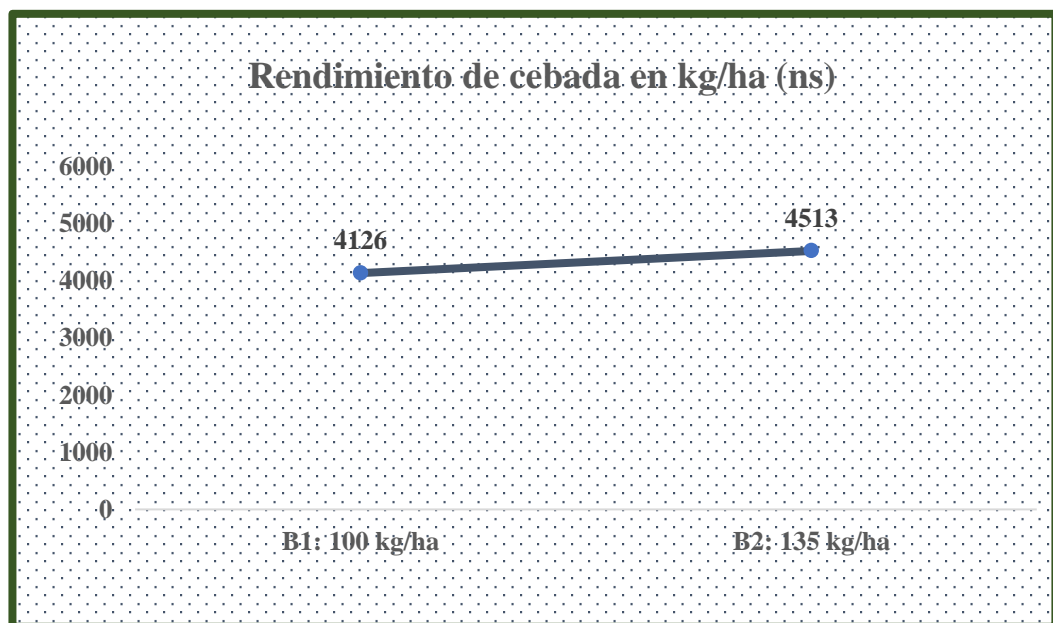


Figura 9. Resultados promedios de Tendencia Polinomial para comparar las densidades de siembra (Factor B) en la variable Rendimiento de cebada en kg/ha al 13% de humedad (RH).

Se determinó un efecto altamente significativo de las densidades de siembra sobre el **Número de Plantas por Metro Cuadrado**; es decir a mayor densidad de siembra, mayor fue el incremento y como Efecto Principal de densidades se tuvieron 64 plantas más al cambiar de 100 kg/ha (B1) a 135 kg/ha (B2) (Cuadro 2 y Figura 10).

El NPMC registrado en esta investigación, con 100 y 135 kg/ha de semilla, es relativamente bajo en comparación a muchos autores como el Centro Internacional

de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT. 2002), que para cebada recomiendan un rango entre 250 y 300 plantas por metro cuadrado. Bustamante, J. et al. 2016, recomiendan un rango entre 300 y 400 plantas. La densidad de siembra junto al nitrógeno incide en el número de plantas por metro cuadrado, posteriormente en el número de espigas por metro cuadrado, la longitud de las espigas, granos por espiga, el tamaño del grano y el peso de mil granos.

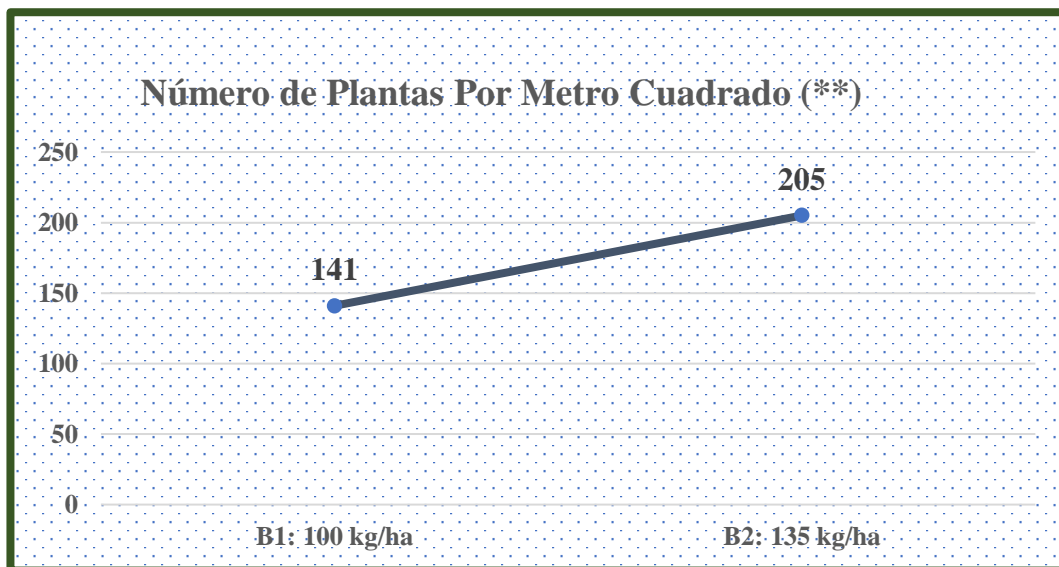


Figura 10. Resultados promedios de Tendencia Polinomial para comparar las densidades de siembra (Factor B) en la variable Número de Plantas Por Metro Cuadrado (NPMC).

La densidad de siembra, incidió significativamente también sobre el **Porcentaje de Acame de Raíz y del Tallo**. A mayor densidad de siembra, se incrementó el acame de tallo en respuesta lineal. Como Efecto Principal se incrementó el AR en un 8.33% y en AT en 1.11% con la densidad más alta de 135 kg/ha (Cuadro 2 y Figura 11). Si bien existieron diferencias estadísticas significativas, los valores cuantificados del acame de tallo son bajos.

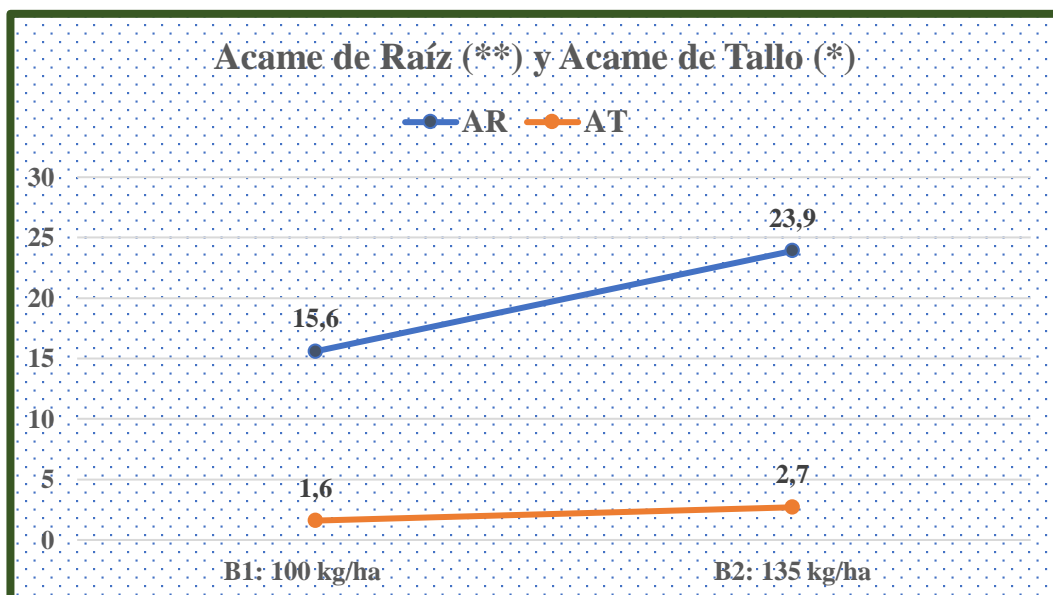


Figura 11. Resultados promedios de Tendencia Polinomial para comparar las densidades de siembra (Factor B) en las variables Acame de Raíz (AR) y Acame de Tallo (AT).

La densidad de siembra incidió significativamente sobre la variable **Peso de Mil Granos**. Como Efecto Principal la mayor densidad de siembra (135 kg/ha), incrementó en 1.36 g el peso de 1000 granos (Cuadro 2 y Figura 12).

En función de los resultados obtenidos de los dos factores principales: Variedades (Factor A) y Densidades de siembra (Factor B), mayor efecto significativo tuvieron las variedades de cebada, quizá las densidades de siembra con una diferencia de 35 kg/ha entre el B1: 100 kg/ha y el B2: 135 kg/ha, no fueron significativos y como la siembra fue al voleo y en forma manual, por tanto, la distribución de la semilla en el campo quizá no fue completamente uniforme.

Las densidades de siembra utilizadas, son bajas en comparación a reportes de Bustamante, J. et al. 2012, quienes utilizaron entre 166 y 268 kg/ha, dependiendo de la variedad, sistema de siembra (máquina al voleo y de precisión) y la época de siembra.

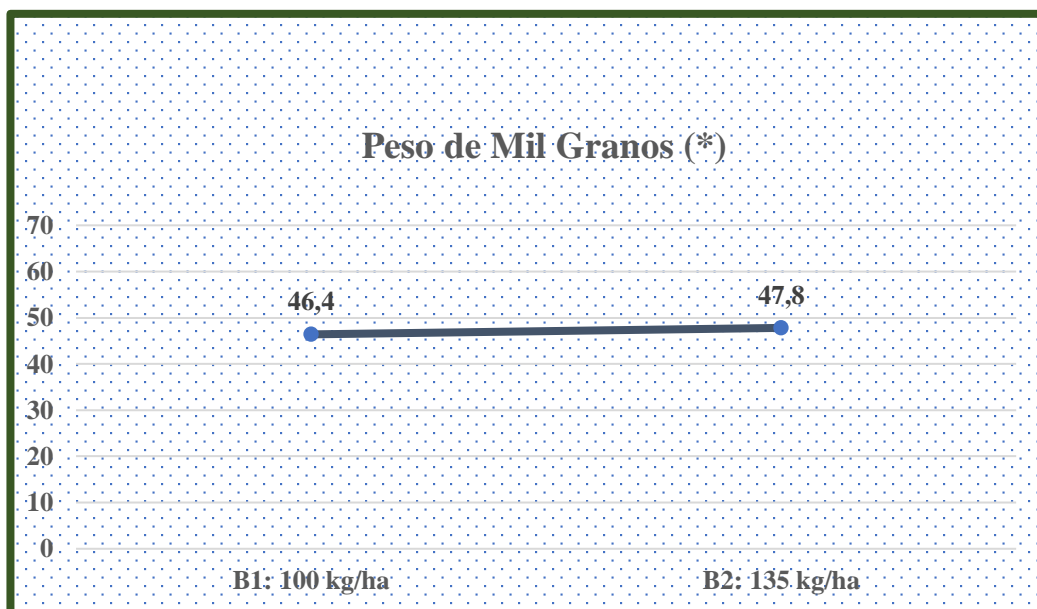


Figura 12. Resultados promedios de Tendencia Polinomial para comparar las densidades de siembra (Factor B) en la variable Peso de Mil Granos (PMG).

