

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA



**“EFECTO DE LA MODIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LAS ESPIGAS
EN EL RENDIMIENTO Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE
LÍNEAS MUTANTES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) OBTENIDAS
CON IRRADIACION GAMMA”**

Presentado por:

ALEJANDRA NATALHY BALDOCEDA VASQUEZ

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

Lima- Perú

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA

“EFECTO DE LA MODIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LAS ESPIGAS EN EL RENDIMIENTO Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE LÍNEAS MUTANTES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) OBTENIDAS CON IRRADIACION GAMMA”

Presentado por:

ALEJANDRA NATALHY BALDOCEDA VASQUEZ

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. Mg. Sc. Julián Chura Chuquiya
PRESIDENTE

Dra. Luz Gómez Pando
PATROCINADOR

Dr. Jorge Jiménez Dávalos
MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. Enrique Aguilar Castellanos
MIEMBRO

Lima – Perú
2015

Dedicatoria

A mi familia y amigos

Gracias.

AGRADECIMIENTOS

- A la OIEA a través del proyecto de investigación (CRP): “Integrated utilization of cereal mutant varieties in crop/livestock production systems”D2.30.30. Research contract N° 17496: Project: Evaluation of barley mutant lines for food and forage production for the highland of Peru.
- A la Dra. Luz Gómez Pando por su contribución en el desarrollo de este trabajo de investigación.
- Al Programa de Cereales y Granos Nativos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, a sus colaboradores por su orientación y apoyo constante.
- A los miembros del jurado por sus aportes y sugerencias para el término de la tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCIÓN	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1 ORIGEN DE LA CEBADA	5
3.2 CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA (TAXONOMÍA)	5
3.3 DESCRIPCIÓN GENERAL	6
3.4 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	7
3.5 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL	8
3.6 MORFOLOGÍA DE LA CEBADA	9
3.6.1. SISTEMA RADICULAR	9
3.6.2. TALLOS	9
3.6.3. HOJAS	10
3.6.4. INFLORESCENCIAS	10
3.6.5. FRUTO O GRANO	11
3.7 CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA CEBADA	11
3.7.1. GERMINACIÓN (0)	12
3.7.2. PRODUCCIÓN DE HOJAS O CRECIMIENTO DE PLÁNTULA (1)	12
3.7.3. PRODUCCIÓN DE MACOLLOS O MACOLLAMIENTO (2)	12
3.7.4. PRODUCCIÓN DE NUDOS O ENCAÑADO (3)	13
3.7.5. VAINA ENGROSADA (4)	13
3.7.6. ESPIGADO (5)	14
3.7.7. ANTESIS (6)	14
3.7.8. DESARROLLO DEL GRANO Y MADURACIÓN - ESTADO LECHOSO (7) Y ESTADO PASTOSO DEL GRANO (8)	14
3.7.9. MADUREZ (9)	15
3.8. RENDIMIENTO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN CEBADA	17
3.8.1. NÚMERO DE ESPIGAS POR PLANTA	19
3.8.2. NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA	19

3.8.3. PESO DE MIL GRANOS	20
3.9. ÍNDICE DE COSECHA	21
3.10. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES	22
3.10.1. CLIMA	22
3.10.2. TEMPERATURA	22
3.10.3. SUELO	23
3.11. FACTORES BIÓTICOS LIMITANTES PARA SU CULTIVO	24
3.11.1. PLAGAS	24
3.11.2. ENFERMEDADES	24
3.11.3. MALEZAS	25
3.12. MEJORAMIENTO GENÉTICO	25
3.13. IMPORTANCIA DE LA INDUCCIÓN DE MUTACIONES	28
3.14. LIMITACIONES DEL EMPLEO DE LA INDUCCIÓN DE MUTACIONES EN EL MEJORAMIENTO	29
3.15. EFECTO DE LA MORFOLOGÍA DE LA ESPIGA EN EL RENDIMIENTO	31
3.16. DESCRIPTORES DE LA CEBADA	32
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	34
4.1. MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO	34
4.2. MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO	34
4.3. MATERIAL GENÉTICO	35
4.4. METODOLOGÍA	36
4.4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL	36
4.4.2. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL	37
4.4.3. CROQUIS DEL EXPERIMENTO	38
4.4.4. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	40
4.4.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	42
4.5. EVALUACIONES	43
4.5.1. MUTACIONES EN LA MORFOLOGÍA DE LA ESPIGA	43
4.5.2. CARACTERES AGRONÓMICOS	43
4.5.3. CARACTERES DE CALIDAD	45
V. RESULTADOS Y DISCUSION	47