Cuadro 3. Resultados de la prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores Variedades por densidades de siembra (A*B) de las variables agronómicas que presentaron significancia estadística o dependencia de factores: Número de Plantas por Metro Cuadrado (NPMC), Acame de Raíz (AR), Acame de Tallo (AT) y Días al Espigamiento (DES).

Tratamiento No.	Variables			
	NPMC (**) (plantas)	AR (**) (%)	AT (*) (%)	DE (*) (días)
T1; A1B1	179 BC	0.00 B	0.00 C	81.67 BC
T2:A1B2	166 BCD	0.00 B	0.00 C	84.67 B
T3: A2B1	165BCD	0.00 B	0.00 C	81.67 BC
T4: A2B2	216 A	0.00 B	0.00 C	79.67 C
T5: A3B1	162 CD	0.00 B	0.00 C	90.33 A
T6; A3B2	171 BCD	0.00 B	0.00 C	90.00 A
T7: A4B1	165 BCD	13.33 B	4.00 B	81.00 C
T8: A4B2	184 ABC	66.67 A	7.67 A	79.67 C
T9: A5B1	142 D	80.00 A	5.67 AB	90.67 A
T10: A5B2	151CD	76.67 A	8.67 A	90.33 A
T11: A6B1	164 BCD	0.00 B	0.00 C	92.33 A
T12: A6B2	196 AB	0.00 B	0.00 C	91.0 A

*Significativo al 5%. ** Altamente significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

4.1.3. Interacción de factores: Variedades por densidades de siembra

El objetivo de planificar experimentos factoriales es principalmente para medir el efecto principal de los factores en estudio y las interacciones significativas. En esta investigación, no se determinaron interacciones significativas en las interacciones de factores variedades por densidades en siembra en las variables: días a la emergencia, número de macollos por planta, días a la cosecha, incidencia de pulgones, incidencia de roya amarilla, incidencia de carbones, altura de plantas, longitud de la espiga, número de granos por espiga, tamaño del grano, porcentaje de grano quebrado, peso hectolítrico, peso de mil granos y el rendimiento de cebada, es decir que fueron factores independientes (Anexo 3).

La respuesta de las densidades de siembra en cuanto a la variable **número de plantas por metro cuadrado**, dependió de las variedades de cebada (Cuadro 3 y Figura 13). Los promedios más altos, se determinaron en los tratamientos T4: A2B2 (Alpha con 135 kg/ha) con 216 plantas, seguido del tratamiento T12: A6B2 (Metcalfé con 135 kg/ha) con 196 plantas. El promedio inferior correspondió al tratamiento T9: A5B1 (INIAP Cañicapa con 100 kg/ha) con 142 plantas por metro cuadrado (Cuadro 3 y Figura 13).

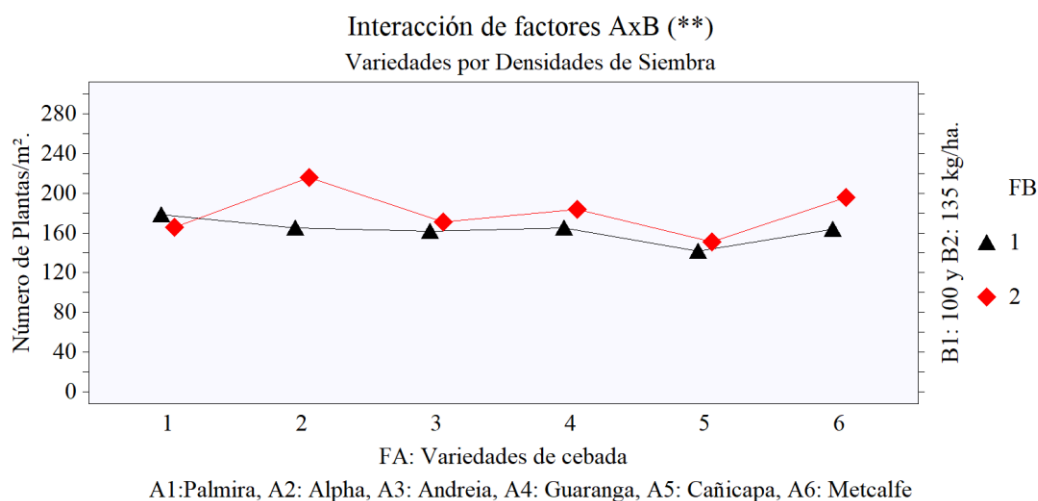


Figura 13. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar la variable Número de Plantas por Metro Cuadrado (NPMC) en la interacción de factores: Variedades por Densidades de Siembra (A*B).

La respuesta de las variedades de cebada en cuanto a la variable **acame de raíz**, dependieron de las densidades de siembra. Los promedios más altos se tuvieron en los tratamientos T9: A5B1 (INIAP Cañicapa con 100 kg/ha) con el 80%, el T10: A5B2 (INIAP Cañicapa con 135 kg/ha) con 76.67%, el T8: A4B2 (INIAP Guaranga con 135 kg/ha) con 66.67% y el T7: A4B1 (INIAP Guaranga con 100 kg/ha) con el 13.33% de acame de raíz. El resto de tratamientos, no presentaron acame de raíz (Cuadro 3 y Figura 14).

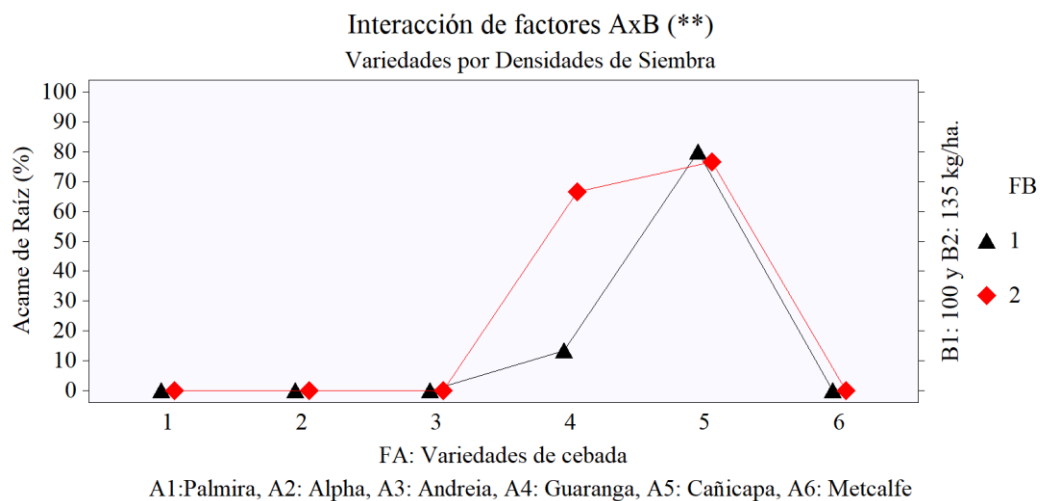


Figura 14. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar la variable Acame de Raíz (AR) en la interacción de factores: Variedades por Densidades de Siembra (A*B).

La respuesta agronómica de las variedades de cebada en relación al componente **porcentaje de acame de tallo**, dependió de las densidades de siembra. Los promedios superiores se cuantificaron en los tratamientos T10: A5B2 (INIAP Cañicapa con 135 kg/ha) con el 8.67%, el T8: A4B2 (INIAP Guaranga con 135 kg/ha) con 7.67%, el T9: A5B1 (INIAP Cañicapa con 100 kg/ha) con 5.67% y el T7: A4B1 (INIAP Guaranga con 100 kg/ha) con el 4% de acame de tallo (Cuadro 3 y Figura 15).

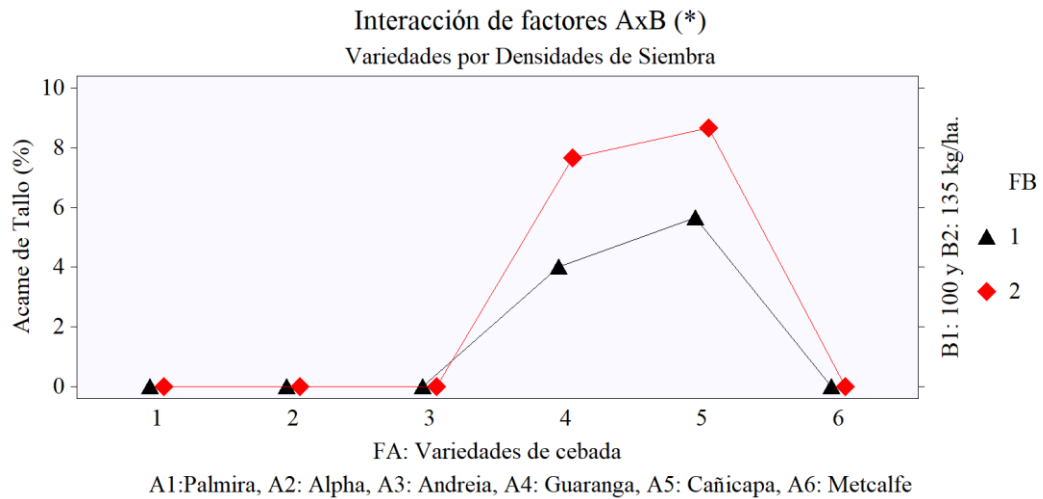


Figura 15. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar la variable Acame de Tallo (AT) en la interacción de factores: Variedades por Densidades de Siembra (A*B).

Se determinó una dependencia significativa de factores variedades por densidades de siembra para la variable **días al espigamiento**. Los promedios superiores o más tardíos fueron los tratamientos T11: A6B1 (Metcalfe con 100 kg/ha) con 92.33 (92 días), seguido del tratamiento T12: A6B2 (Metcalfe con 135 kg/ha) con 91 días al espigamiento. Los tratamientos más precoces fueron el T8: A4B2 (INIAP Guaranga con 135 kg/ha) con 79.67 (80 días) y el tratamiento T7: A4B1 (INIAP Guaranga con 100 kg/ha) con 81 días al espigamiento (Cuadro 3 y Figura 16).