5.1.	MUTACIONES EN LA MORFOLOGÍA DE LA ESPIGA	47
5.2.	CARACTERES AGRONÓMICOS	60
5.2.1.	RENDIMIENTO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	60
5.2.2.	ÍNDICE DE COSECHA	71
5.2.3.	ALTURA DE PLANTA	76
5.2.4.	ACAME	80
5.2.5.	OIDIOSIS (RESPUESTA A ENFERMEDADES)	84
5.3.	CARACTERES DE CALIDAD	88
5.3.1.	CONTENIDO DE PROTEÍNA EN EL GRANO	88
5.3.2.	PESO HECTOLÍTRICO	93
5.3.3.	PORCENTAJE DE GRANO DE PRIMERA	97
5.4.	IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS PURAS DE MAYOR POTENCIAL	103
VI.	CONCLUSIONES	109
VII.	RECOMENDACIONES	111
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
IX.	ANEXOS	124

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Composición del grano de cebada por 100g de sustancia	8
Cuadro 2: Composición de la paja por 100g de sustancia	8
Cuadro 3: Composición de la cebada verde por 100g de sustancia	8
Cuadro 4: Análisis de varianza (ANVA) para un diseño de látice parcialmente balanceado	37
Cuadro 5: Randomización de parcelas en el experimento	38
Cuadro 6: Cronograma de actividades realizadas durante la conducción del experimento	42
Cuadro 7: Descripción de las mutaciones en las espigas de las líneas en estudio de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	49
Cuadro 8: Cuadros Medios del análisis de varianza del rendimiento (kg/ha), número de granos por espiga y peso de mil granos (g) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.	61
Cuadro 9: Valores medios de la variable rendimiento (kg/ha) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.	62

- Cuadro 10: Valores medios de la variable número de granos por espiga según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B. 65
- Cuadro 11: Valores medios de la variable peso de mil granos (g) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B. 69
- Cuadro 12: Cuadrados Medios del análisis de Varianza de caracteres agronómicos: índice de cosecha (%), altura de planta (cm), acame y oidiosis del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B. 73
- Cuadro 13: Valores medios de la variable porcentaje de índice de cosecha (% IC) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B. 74
- Cuadro 14: Valores medios de la variable altura de planta (cm) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum*

- vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B. 78
- Cuadro 15: Valores medios de la variable acame (%) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B. 82
- Cuadro 16: Valores medios de la variable oidiosis (%) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B. 86
- Cuadro 17: Cuadrados Medios del análisis de varianza del contenido de proteína en grano (%), peso hectolítrico (kg/hl) y porcentaje de grano de primera (%) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma”. Campaña 2012B. 90
- Cuadro 18: Valores medios de la variable contenido de proteína en grano (%) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B. 91
- Cuadro 19: Valores medios de la variable peso hectolitrico (kg/hl) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum*

	<i>vulgare</i> L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.	95
Cuadro 20:	Valores medios de la variable porcentaje de grano de primera (%) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.	99
Cuadro 21:	Resultados de caracteres agronómicos y de calidad de líneas mutantes seleccionadas y del testigo UNA La Molina 96 de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	103