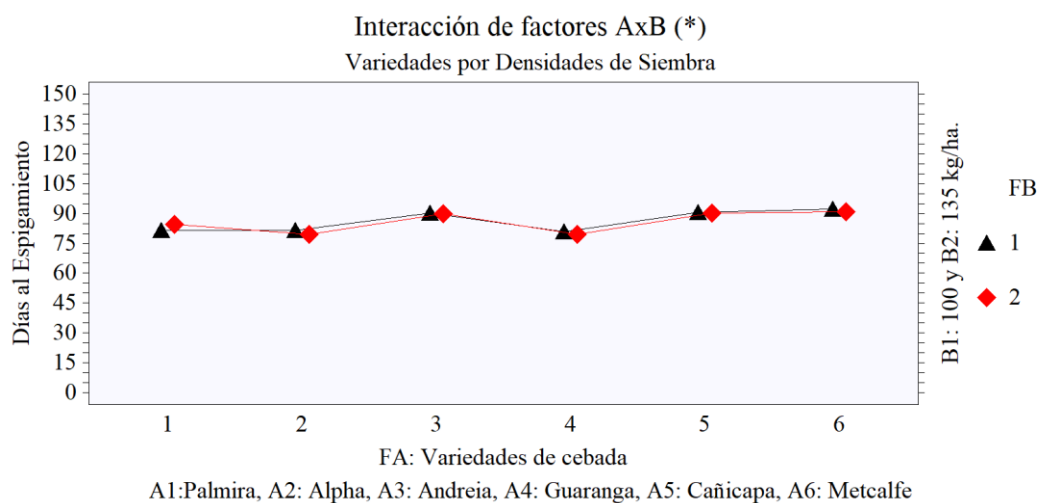


Figura 16. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar la variable Días al espigamiento (DES) en la interacción de factores: Variedades por densidades de siembra (A*B).

Cuadro 4. Resultados de la prueba de Tukey al 5% en la interacción de factores Variedades por Densidades de Siembra (A*B) en la variable rendimiento de cebada en kg/ha al 13% de humedad (RH).

Tratamiento No.	Descripción	RH (ns) Kg/ha.
T2	A1B2: INIAP Palmira con 135 kg/ha	6419 A
T1	A1B1: INIAP Palmira con 100 kg/ha	6296 A
T4	A2B2: Alpha con 135 kg/ha	5955 A
T3	A2B1: Alpha con 100 kg/ha	5325 A
T6	A3B2: Andreia con 135 kg/ha	4070 A
T8	A4B2: INIAP Guaranga con 135 kg/ha	4733 A
T5	A3B1: Andreia con 100 kg/ha	3735 A
T7	A4B1: INIAP Guaranga con 100 kg/ha	3979 A
T12	A6B2: Metcalfe con 135 kg/ha	3065 A
T10	A5B2: INIAP Cañicapa con 135 kg/ha	2836 A
T11	A6B1: Metcalfe con 100 kg/ha	2713 A
T9	A5B1: INIAP Cañicapa con 100 kg/ha	2709 A

ns: No significativo. Promedios con la misma letra, son estadísticamente iguales al 5%

No se presentó dependencia significativa de factores variedades por densidades de siembra en la variable **rendimiento de grano** (Cuadro 4). Sin embargo, al comparar las medias, los tratamientos que presentaron los promedios superiores fueron el T2: A1B2: INIAP Palmira con 135 kg/ha con 6419 kg/ha, el T1: A1B1: INIAP Palmira con 100 kg/ha con 6296 kg/ha, el T4: A2B2: Alpha con 135 kg/ha con 5955 kg/ha y el T3: A2B1: Alpha con 100 kg/ha con 5325 kg/ha respectivamente. Los promedios más bajos se determinaron en los tratamientos T9: A5B1: INIAP Cañicapa con 100 kg/ha con apenas 2709 kg/ha, el T11: A6B1: Metcalfe con 100 kg/ha con 2713 kg/ha y el T10: A5B2: INIAP Cañicapa con 135 kg/ha con 2836 kg/ha (Cuadro 4 y Figura 17). Como se infirió anteriormente las variedades INIAP Palmira y Alpha con las densidades de siembra de 135 y 100 kg/ha, fueron estadísticamente las mejores alternativas tecnológicas para el cultivo de cebada en la zona agroecológica de Laguacoto. Estos rendimientos son muy altos en comparación a los reportados por varios autores como INIAP. 2003, INIAP. 2014, Monar, C. 2010 y 2019. Los rendimientos menores de la variedad INIAP Cañicapa con las dos densidades de siembra evaluadas es porque este cultivar se liberó en el año 2003 y ya ha ido perdiendo sus atributos agronómicos como la tolerancia o resistencia al complejo de enfermedades foliares (Escaldaduras, royas y carbones)

y al acame de tallo. Por su parte el cultivar Metcalfe, tiene una menor tolerancia a las enfermedades foliares como las escaldaduras, royas y el virus del amarillamiento de la cebada. Además, el tamaño y peso de mil granos es menor en comparación al resto de variedades.

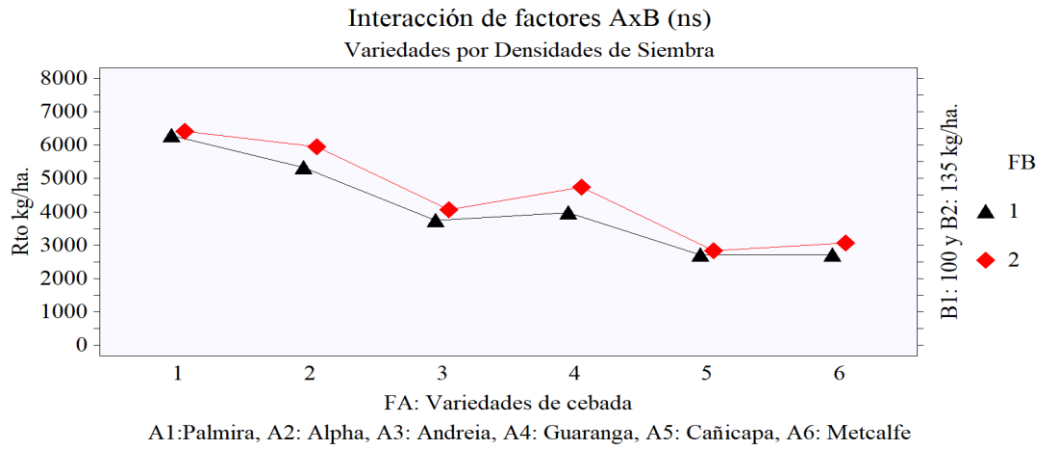


Figura 17. Resultados promedios de la prueba de Tukey al 5% para comparar la variable Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad (RH) en la interacción de factores: Variedades por Densidades de Siembra (A*B).

4.2. Variables morfológicas

Cuadro 5. Resumen de las principales variables morfológicas de seis variedades de cebada (Factor A).

Variedades de cebada	Variables morfológicas			
	Hábito de Crecimiento (HC)	Hileras por Espiga (NHE)	Color del Grano (CG)	Desgrane de Espigas (DEsp)
A1: Palmira	1 (erecto)	1 (2 hileras)	2 (crema)	1 (resistente)
A2: Alpha	2 (semierecto)	2 (6 hileras)	2 (crema)	1 (resistente)
A3: Andreia	2 (semierecto)	1 (2 hileras)	2 (crema)	1 (resistente)
A4: Guaranga	1 (erecto)	1 (2 hileras)	2 (crema)	1 (resistente)
A5: Cañicapa	1 (erecto)	1 (2 hileras)	2 (crema)	1 (resistente)
A6: Metcalfe	1 (erecto)	1 (2 hileras)	2 (crema)	1 (resistente)
Porcentaje	33.33% erecto (Alpha y Andreia)	16.17% Exástica (Alpha)	100% variedades color del grano crema (Amarillo claro).	100% variedades resistentes al desgrane de espigas.
	66.67% semierecto (Palmira, Guaranga, Cañicapa y Metcalfe).	83.83% Dística (Palmira, Andreia, Guaranga, Cañicapa y Metcalfe).		

Las variables Hábito de Crecimiento (HC), Número de Hileras por Espiga (NHE), el Color del Grano (CG) y el Desgrane de Espigas (DEsp), son descriptores morfológicos varietales y en el caso del CG puede ser afectado por el ambiente especialmente la presencia de lluvias en la fase de madurez comercial previa a la cosecha y trilla. El desgrane de espigas a más de la genética, es afectado por fuertes vientos en la madurez comercial del cultivo.

El 33.33% de las variedades de cebada (Alpha y Andreia) presentaron un hábito de crecimiento semierecto. El restante 66.67% cultivares INIAP Palmira, INIAP Guaranga, INIAP Cañicapa y Metcalfe), el crecimiento de las plantas fue erecto (Cuadro 5).

Únicamente la variedad Alpha (16.17%), la espiga tuvo seis hileras (Exástica). El restante 83.83% presentaron dos hileras por espiga (Dística) (Cuadro 5).

El 100% de cultivares en estudio presentaron el color del grano crema o amarillo claro e igualmente tuvieron resistencia al desgrane de las espigas (Cuadro 5).

Los atributos HC, CG y DES, son muy importantes en el proceso de validación participativa, aceptación y difusión de las nuevas variedades. Los productores prefieren cultivares de crecimiento erecto, color del grano blanco o crema (amarillo claro) y que las espigas tengan resistencia al desgrane por efecto de los vientos en la madurez comercial. Para el descriptor número de hileras por espiga, no hay mayor preferencia de los productores.

4.3. Coeficiente de Variación (CV)

El CV, indica la variabilidad de los resultados. Autores como Beaver, J. y Beaver, L. 2002, mencionan que el valor del CV en variables que están bajo el control del investigador, no debe sobrepasar del 20%; sin embargo, en variables que dependen de la fuerte interacción genotipo ambiente como la incidencia y severidad de enfermedades foliares, acame de tallo, el valor del CV puede ser mucho mayor del 20%.

En esta investigación en las variables que estuvieron bajo el control del investigador, no sobrepasan del 20% y únicamente en las variables que dependieron del medio ambiente fueron mayores al 20%, por lo tanto, las inferencias y conclusiones son válidas para esta zona agroecológica de Laguacoto.

4.4. Análisis de correlación y regresión lineal

Cuadro 6. Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (componentes agronómicos) que presentaron significancia estadística diferente con el rendimiento de cebada evaluado en kg/ha al 13% de humedad.

Variables independientes (Xs)	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente de regresión (b)	Coefficiente de determinación (R²) (%).
Incidencia de pulgones (**)	-0.4290	-51.8510	18
Acame de raíz (*)	-0.3855	-17.2653	15
Días a la cosecha (**)	-0.8696	-179.882	76
Longitud de espigas (*)	-0.3763	-863.947	14
Grano quebrado (**)	-0.5862	-323.518	34
Plantas por metro cuadrado (*)	0.4065	28.0952	17
Altura de planta (**)	0.4370	49.1911	19
Tamaño del grano (**)	0.6717	1677.83	45
Peso de mil granos (**)	0.5963	124.427	36

*Significativo al 5%. **Altamente significativo al 1%.