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Fases en las que se determinan los componentes de rendimiento en el cultivo de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	16
Figura 2: Secuencia del proceso de mejoramiento de la cebada en el Perú	27
Figura 3: Croquis del experimento:	39
Figura 4: Cebada variedad UNA La Molina 96	51
Figura 5: Genotipo de cebada CM6h-26	52
Figura 6: Genotipo de cebada CM6h-269	52
Figura 7: Genotipo de cebada CM6h-270	52
Figura 8: Genotipo de cebada CM6h-278	52
Figura 9: Genotipo de cebada CM6h-281	52
Figura 10: Genotipo de cebada CM6h-285	52
Figura 11: Genotipo de cebada CM6h-286	53
Figura 12: Genotipo de cebada CM6h-287	53
Figura 13: Genotipo de cebada CM6h-291	53
Figura 14: Genotipo de cebada CM6h-293	53
Figura 15: Genotipo de cebada CM6h-295	53
Figura 16: Genotipo de cebada CM6h-296	53
Figura 17: Genotipo de cebada CM6h-298	54
Figura 18: Genotipo de cebada CM6h-300	54
Figura 19: Genotipo de cebada CM6h-301	54
Figura 20: Genotipo de cebada CM6h-304	54

Figura 21:	Genotipo de cebada CM6h-313	54
Figura 22:	Genotipo de cebada CM6h-316	54
Figura 23:	Genotipo de cebada CM6h-319	55
Figura 24:	Genotipo de cebada CM6h-321	55
Figura 25:	Genotipo de cebada CM6h-325	55
Figura 26:	Genotipo de cebada CM6h-326	55
Figura 27:	Genotipo de cebada CM6h-329	55
Figura 28:	Genotipo de cebada CM6h-330	55
Figura 29:	Genotipo de cebada CM6h-332	56
Figura 30:	Genotipo de cebada CM6h-333	56
Figura 31:	Genotipo de cebada CM6h-334	56
Figura 32:	Genotipo de cebada CM6h-335	56
Figura 33:	Genotipo de cebada CM6h-336	56
Figura 34:	Genotipo de cebada CM6h-348	56
Figura 35:	Genotipo de cebada CM6h-376	57
Figura 36:	Genotipo de cebada CM6h-465	57
Figura 37:	Genotipo de cebada CM6h-535	57
Figura 38:	Genotipo de cebada CM6h-536	57
Figura 39:	Genotipo de cebada CM6h-542	57
Figura 40:	Genotipo de cebada CM6h-543	57
Figura 41:	Genotipo de cebada CM6h-545	58
Figura 42:	Genotipo de cebada CM6h-546	58
Figura 43:	Genotipo de cebada CM6h-548	58
Figura 44:	Genotipo de cebada CM6h-551	58

Figura 45:	Genotipo de cebada CM6h-594	58
Figura 46:	Genotipo de cebada CM6h-596	58
Figura 47:	Genotipo de cebada CM6h-600	59
Figura 48:	Genotipo de cebada CM6h-601	59
Figura 49:	Genotipo de cebada CM6h-603	59
Figura 50:	Genotipo de cebada CM6h-604	59
Figura 51:	Genotipo de cebada CM6h-616	59
Figura 52:	Genotipo de cebada CM6h-617	59

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Producción en toneladas (t) de cebada-grano (Periodo: 1993-2013)	124
Anexo 2: Superficie cosechada (ha) de cebada-grano (Periodo: 1993-2013)	125
Anexo 3: Rendimiento nacional (kg/ha) de cebada-grano (Periodo: 1992-2013)	125
Anexo 4: Importaciones de cebada (2013-2014)	126
Anexo 5: Estado de crecimiento de la cebada desarrollado por J.C. Zadocks, T.T. Chang y C.F. Konzak (en A Decimal Code for the Growth Stages of Cereals. 1974. Eucarpia Bull. N° 7 pp 42-52) y modificado por Totman Makepeace.	127
Anexo 6: Descriptores para cebada. IBPGR (1994)	128
Anexo 7: Rendimientos, componentes de rendimientos, características agronómicas y de calidad de los 48 genotipos de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) irradiados con rayos gamma y de la variedad Testigo UNA La Molina 96.	130
Anexo 8: ANVA de las variables en estudio del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) obtenidas con irradiación gamma.	132
Anexo 9: Cuadrados Medios de las variables en estudio del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.	137
Anexo 10: Resultados de Prueba de DLS ($\alpha=0.01$) para las variables del experimento.	138
Anexo 11: Resultados de las evaluaciones de calidad de los 49 genotipos	

evaluados del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma.