4.4.1. Correlación (r)

Correlación es la relación positiva o negativa entre dos variables y no tiene unidades. El valor máximo de una correlación perfecta es +/- 1. En esta investigación los componentes que tuvieron una correlación significativa y negativa con el rendimiento de cebada fueron la incidencia de pulgones, acame de raíz, días a la cosecha, longitud de espigas y el porcentaje de grano quebrado. Las variables independientes que presentaron una correlación significativa y positiva con el rendimiento de grano fueron plantas por metro cuadrado, altura de planta, tamaño del grano y el peso de mil granos (Cuadro 6).

4.4.2. Regresión (b)

Regresión es el incremento o reducción de la variable dependiente (Y), por cada cambio único de las variables independientes (Xs). Las variables que redujeron significativamente el rendimiento de cebada fueron la incidencia de pulgones, el acame de raíz, días a la cosecha, longitud de la espiga y el porcentaje de grano quebrado; es decir valores promedios más elevados de estas variables, menor rendimiento. Los componentes agronómicos que contribuyeron a incrementar el rendimiento de cebada fueron los promedios más altos de plantas por metro cuadrado, altura de plantas, tamaño del grano y el peso de mil granos (Cuadro 6).

4.4.3. Coeficiente de determinación (R^2)

El coeficiente de determinación, es un estadístico que explica en qué porcentaje se incrementa o reduce el rendimiento de grano de cebada (variable dependiente Y) por cada cambio único de las variables independientes y se expresa en porcentaje. El valor máximo del R^2 es 100%. En esta investigación, la incidencia de pulgones, redujo el rendimiento de cebada en un 18%, el acame de raíz en un 15%, el ciclo de cultivo o variedades más tardías (días a la cosecha) en un 76%, la longitud de espigas en un 14% y el porcentaje de grano quebrado en un 34% (Cuadro 6). Como respuesta inversa los componentes agronómicos que incrementaron el rendimiento de cebada fueron el mayor número de plantas por metro cuadrado con el 17%, la altura de plantas con el 19%, el tamaño de grano con el 45% y el peso de mil granos con el 36% (Cuadro 6). Claramente el mejor ajuste de datos se determinó entre el ciclo de cultivo, es decir variedades más tardías, se redujo el rendimiento en un 76% y variedades con el grano de mayor tamaño, se incrementó el rendimiento de cebada en un 45% (Cuadro 6).

4.5. Análisis económico

Para realizar el análisis económico se aplicó la metodología de Perrin, et al. 2002, que toma en cuenta únicamente los costos que varían en cada tratamiento. En este ensayo los costos que variaron en cada opción tecnológica fueron el costo de la semilla (Factor B: densidades de siembra), la trilla, envases y el transporte. El resto de actividades e insumos agrícolas fueron fijos para todos los tratamientos (ejemplo la preparación del suelo, dosis de fertilizantes, preparación del suelo, etc.).

Cuadro 7. Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP). Cultivo: Cebada. 2021

Variables	Tratamientos											
	T1: A1B1	T2: A1B2	T3: A2B1	T4: A2B2	T5: A3B1	T6: A3B2	T7: A4B1	T8: A4B2	T9: A5B1	T10: A5B2	T11: A6B1	T12: A6B2
Rendimiento en kg/ha.	6296	6419	5325	5955	3735	4070	3979	4733	2709	2836	2713	3065
Rendimiento ajustado 10% en kg/ha.	5666	5777	4792	5359	3361	3663	3581	4260	2438	2552	2442	2758
Ingreso Bruto \$/ha.	2493	2542	2108	2358	1479	1612	1576	1874	1073	1123	1074	1214
Costos que varían/tratamiento \$/ha.												
Costo de semilla \$/ha.	80	108	80	108	80	108	80	108	80	108	80	108
Costo de trilla \$/ha.	567	578	479	536	336	366	358	426	243.8	255	244.2	276
Costo de envases \$/ha.	37.8	38.5	31.9	35.7	22.4	24.4	23.8	28.4	16.3	17.0	16.3	18.4
Costo de transporte \$/ha.	124.7	115.5	95.8	107.2	67.2	73.3	71.6	85.2	48.8	51.0	48.8	55.2
Total, costos que varían/trat. \$/ha.	809.5	840.0	686.7	786.9	505.6	571.7	533.4	647.6	388.9	431.0	389.3	457.6
Total, beneficios netos \$/ha.	1683.5	1702.0	1421.3	1571.1	973.4	1040.3	1042.6	1226.4	684.1	692.0	684.7	756.4

Cuadro 8. Análisis de dominancia

Para realizar el análisis de dominancia, de acuerdo a la metodología de Perrin et al. 2002, se ordenan los tratamientos de menor costo que varía/tratamiento con su correspondiente beneficio neto/tratamiento.

Tratamiento No.	Total, costos que varían/tratamiento \$/ha	Total, beneficios netos/tratamiento \$/ha
T9: A5B1	388.9	684.1√
T11: A6B1	389.3	684.7√
T10: A5B2	431.0	692.0√
T12: A6B2	457.6	756.4√
T5: A3B1	505.6	973.4√
T7: A4B1	533.4	1042.6√
T6: A3B2	571.7	1040.3 D
T8: A4B2	647.6	1226.4√
T3: A2B1	686.7	1421.3√
T4: A2B2	786.9	1571.1√
T1: A1B1	809.5	1683.5√
T2: A1B2	840.0	1702.0√

D: Tratamiento fue dominado

Cuadro 9. Cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR%).

Tratamiento No.	Total, costos que varían/tratamiento \$/ha	Total, beneficios netos/tratamiento \$/ha	Tasa Marginal de Retorno (TMR%)
T11: A6B1	389.3	684.7	
			18
T10: A5B2	431.0	692.0	
			242
T12: A6B2	457.6	756.4	
			452
T5: A3B1	505.6	973.4	
			249
T7: A4B1	533.4	1042.6	
			161
T8: A4B2	647.6	1226.4	
			498
T3: A2B1	686.7	1421.3	
			150
T4: A2B2	786.9	1571.1	
			497
T1: A1B1	809.5	1683.5	
			61
T2: A1B2	840.0	1702.0	

No se tomó en cuenta en el cálculo de la TMR al tratamiento T9, porque es prácticamente igual al T11 en cuanto a costos que varían por tratamiento y el beneficio neto (Cuadro 8).

Cuadro 10. Estimación de la Tasa Mínima de Retorno (TAMIR).

Componente	Porcentaje (%)
Interés financiero	14.00
Riesgo de mercado y condiciones de clima para cultivar cebada	80.00
Administración	10.00
Asistencia técnica	10.00
TOTAL, TAMIR	114%

Para realizar el Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP), se consideró el precio de la semilla registrada de cebada en \$ 0.80/kg (INIAP. 2021). Para realizar el cálculo del beneficio bruto (\$/ha), se ajustó el rendimiento de campo de cebada en un 10% (Perrin, et al, 2002), porque no es lo mismo manejar una parcela experimental de pequeña superficie en comparación a una hectárea. El precio promedio de la cebada comercial durante el año 2021, estuvo en \$0.44/kg. El cálculo del servicio de trilla, se determinó en \$ 0.10/kg. El costo de los envases (sacos) con capacidad de 45 kg, estuvo en \$0.30/unidad. El transporte se calculó en promedio a 0.02 centavos/kg, lo que equivale transportar al mercado local de Guaranda en \$1.0/quintal (45 kg).

El beneficio neto (\$/ha) más elevado tomando en cuenta únicamente los costos que varían en cada tratamiento, presentaron los tratamientos T2: A1B2 (cebada variedad INIAP Palmira con 135 kg/ha) con \$1702.0/ha, seguido del tratamiento T1: A1B1 (cebada variedad INIAP Palmira con 100 kg/ha) con \$ 1683.5/ha. El menor beneficio neto correspondió a los tratamientos T9: A5B1 (cebada variedad INIAP Cañicapa con 100 kg/ha) y en el T11: A6B1 (cebada variedad Metcalfe con 100 kg/ha) con \$684.1/ha y \$684.7/ha respectivamente (Cuadro 7).

Al realizar el análisis de dominancia, únicamente el tratamiento T6: A3B2 (cebada variedad Andreia con 135 kg/ha) fue dominado especialmente por el incremento de costos y la reducción de los beneficios netos (Cuadro 8).

Con el cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR %), hay varias opciones tecnológicas que superan ampliamente a la Tasa Mínima de Retorno estimada para la zona en 114 % (Cuadro 10). Estimar la TAMIR para cada zona agroecológica es muy importante porque ésta influye en el proceso de adopción de los productores. Ningún beneficiario del segmento de producción, aceptaría una alternativa tecnológica con un valor de la Tasa Marginal de Retorno menor al valor de la TAMIR.

Las mejores opciones tecnológicas para el cultivo de la cebada en la zona agroecológica de Laguacoto son los tratamientos T5: A3B1; T3: A2B1 y T1: A1B1 con valores de la TMR de 452%; 498% y 497% respectivamente, cuyos valores superan ampliamente al valor de la TAMIR que para la zona se estimó en 114% (Cuadros 9 y 10). La TMR de 452%, quiere decir tomando en cuenta únicamente los costos que varían por tratamiento por cada unidad de inversión se estarían recuperando \$ 4,52. Los valores de la TMR, no equivalen a una rentabilidad neta, pero sí proyectan a las mejores alternativas tecnológicas para el cultivo de cebada en la zona agroecológica de Laguacoto.

De acuerdo a estos resultados estadísticos y proyección económica las mejores opciones tecnológicas para los productores de cebada son las variedades de cebada INIAP Palmira, Alpha y Andreia con una densidad de siembra de 100 kg/ha. Estos resultados son similares a los reportados por Monar, C. 2010. La mejor densidad de siembra con semilla de categorías Registrada y Certificada es de 100 kg/ha.

Sobre todo, la variedad INIAP Cañicapa, es más susceptible al complejo de enfermedades foliares como las royas, carbones y al acame de tallo.

4.6. Comprobación de la hipótesis

La hipótesis estadística, es la suposición que se realiza acerca de las características de una población. Es utilizada para verificarla o rechazarla tras realizar el estudio estadístico pertinente. En cuanto a la estadística, una parte fundamental de ella es el trabajo con hipótesis. Las hipótesis son afirmaciones realizadas acerca de las características de una población o de la relación que pueda existir entre variables.

En esta investigación la hipótesis alterna planteada fue: la respuesta agronómica de las seis variedades de cebada es diferente y además dependen significativamente de las densidades de siembra y de la interacción genotipo ambiente.

De acuerdo a los resultados estadísticos hay suficiente evidencia científica con el 99% de seguridad que el factor principal más importante en esta diferencia estadística fue la respuesta agronómica de las variedades de cebada para la mayoría de los componentes del rendimiento, por tanto, se acepta la hipótesis alterna. Sin embargo, para el factor B: Densidades de siembra, no existió un efecto significativo especialmente en la variable más importante como es el rendimiento de cebada, aceptándose la hipótesis nula. Para la interacción de factores variedades de cebada por densidades de siembra (A*B), no se presentaron diferencias estadísticas significativas o dependencia de factores en la variable rendimiento y en la mayoría de los componentes agronómicos del rendimiento, aceptándose la hipótesis nula.

Es claro que en la zona agroecológica de Laguacoto el efecto más importante y que marcó diferencias estadísticas altamente significativas fueron las variedades de cebada, siendo las mejores accesiones INIAP Palmira, Alpha e INIAP Guaranga.

Al comparar las variedades forrajeras liberadas por el INIAP como son: INIAP Cañicapa 2003, INIAP Guaranga 2010 e INIAP Palmira 2014, estadísticamente fueron similares a las variedades Malteras Alpha, Andreia y Metcalfe.

4.7. Conclusiones y recomendaciones

4.7.1. Conclusiones

Realizado los correspondientes análisis estadísticos y económicos, se sintetizan las siguientes conclusiones:

- En relación a los descriptores morfológicos el 100% de las variedades fueron resistentes al desgrane de espigas y color del grano crema (amarillo claro), para el hábito de crecimiento el 33.33% fue erecto (variedades Alpha y Andreia), el 66.67% semierecto (variedades INIAP Palmira, INIAP Guaranga, INIAP Cañicapa y Metcalfe). En relación al número de hileras por espiga el 16.67% registró seis hileras (Exástica. Variedad Alpha) y el resto de cultivares (83.33%), mostraron dos hileras (Dística).
- La respuesta agronómica de las seis variedades de cebada fue muy diferente. Los rendimientos promedios más elevados correspondieron a las variedades A1: INIAP Palmira (Forrajera) con 6358 kg/ha y en A2: Alpha (Maltera) con 5640 kg/ha.
- La respuesta del factor B: Densidades de siembra en cuanto al rendimiento fue similar, sin embargo, el promedio superior correspondió a B2 (135 kg/ha de siembra) con 4531 kg/ha, lo que significó un 8.6% más de rendimiento como efecto principal en comparación con B1(100 kg/ha de siembra).
- En la interacción de factores variedades por densidades de siembra (A*B), no existió dependencia significativa de factores, sin embargo, los rendimientos promedios más altos se registraron en los tratamientos T2: A1B2 (INIAP Palmira con 135 kg) con 6419 kg/ha, el T1: A1B1 (INIAP Palmira con 100 kg) con 6296 kg/ha, el T4: A2B2 (Alpha con 135 kg) con 5955 kg/ha y en el T3: A2B1 (Alpha con 100 kg) con 5325 kg/ha.

- Las variables que redujeron el rendimiento de cebada fueron: incidencia de pulgones (18%), acame de raíz (15%), días a la cosecha (variedades más tardías) (76%), longitud de la espiga (14%) y el porcentaje de grano quebrado (34%).
- Los componentes agronómicos que incrementaron el rendimiento de cebada fueron: el número de plantas por metro cuadrado (17%), altura de planta (19%), tamaño del grano (45%) y el peso de mil granos (36%).
- Económicamente las mejores opciones tecnológicas para el cultivo de cebada en la zona agroecológica de Laguacoto fueron los tratamientos T5: A3B1 (Andreia con 100 kg), el T3: A2B1 (Alpha con 100 kg) y el T1: A1B1 (INIAP Palmira con 100 kg) con valores de la Tasa Marginal de Retorno (TMR%) de 452%, 498% y 497% respectivamente, superando ampliamente al valor de la Tasa Mínima de Retorno (TAMIR) que para la zona se estimó en 114%.

4.7.2. Recomendaciones

De acuerdo a la sistematización de las principales conclusiones, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Validar en procesos de investigación participativa estas variedades y otras de grano desnudo que dispone el INIAP en varias zonas agroecológicas como son: San Simón, San Lorenzo, Santa Fé, Alto Guanujo, Salinas y Simiatug (cantón Guaranda), Llacán, La Asunción, La Magdalena y Cochabamba (cantón Chimbo). Parroquia Matriz San Miguel, San Pablo y Bilován (cantón San Miguel) y en San Pedro de Guayabal (cantón Chillanes).
- La Universidad Estatal de Bolívar a través el Programa de Semillas, producir semilla certificada de las variedades INIAP Palmira, Alpha y Andreia con densidades de siembra de 100 kg/ha de semilla certificada.
- Realizar la transferencia de tecnología a los beneficiarios a través de alianzas estratégicas con el INIAP, MAG, MAQUITA, Gobiernos Parroquiales, Provincial y Organización de productores con enfoque de Cadena de Valor de la Cebada (CVC).
- Con las variedades de cebada Alpha y Andreia, la Carrera de Agroindustrias de la Facultad de Ciencias Agropecuarias dar valor agregado mediante la elaboración de cerveza artesanal y con INIAP Palmira la elaboración de harina (máchica), galletas integrales, pinol y arroz de cebada.

BIBLIOGRAFÍA

- AGRO INVERSIONES. (2010). «Manual de la cebada cervecera.» 41. Santiago, CL: Malta del sur.
- Agromonegros. (2012). <http://www.agromonegros.com/calidad-cervecera-de-la-cebada>.
- Agroseguro. (2014). https://agroseguro.es/fileadmin/proprietario/i_D_i/Cursos/6-Factores_que_afectan_a_la_produccion/Ramularia.pdf.
- Álvarez, B. (2019). En Análisis económico de un sistema productivo bajo riego por goteo., 28. Argentina. Gobierno de la provincia de Catamarca.
- Arellano, V. (2018) Manual de la cebada cervecera. <https://es.scribd.com/doc/14229542/Manual-Cebada>.
- Bertsch, J. (2012). «La fertilidad de los suelos y su manejo.» En Asociación Costarricense de la Ciencia del suelo, 156. San José, CR.
- Cattáneo et, al. (2021). Cebada Cervecera. <http://www.cebadacervecera.com.ar>. CCEA. 21 de 10 de 2021. http://www.cime.es/webeditor/pagines/file/butlleti_dinformacio_tecnica_centre_capacitacio/02.pdf.
- Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias. CCEA. (2021). http://www.cime.es/webeditor/pagines/file/butlleti_dinformacio_tecnica_centre_capacitacio/02.pdf.
- Copyright. (2011). <https://www.upov.int/overview/es/variety.html>.
- Coronel, J. (2011). «Guía práctica para los productores de cebada de la Sierra Sur.» En Boletín divulgativo N° 404, de INIAP. Cuenca - Ecuador.
- Coronel, J. y Jiménez, C. (2016). En Guía práctica para los productores de cebada de la Sierra Sur, 11. Cuenca-Ecuador: INIAP.
- Coronel, J y Jiménez, C. (2016). «Guía práctica para los productores de cebada de la Sierra Sur.» En Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito, ECU.: Boletín N° 404.
- De la Cruz, G. (2014). Control de calidad de la cerveza. 2014. <https://es.slideshare.net/giovannydelacruzcuja/control-de-calidadde-la-cerveza>.
- Falconí et, al. (2018). «Guía parfa la producción de artesanal de semilla de Calidad.» En El cultivo de cebada, 17. Quito: EC. INIAP.
- Fonseca, G. (2013). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 4.
- Garcia, F. (2008). <https://www.monografias.com/docs/La-Germinaci%C3%B3n-De-La-Cebada-En-El-FKD8BAVPJDU2Z>.