143

Anexo 12: Tipos de espigas de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas del experimento.

146

RESUMEN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es un cultivo importante en la sierra del Perú donde se emplea como alimento principal en la dieta alimenticia de la población rural. Es importante mejorar los rendimientos y la calidad nutritiva de este cereal debido principalmente a que es una de las pocas especies que es capaz de prosperar entre los 3200 a 4000 m.s.n.m; en suelos marginales y con climas adversos. La presente investigación tuvo como objetivo principal estudiar los efectos de las mutaciones morfológicas de espigas en el rendimiento y la calidad de cebada. La población en estudio estuvo conformada por 48 líneas de cebada de 6 hileras con mutaciones en la espiga tales como; densidad de espiga (de intermedia a laxa y densa), posición de la espiga (de inclinada a intermedia y erecta); longitud de arista (de larga a corta), tipo de arista (de arista larga a caperuza sentada y pedicelada), de forma de arista (de lisa a crespa y muy crespa) y longitud de espiga (de intermedia a larga y pequeña); y un testigo de comparación o material parental variedad UNA La Molina 96. El experimento se instaló en la Universidad Nacional Agraria La Molina en Lima, campaña 2012-2013. El diseño estadístico empleado fue de Bloques Incompletos Parcialmente Balanceados (BIPB) o Lattice 7x7 con 3 repeticiones y cada repetición tuvo 7 bloques con 7 unidades experimentales por bloque. Las características evaluadas fueron el rendimiento, componentes de rendimiento, índice de cosecha, altura de planta, acame, respuesta a la enfermedad Oidiosis (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) y los caracteres de calidad; contenido de proteína en grano, peso hectolítrico y porcentaje de grano de primera. Los resultados obtenidos indican que no existió una asociación marcada entre la morfología de la espiga y las variables en estudio, pero se encontró que hubo una relación entre las características de líneas mutantes: tipo de espigas de tamaño intermedio, densidad intermedia, aristas largas y aristas lisas; y un alto rendimiento y calidad nutritiva. La línea mutante CM6h-542 fue la que presentó un rendimiento superior y de comportamiento similar a la variedad UNA La Molina 96 en el experimento. Las líneas CM6h-616, CM6h-603, CM6h-600, CM6h-376, CM6h-617, CM6h-596 y CM6h-546 presentaron número de granos por espiga superiores y diferentes características de espiga, por lo que no se encontró asociación alguna entre este componente de rendimiento y la morfología de la espiga. La línea CM6h-26 fue superior en peso de mil granos. El peso de mil granos,

tuvo una correlación positiva con los rendimientos obtenidos por las líneas mutantes. Las líneas CM6h-270, CM6h-300, CM6h-296, CM6h-285, CM6h-281, CM6h-298 y CM6h-278 tuvieron un contenido de proteína superior y son potenciales para su uso en la alimentación humana. Las líneas mutantes CM6h-596, CM6h-551, CM6h-594, CM6h-535, CM6h-542, CM6h-536, CM6h-376, CM6h-546 de pesos hectolitricos superiores a la variedad UNA La Molina 96, estas fueron en su mayoría del tipo de espiga de tamaño intermedio y de aristas largas y lisas. Las líneas puras mutantes CM6h-542, CM6h-546 y la CM6h-596 se perfilan como las de mayor potencial de rendimiento y calidad nutritiva para programas de mejoramiento. Además, se identificaron 15 líneas mutantes valiosas como la CM6h-542, superior en rendimiento (2224.98 kg/ha), peso de mil granos (57.84 g), índice de cosecha (26.08%), mayor tolerancia a la enfermedad de oidiosis (19.62% de severidad), mayor contenido de proteína (14.18%) y mayor peso hectolítrico (65.15%). Otras líneas sobresalientes en una característica fueron la CM6h-603 con 73.40 granos por espiga, CM6h-26 con un peso de mil granos igual a 64.61 g, CM6h-601 con 29.31% de índice de cosecha, las líneas mutantes CM6h-617 y CM6h-376 con 14.8% de proteína y la CM6h-596 con 66.94 kg/hl de peso hectolítrico.