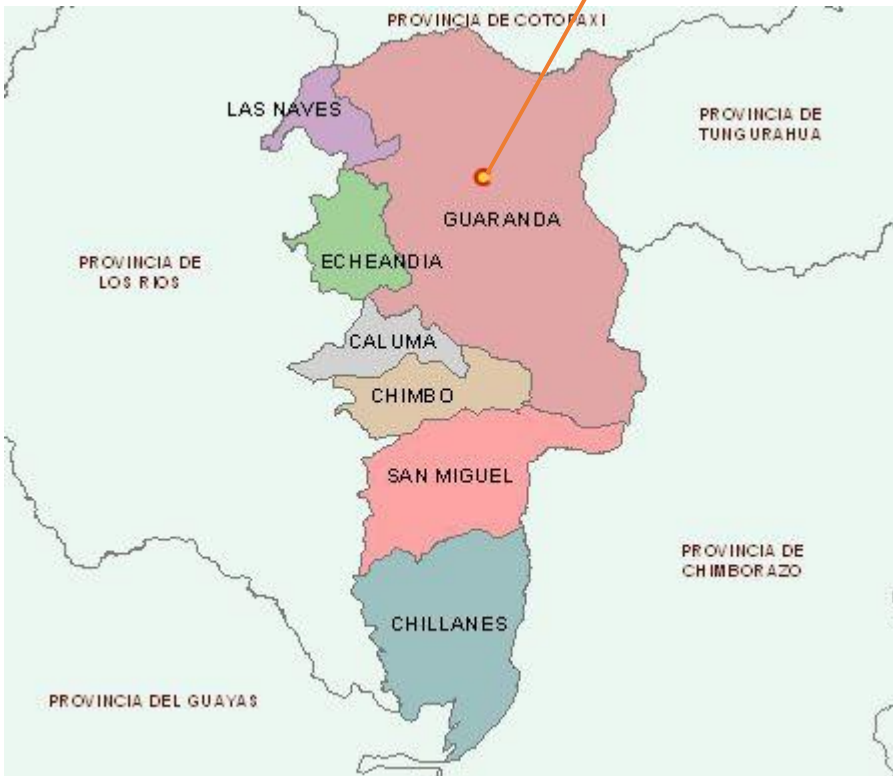
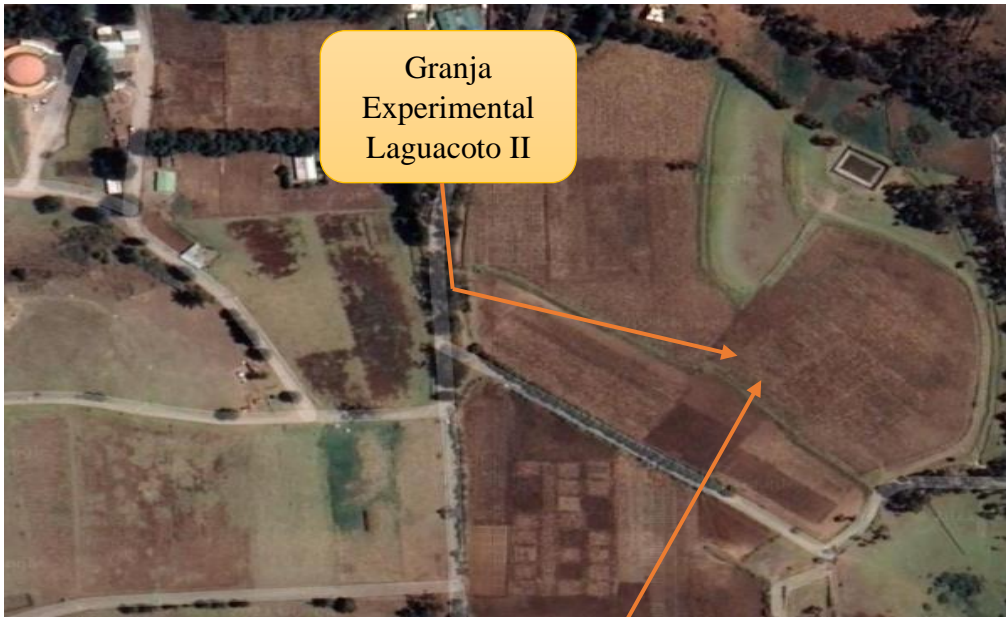
- Garófalo et, al. M. (2010). «El cultivo de cebada: guía para la producción artesanal de semilla de calidad.» De Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito, ECU: Boletín N° 390.
- Garófalo, J. (2012). En Extracción de nutrientes para el cultivo de cebada Ecuador, 5.
- Heiser. (2010). Caracterización físicoquímica de diferentes variedades de cebada. Rev Chil Nutr Vol 34, N°1.
- Holdrige, (1979). Sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge.
- Iglesias, R. y Taha, E. (2017). En Monografías de especies anuales, arbustivas y acuícolas con potencial energético, 22. Chile: ODEPA.
- Infoagro. (2012). <https://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm>. <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm>.
- INIAP. (2010). En El cultivo de cebada: Guía para la producción artesanal de semilla de calidad. Estación Experimental Santa Catalina: Boletín Divulgativo N° 390.
- INIAP. (2019). <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiMrb6g6uP1AhXOY98KHTzhCg8QFnoECAMQAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio.iniap.gob.ec%2Fbitstream%2F41000%2F5391%2F1%2FManual%2520Par%25C3%25A1metros%2520de%2520Evaluaci%25>.
- INIAP. (2016). En Nuevas variedades de cebada para la sierra centro-norte ecuatoriana. Quito: Boletín divulgativo N° 295.
- Agroscopio. (2010). Cebada INIAP-Guaranga. <http://www.agroscopio.com/ec/aviso/cebada-iniap-guaranga/>.
- Informe de actividades. (2009). Convenio INIAP-CORPOINIAO Y Cervecería Nacional. Quito.
- INIAP. (2003). «INIAP CAÑICAPA.» En La primera variedad de cebada con alto contenido de proteína, de Luis Ponce, Segundo Abad, Jorge Coronel. Miguel Rivadeneira. Estación Experimental Chuquipata.
- INIAP. (2014). «Nueva variedad de cebada, tolerante a la sequía.» En Estación Experimental Santa Catalina. Quito- Ecuador: Plegable N° 413.
- INPOFOS. (2015). Instituto de la Potasa y el Fósforo, EC. Información agronómica sobre nutrientes para los cultivos. <http://www.asufrar.com.ar/pdf/informacionagronomica.pdf>.
- INEC. (2010). Instituto Nacional de Estadística y Censos.. Sistema agroalimentario de la cebada. www.inec.gob.ec (último acceso: 17 de Marzo de 2021).

- INIAP. (2015). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. «Nuevas variedades de cebada para la sierra centro-norte ecuatoriana.» Quito: Boletín divulgativo N° 295.
- INIFAP. (2008). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Guía para cultivar cebada maltera de temporal en el estado de Hidalgo. <http://www.hidalgoproduce.org.mx/>.
- ITACyl. (2018). Instituto Tecnológico Agrario de Castillo y León. <http://plagas.itacyl.es/roya-negra-o-roya-del-tallo>.
- IPGRI. (2010). Lista de descriptores para cultivos múltiples.
- Jayasena, K. y Loughman, R. (2013). «Enfermedades foliares de la cebada.» *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*: 2,3.
- Jimenez, J. (2007). «Programa Estratégico de Investigación y Transferencia de Tecnología en el Estado de Hidalgo.» Tecnológico de Monterrey, campus Querétaro-Fundación Guanajuato: Produce A.C. P. 253.
- Journal of Basic. (2017). *Applied Genetics Vol XXVIII. BAG. Genetic diversity and genetic variability: two different.* 7 de December de 2017. https://sag.org.ar/jbag/wp-content/uploads/2019/11/A1_7-13-2.pdf.
- Lavariaga, K. (2018). *Gourmet de México*. <https://gourmetdemexico.com.mx/comida-y-cultura/el-origen-y-los-beneficios-de-la-cebada/>.
- Lejealle, F. (2013). Plagas y enfermedades de la cebada. <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-herbaceos-extensivos/trigo/1248-gusano-de-alambre-en-cereales-agriones>.
- Monar, C. (2017). Informe final proyecto de investigación y producción de semillas. Guaranda-Ecuador.
- Navarra, A. (2010). <https://www.navarraagraria.com/categories/item/809-virus-del-enanismo-amarillo-del-acebadabydv#:~:text=El%20virus%20del%20enanismo%20amarillo,era%20conocido%20en%20otras%20zonas>.
- Newman, R. (2008). *En Cebada para la alimentación y la salud: ciencia, tecnología y productos.*, 262. Iowa, Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- FAO. (2017). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Community manager y redactora *Revista Gestión*. <https://revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/el-pais-produce-mas-cebada-y-cada-vez-mejor-cerveza>.
- Padilla, G. (2019). «Micronutrient interacción. Micronutrients in Agriculture.» 243-264. Madison, ES. Soil Science Society of America, s.f.

- Padilla, W. (2012). «El fosforo en el suelo y su importancia.» En In Memorias del Tercer Curso Internaciona en el manejo de aguas y de fertilizantes en cultivos intensivos, 55-56. Quito, EC: AGROBIOLAB.
- Pérez, J. (2010). <http://lacebada10.blogspot.com/2010/06/enfermedades.html>.
- Perrochón, J. (2013) Cultivos Forrajeros de Invierno. <http://planagropecuario.org.uy/publicaciones/libros/Invierno.html>.
- Phytoma. (2012). info@phytoma.com. <https://www.phytoma.com/sanidad-vegetal/avisos-de-plagas/nematodo-de-los-cereales-de-invierno-anguina-tritici>.
- PACC. (2014). Programa de Adaptación al Cambio Climático. En Efecto de la variabilidad climática en el cultivo de cebada.
- Quino, R. (2016). En Efecto de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*) en el altiplano, 5-6. Norte Bolivia.
- Rasmusson, D. (2010). Barley, Wisconsin: US. Columbia. 522.
- Rasmusson, D. (2015). De Barley, 522. Wisconsin, US. Columbia.
- Samaniego, L. (2016). Acor. http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-II/3-CI-22.pdf.
- Ticoma, G. (2014). En Producción de cebada forrajeras (*Hordeum vulgare*) con incorporación de biol bovino bajo riego por aspersión en la estación experimental Choquenaira., 116. La Paz - Bolivia: Universidad de Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica.
- Xia, C. (2018). Herbario virtual. Cátedra de Fitopatología. Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. http://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=115.
- Zuñiga, J. (2015). AgroEs.es. <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-herbaceos-extensivos/trigo/1262-carbon-desnudo-de-cereales-ustilago#:~:text=Descripción%20de%20Carbón%20desnudo%20de%20cereales%2C%20Ustilago%20sp.&text=Rostrup%20que%20atacan%20a%20trigo,similar%20a%20l>.
- Obtenido de <http://www.cebadacervecera.com.ar>.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa físico de la ubicación geográfica del ensayo



Anexo 2. Base de datos.

Codificación de Variables Morfoagronómicas.

Variable No.	Código	Descripción	Variable No.	Código	Descripción	Variable No.	Código	Descripción
V1	Rep	Repeticiones: 3	V10	DES	Días al Espigamiento	V19	RH	Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad
V2	FA	Factor A: Seis variedades de cebada	V11	AP	Altura de planta	V20	PGQ	Porcentaje Grano Quebrado
V3	FB	Factor B: Dos densidades de siembra	V12	LE	Longitud de Espiga	V21	PMG	Peso del Mil Granos
V4	DEC	Días a la Emergencia	V13	AT	Acame de Tallo	V22	PKP	Peso en Kilogramos por Parcela
V5	PMC	Plantas por Metro Cuadrado	V14	AR	Acame de Raíz	V23	HC	Hábito de Crecimiento
V6	NM	Número de Macollos	V15	NGPE	Número de Granos Por Espiga	V24	NHE	Número Hileras por Espiga
V7	P	Incidencia de Pulgones	V16	DC	Días a la Cosecha	V25	CG	Color del Grano
V8	RA	Roya Amarilla	V17	TG	Tamaño del Grano	V26	PHG	Porcentaje Humedad del Grano
V9	C	Incidencia de Carbones	V18	PH	Peso hectolítrico	V27	DEsp	Desgrane de espigas

Base de datos para el análisis estadístico

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
REP	FA	FB	DEm	PMC	NM	P	RA	C	DE
1	1	1	9	161	4.1	25	15	0	80
1	1	2	10	176	2.9	0	10	0	85
1	2	1	12	170	4	30	20	0	82
1	2	2	12	216	2.5	20	15	0	80
1	3	1	13	150	3.9	5	23	5	90
1	3	2	13	164	3.5	10	5	5	91
1	4	1	12	174	3.3	35	5	0	82
1	4	2	11	180	3.6	30	15	0	80
1	5	1	12	150	2.7	25	5	0	91
1	5	2	10	160	3.6	25	25	0	90
1	6	1	11	178	2.9	25	10	5	92
1	6	2	12	200	3.2	30	15	0	91
2	1	1	10	179	3.9	0	10	0	82
2	1	2	11	166	3.1	0	5	0	84
2	2	1	11	165	3.3	20	15	0	80
2	2	2	13	212	2.1	15	15	0	78
2	3	1	12	170	3.4	20	10	0	92
2	3	2	11	180	3.2	30	30	5	89
2	4	1	13	162	2.6	5	5	0	80
2	4	2	12	179	3.1	5	20	5	79
2	5	1	13	125	3.3	5	10	0	92
2	5	2	12	130	4.3	30	35	0	91

2	6	1	13	164	3.1	20	15	0	93
2	6	2	11	190	3.3	50	25	0	90
3	1	1	12	196	3.8	0	10	0	83
3	1	2	12	156	4.5	5	10	0	85
3	2	1	12	160	3.5	10	17	0	83
3	2	2	11	220	4	20	20	0	81
3	3	1	11	165	3.6	10	5	5	89
3	3	2	12	170	3.2	30	20	5	90
3	4	1	13	160	2.8	30	15	0	81
3	4	2	13	192	2.8	5	5	0	80
3	5	1	12	150	3.2	30	5	0	89
3	5	2	13	164	2.6	25	15	0	90
3	6	1	12	149	4.1	15	30	0	92
3	6	2	12	198	3.6	15	20	0	92
V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20
AP	LE	AT	AR	NGPE	DC	TG	PH	RH	PGQ
106.9	6.41	0	0	20.7	115	10.1	63.139	5988	0.00
106.5	6.21	0	0	19.3	115	9.7	63.579	5694	0.00
90.8	7.43	0	0	56.7	119	9.5	56.519	5049	0.00
105.7	6.95	0	0	55.6	121	9.3	56.619	4850	0.00
75.8	7.25	0	0	24.4	132	8.1	65.359	2823	1.90
73	6.7	0	0	22.5	132	8.5	66.079	3356	1.94
101.7	7.58	5	10	23.3	123	9	63.399	3097	0.00
107.5	7.72	5	50	24.6	122	9	62.239	4292	0.00
115.3	7.7	7	70	21.1	132	8.7	63.019	3195	6.42
106.4	7.75	10	80	20.4	133	8.8	62.759	2538	5.70

82.3	6.6	0	0	22.7	132	8.3	64.519	2658	0.88
83.2	5.8	0	0	22.4	132	8.5	65.639	2784	2.53
112	6.17	0	0	19.8	116	9.3	62.499	5403	0.00
105.4	6.44	0	0	20.5	114	9.8	63.259	6194	0.00
90.4	6.63	0	0	47	120	9.4	60.059	5449	0.00
99.2	6.89	0	0	48	119	9.2	56.339	5664	0.00
83.5	6.9	0	0	23.9	133	8.5	65.239	4239	3.44
85.9	7	0	0	23.8	131	8.2	66.299	4090	4.21
107.4	8.33	5	10	24.8	122	9.1	60.139	4733	0.00
110	7.78	8	90	24.7	122	9.4	59.759	4763	0.00
103.6	7.98	5	90	20.8	132	8.8	61.639	2561	6.39
108.4	6.65	6	90	18.9	132	8.9	61.339	2940	9.60
84.7	7.25	0	0	26.3	131	8.6	62.699	2842	1.40
87.5	7.09	0	0	26.7	132	8.4	61.259	3405	2.24
117.1	5.91	0	0	18.6	114	9.1	60.499	7497	0.00
107.6	5.59	0	0	18.9	114	9.6	61.579	7370	0.00
102.5	7.22	0	0	46.6	118	9.2	57.259	5478	0.00
112.2	7.23	0	0	52.5	119	9.3	59.499	7350	0.00
79.7	7.28	0	0	25	132	8.3	65.699	4142	3.17
74.2	7.03	0	0	22.6	132	7.5	67.299	4763	5.45
103.1	7.66	2	20	23.9	122	8.9	62.059	4106	0.00
115.8	7.34	10	60	23.5	123	9.1	62.379	5145	0.00
103	7.8	5	80	20.2	133	8.1	62.479	2372	8.21
106.7	6.58	10	60	21.2	132	8.5	59.639	3029	4.71
82.4	6.45	0	0	24.6	132	7.6	62.559	2638	1.96
85.4	7.21	0	0	24.8	133	8.5	64.519	3007	0.62

V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27
PMG	PKP	HC	NHE	CG	PHG	DEsp
61.1	6.11	1	2	2	14.3	1
62.8	5.81	1	2	2	14.7	1
44.8	5.10	2	6	2	13.7	1
44.9	4.85	2	6	2	12.9	1
44.3	2.91	2	2	2	15.4	1
47.8	3.46	2	2	2	15.5	1
46.5	3.16	1	2	2	14.5	1
47.7	4.38	1	2	2	14.5	1
45.2	3.26	1	2	2	14.9	1
46.7	2.59	1	2	2	14.8	1
35.4	2.74	1	2	2	15.4	1
35.9	2.87	1	2	2	15.8	1
55.5	5.57	1	2	2	15.4	1
57.4	6.32	1	2	2	14.6	1
45.1	5.56	2	6	2	14.4	1
46.2	5.78	2	6	2	14.5	1
44.6	4.37	2	2	2	15.4	1
45.5	4.26	2	2	2	16	1
47.8	4.83	1	2	2	14.6	1
51.1	4.86	1	2	2	14.9	1
50.2	2.64	1	2	2	15.1	1
51.5	3	1	2	2	14.5	1
34.1	2.93	1	2	2	15.6	1

37.2	3.51	1	2	2	15.2	1
58.3	7.65	1	2	2	14.7	1
58.4	7.52	1	2	2	15	1
45.2	5.59	2	6	2	14.4	1
46.1	7.5	2	6	2	14.4	1
43.2	4.27	2	2	2	15.8	1
46.5	4.91	2	2	2	15.4	1
48.9	4.19	1	2	2	14.5	1
47.9	5.25	1	2	2	15	1
49.7	2.42	1	2	2	14.6	1
50.2	3.06	1	2	2	14.2	1
35.8	2.72	1	2	2	15.3	1
36.5	3.1	1	2	2	15.2	1

Anexo 3. Resultados del análisis de varianza (ADEVA)

Analysis of Variance Table for AP (Altura de Planta)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	53.24	26.62		
FA	5	5210.32	1042.06	48.07**	0.0000
FB	1	39.90	39.90	1.84ns	0.1886
FA*FB	5	281.70	56.34	2.60ns	0.0542
Error	22	476.93	21.68		
Total	35	6062.09			

Grand Mean 97.842 cm CV 4.76%

ns: no significativo. * Significativo al 5%. **Altamente significativo al 1%.

Analysis of Variance Table for AR (Acame de Raíz)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	238.9	119.44		
FA	5	32413.9	6482.78	104.78**	0.0000
FB	1	625.0	625.00	10.10**	0.0043
FA*FB	5	3658.3	731.67	11.83**	0.0000
Error	22	1361.1	61.87		
Total	35	38297.2			

Grand Mean 19.722% CV 39.88%

Analysis of Variance Table for AT (Acame de Tallo)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	0.500	0.2500		
FA	5	343.333	68.6667	47.96**	0.0000
FB	1	11.111	11.1111	7.76*	0.0108
FA*FB	5	22.556	4.5111	3.15*	0.0271
Error	22	31.500	1.4318		
Total	35	409.000			

Grand Mean 2.1667% CV 55.23%

Analysis of Variance Table for C (Incidencia de Carbones)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	1.389	0.6944		
FA	5	78.472	15.6944	7.10**	0.0004
FB	1	0.694	0.6944	0.31ns	0.5807
FA*FB	5	11.806	2.3611	1.07ns	0.4044
Error	22	48.611	2.2096		
Total	35	140.972			

Grand Mean 0.9722% CV 152.89%

Analysis of Variance Table for DC (Días a la Cosecha)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	0.88889	0.44444		
FA	5	1779.56	355.911	664.82**	0.0000
FB	1	1.292E-26	1.292E-26	0.00ns	1.0000
FA*FB	5	2.66667	0.53333	1.00ns	0.4429
Error	22	11.7778	0.53535		
Total	35	1794.89			

Grand Mean 125.44 Días CV 0.58%

Analysis of Variance Table for DE (Días al Espigamiento)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	1.167	0.583		
FA	5	829.583	165.917	118.38**	0.0000
FB	1	1.361	1.361	0.97ns	0.3351
FA*FB	5	23.806	4.761	3.40*	0.0200
Error	22	30.833	1.402		
Total	35	886.750			

Grand Mean 86.083 Días CV 1.38%

Analysis of Variance Table for Dem (Días a la Emergencia)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	2.7222	1.36111		
FA	5	9.8889	1.97778	2.04ns	0.1116
FB	1	0.1111	0.11111	0.11ns	0.7379
FA*FB	5	2.2222	0.44444	0.46ns	0.8019
Error	22	21.2778	0.96717		
Total	35	36.2222			

Grand Mean 11.778 Días CV 8.35%

Analysis of Variance Table for LE (Longitud de Espigas)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	0.1371	0.06856		
FA	5	9.3229	1.86458	10.58**	0.0000
FB	1	0.5852	0.58523	3.32ns	0.0821
FA*FB	5	0.6514	0.13027	0.74ns	0.6025
Error	22	3.8789	0.17631		
Total	35	14.5755			

Grand Mean 7.0142 cm CV 5.99%

Analysis of Variance Table for NGPE (Número de Granos por Espiga)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	5.77	2.886		
FA	5	4206.85	841.369	160.87**	0.0000
FB	1	0.01	0.007	0.00ns	0.9713
FA*FB	5	9.40	1.880	0.36ns	0.8705
Error	22	115.06	5.230		
Total	35	4337.09			

Grand Mean 27.258 Granos CV 8.39%

Analysis of Variance Table for NM (Número de Macollos por Planta)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	0.3750	0.18750		
FA	5	1.6000	0.32000	1.03ns	0.4227
FB	1	0.1600	0.16000	0.52ns	0.4798
FA*FB	5	1.4833	0.29667	0.96ns	0.4643
Error	22	6.8117	0.30962		
Total	35	10.4300			

Grand Mean 3.3500 Macollos/planta CV 16.61%

Analysis of Variance Table for P (Incidencia de Pulgones)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	218.06	109.028		
FA	5	1561.81	312.361	2.47ns	0.0639
FB	1	34.03	34.028	0.27ns	0.6091
FA*FB	5	661.81	132.361	1.05ns	0.4157
Error	22	2781.94	126.452		
Total	35	5257.64			

Grand Mean 18.194% CV 61.81%

Analysis of Variance Table for PGQ (Porcentaje de Grano Quebrado)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	2.642	1.3211		
FA	5	224.313	44.8626	42.38**	0.0000
FB	1	0.290	0.2898	0.27ns	0.6061
FA*FB	5	1.692	0.3384	0.32ns	0.8958
Error	22	23.289	1.0586		
Total	35	252.226			

Grand Mean 1.9658% CV 52.34%

Analysis of Variance Table for PH (Peso Hectolítico)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	6.429	3.2144		
FA	5	220.687	44.1375	23.10**	0.0000
FB	1	0.047	0.0469	0.02ns	0.8769
FA*FB	5	5.664	1.1328	0.59ns	0.7055
Error	22	42.033	1.9106		
Total	35	274.860			

Grand Mean 62.191 Puntos/Hectolitro CV 2.22%

Analysis of Variance Table for PMC (Plantas Por Metro Cuadrado)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	3313	1656.3		
FA	5	40733	8146.7	9.38**	0.0001
FB	1	36864	36864.0	42.46**	0.0000
FA*FB	5	4933	986.7	1.14ns	0.3708
Error	22	19101	868.2		
Total	35	104944			

Grand Mean 173.33 Plantas/m² CV 17.00%

Analysis of Variance Table for PMG (Peso de Mil Granos)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	0.63	0.317		
FA	5	1667.13	333.425	95.86**	0.0000
FB	1	16.81	16.810	4.83*	0.0387
FA*FB	5	3.03	0.605	0.17ns	0.9695
Error	22	76.52	3.478		
Total	35	1764.12			

Grand Mean 47.111 g CV 3.96%

Analysis of Variance Table for RA (Incidencia de Roya Amarilla)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	45.39	22.694		
FA	5	385.22	77.044	1.44ns	0.2479
FB	1	177.78	177.778	3.33ns	0.0815
FA*FB	5	433.56	86.711	1.63ns	0.1948
Error	22	1173.28	53.331		
Total	35	2215.22			

Grand Mean 14.722% CV 49.60%

Analysis of Variance Table for RH (Rendimiento de grano en kg/ha)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	4682972	2341486		
FA	5	6.308E+07	1.261E+07	38.55**	0.0000
FB	1	1347147	1347147	4.12ns	0.0548
FA*FB	5	502881	100576	0.31ns	0.9032
Error	22	7200383	327290		
Total	35	7.681E+07			

Grand Mean 4319.6 kg/ha CV 13.24%

Analysis of Variance Table for TG (Tamaño del Grano)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	0.8239	0.41194		
FA	5	9.6622	1.93244	29.74**	0.0000
FB	1	0.0711	0.07111	1.09ns	0.3068
FA*FB	5	0.3222	0.06444	0.99ns	0.4453
Error	22	1.4294	0.06497		
Total	35	12.3089			

Grand Mean 8.8556 mm CV 2.88%

Significancia estadística:

ns: no significativo

***Significativo al 5%**

****Altamente significativo al 1%.**

Anexo 4. Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación del ensayo



Selección y peso de las diferentes semillas para realizar la siembra



Trazado del terreno

Siembra



Días a la emergencia en el campo

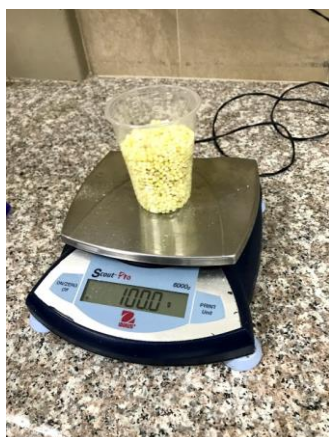


Aplicación de insecticida (bala) y fijador agrícola, para control de ortópteros



Número de plantas por metro cuadrado

Numero de macollos por planta



Aplicación de fertilizante urea



Fumigación para las malezas



Evaluación de plagas y enfermedades

Fumigación para el control del pulgón



Fumigación para el control de la roya, con 25cm³ de till por bomba + 20cm³ de agropega.



Días al espigamiento



Visita de los ingenieros cervecería nacional



Hábito de crecimiento



Identificación del carbón



Acame de raíz



Realización de la desmezcla



Fotos aéreas de los ensayos



Corte del metro cuadrado de cada parcela



Altura de planta



Cosecha



Secado



Aventado



Número de granos por espiga



Número de hileras por espiga



Desgrane de la espiga



Visita de campo



Peso en kilogramos/parcela



Porcentaje de humedad de grano



Rendimiento en kg/ha



Grano quebrado



Peso hectolítrico

Color de grano



Tamaño de grano

Peso de 1000 granos



Almacenado



Pre defensa

Anexo 5. Glosario de términos técnicos

Accesión: Una muestra distinta, singularmente identificable de semillas que representa un cultivar, una línea de cría o una población y que se mantiene almacenada para su conservación y uso.

Acervo genético primario: El acervo genético de especies similares o estrechamente relacionadas entre las cuales el cruce es fácil y produce cría totalmente fértil. Es la variabilidad genética de más fácil acceso. El acervo genético primario corresponde al concepto de especie biológica.

Antesis: Fase de expansión de una flor, durante la cual ocurre la polinización. También se llama así a todo el desarrollo floral, desde la aparición del capullo hasta la marchitez de la flor.

Antocianinas: Son pigmentos hidrosolubles que se hallan en las vacuolas de las células vegetales y que otorgan el color rojo, púrpura o azul a las hojas, flores y frutos. Desde el punto de vista químico, las antocianinas pertenecen al grupo de los flavonoides y son glucósidos de las antocianidinas, es decir, están constituidas por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que se le une un azúcar por medio de un enlace glucosídico. Sus funciones en las plantas son múltiples, desde la de protección de la radiación ultravioleta, la de atracción de insectos polinizadores, hasta impedir la congelación de las frutas, como las uvas

Autógama: Modo de reproducción sexual consistente en la fusión de gametos femeninos y masculinos producidos por el mismo individuo. La polinización con el polen producido por la misma flor o la misma planta es una condición necesaria pero no suficiente para que se produzca autogamia, ya que el polen debe ser capaz de germinar en el estigma, crecer en el estilo y efectuar la doble fecundación.

Cambio climático: Se llama cambio climático a la variación global del clima de la Tierra. Esta variación se debe a causas naturales y a la acción del hombre y se produce sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc., a muy diversas escalas de tiempo.

Cerveza: La cerveza es una bebida alcohólica, no destilada, de sabor amargo, que se fabrica con granos de cebada germinados u otros cereales cuyo almidón se fermenta en agua con levadura y se aromatiza a menudo con lúpulo, entre otras plantas.

Citocromos: Son proteínas que tienen como característica común la presencia de un grupo prostético hemo que contiene hierro. Debido a este grupo hemo estas proteínas tienen una intensa capacidad de absorción de luz visible característica.

Citoquininas: Son un grupo de hormonas vegetales (fitohormonas) que promueven la división y la diferenciación celular. Su nombre proviene del término «citocinesis» que se refiere al proceso de división celular. Son hormonas fundamentales en el proceso de organogénesis en las plantas y en la regulación de diversos procesos fisiológicos como fotosíntesis, regulación del crecimiento (dominancia apical), senescencia, apoptosis (muerte programada) vegetal, inmunidad vegetal (resistencia a patógenos), tolerancia y defensa ante herbívoros.

Colección núcleo: Un subconjunto seleccionado para contener la máxima variación disponible en un pequeño número de muestras.

Coleóptilo: Es la estructura que emerge inicialmente desde la semilla hacia arriba, se aproxima a la superficie del suelo a través de la elongación del mesocotilo. En el momento en que el ápice del coleóptilo recibe estímulos lumínicos, aún bajo la superficie del suelo, reanuda su crecimiento, elongando y produciendo la emergencia de las plántulas. Su carácter consistente y extremo aguzado, lo convierten en una estructura especializada para lograr la emergencia. Inmediatamente a continuación de que el coleóptilo aparece sobre el suelo, da paso a la hoja cotiledonar y a la primera hoja verdadera en rápida sucesión.

Cultivar: Un cultivo es un grupo de plantas seleccionadas artificialmente por diversos métodos a partir de un cultivo más variable, con el propósito de fijar en ellas caracteres de importancia para el obtentor que se mantengan tras la reproducción.

Encañado: Cuando el cereal llega a esta fase de desarrollo, un número determinado de tallos se transforma en tallos portadores de espigas, otros retrasan su crecimiento, se detienen, e incluso llegan a retroceder en el mismo.

Gavillas: Es un conjunto agrupado de sarmientos, cañas, mieses, ramas, hierba, etc., mayor que el manojito y menor que el haz.

Híbrido: Organismo vivo procedente del cruce de dos organismos de razas, especies o subespecies distintas o de cualidades diferentes.

Lemma: Se llama así el momento en que las anteras amarillas son claramente visibles en las espigas. Cada lemma y palea de la florecilla se separan al hincharse sus lodículos lo que permite que las anteras emerjan.

Letargo: Corresponde al período de tiempo en el que las semillas parecen estar “dormidas” después de madurar dentro de los frutos y ser dispersadas.

Lígula: Apéndice, generalmente membranoso, que se halla en la línea de unión del limbo y el pecíolo de algunas hojas, y de ciertos pétalos en su base.

Malta: El malteado es un proceso aplicado a los granos de cereal, que se hacen germinar sumergiéndolos en agua, para luego secarlos rápidamente mediante aire caliente.

Mosto: El mosto es el líquido que se obtiene previo a la fermentación de una cerveza. Contiene azúcares de la malta, el lúpulo y otros añadidos durante la cocción.

Número de accesión: Identificador único asignado por el curador cuando la accesión se incorpora a un banco de germoplasma. Este número no debe ser asignado a otra accesión.

Parvas: Cereal segado y extendido sobre la era para ser trillado.

Primordios: Conjunto de células embrionarias que tiene la propiedad de dividirse a un ritmo considerable para formar los distintos órganos de la planta.

Proteína: Las proteínas o prótidos son macromoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos. Las proteínas están formadas por aminoácidos y esta secuencia está determinada por la secuencia de nucleótidos de su gen correspondiente.

Resiliencia: Es una virtud que consiste en superar y adaptarte a momentos adversos, con la confianza de que saldrás adelante a pesar de todo. Son muchos los acontecimientos que pueden afectarte emocionalmente: una ruptura amorosa, dificultades económicas, proyectos fracasados, entre otros.

Retrograda: Ante un exceso de luz, los orgánulos envían señales al núcleo de la célula para reducir el desarrollo de la planta. Tales genes les permiten enviar señales al núcleo para informarle de su estado.

Seguridad alimentaria: La seguridad alimentaria hace referencia a la disponibilidad suficiente y estable de alimentos, su acceso oportuno y su aprovechamiento biológico, de manera estable a través del tiempo.

Senescencia: La senescencia es un proceso de desarrollo activo que está controlado por el programa genético de la planta y se inicia por cambios específicos en el ambiente o en el desarrollo.

Teliosporas: Son las esporas de descanso de algunos hongos de la división Basidiomycota (como las royas y los carbones), de las cuales emerge el basidio. Las teliosporas suelen presentar una tonalidad oscura y paredes gruesas, especialmente en especies adaptadas a resistir el invierno.

Turgencia: Es el fenómeno que ocurre cuando una célula se hincha debido a la presión ejercida por los fluidos y por el contenido celular sobre las paredes de la célula.

Variedad: Un cultivo es un grupo de plantas seleccionadas artificialmente por diversos métodos a partir de un cultivo más variable, con el propósito de fijar en ellas caracteres de importancia para el obtentor que se mantengan tras la reproducción.