Palabras claves: cebada, rendimientos, mutaciones, morfología-espiga

II. INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es el cuarto cereal más importante después del trigo, maíz y el arroz, ocupando a nivel mundial casi 60 millones de hectáreas, la razón de su importancia se debe a su amplia adaptación ecológica y a su diversidad de aplicaciones.

En el Perú, la cebada está entre las primeras especies alimenticias en función a superficie cultivada. Se siembra mayormente sobre los 3000 m de altura y es con la papa una de las fuentes más importantes de alimento en estas zonas. Las principales regiones productoras del cereal son: Puno, Cusco, Junín y Huancavelica, que en conjunto producen el 48% del volumen. Su producción tuvo un incremento (cerca del 50%) en los últimos 20 años, debido principalmente a un aumento del 35% del área cosechada, 101,177 ha en 1993 y 154,127 ha en el año 2013, ver Anexos 1 y 2. El rendimiento promedio nacional de la cebada se ha incrementado en 45% de 0.84 t/ha a 1.5 t/ha entre 1992 al 2013 (OEEE-MINAG, 2014, ver Anexo 3) respectivamente, por el empleo principalmente de variedades mejoradas y otros factores.

Si bien su rendimiento se ha incrementado, se requiere mayores rendimientos para una mejor provisión de alimentos y rentabilidad del agricultor. Este mayor rendimiento se puede lograr, entre otros factores, con variedades con mayor potencial de productividad. Las variedades pueden ser desarrolladas con diferentes métodos de mejoramiento, entre ellos empleando la inducción de mutaciones. Desde el establecimiento de la unión FAO/IAEA hasta el 2014, más de 3230 mutantes han sido registrados en 214 especies de plantas y en más de 71 países alrededor del mundo (<http://mvgs.iaea.org>). Existen antecedentes de la obtención

de variedades mutantes en cebada (Novak & Brunner, 1992) que han contribuido en forma significativa al desarrollo de este cultivo y la cebada ha sido y sigue siendo un modelo para el estudio de mutaciones y para el mejoramiento genético (Forster *et al.*, 2012). El OIEA señala que actualmente existen 305 mutantes de cebada registrados a nivel mundial hasta el año 2014 (<http://mvgs.iaea.org>). Muchos caracteres de las plantas pueden ser modificados entre ellos la morfología, fisiología y calidad (Maluszynski *et al.*, 1995; Maluszynski *et al.*, 1999; Maluszynski *et al.*, 2000; Gonzalez, 2004, Forster *et al.*, 2012).

Considerando lo señalado anteriormente, en la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

1. Comparar el rendimiento, componentes de rendimiento y calidad nutritiva de líneas puras de cebada con mutaciones en la morfología de la espiga.
2. Identificar líneas puras mutantes de mayor potencial de rendimiento de granos y calidad nutritiva.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. ORIGEN DE LA CEBADA

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) fue una de las primeras plantas domesticadas aproximadamente hace diez mil años en las zonas del Creciente Fértil (Zohary & Hopf, 1993, Lev-Yadun *et al.*, 2000; citado por Cuesta, 2007) actual zonas de Israel, Líbano, Siria, Irak y Turquía a partir de la especie silvestre *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*. La domesticación permitió seleccionar las plantas con las mejores características como por ejemplo; raquis más resistente, para disminuir las pérdidas por desgrane.

Existen también lugares de diversidad genética o centros de diversificación en Etiopía, en el Tíbet, Marruecos y en Asia Central. La expansión del cultivo de la cebada por diferentes zonas geográficas, es debida a su gran capacidad adaptativa (Cuesta, 2007).

3.2. CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA (TAXONOMÍA)

Clase:	<i>Liliopsida</i> (=Monocotyledonae)
Subclase:	<i>Liliidae</i>
Orden:	<i>Poales</i> (=Glumiflorae)
Familia:	<i>Poaceae</i> (=Gramineae)
Subfamilia:	<i>Pooideae</i> (=Festucoideae)
Tribu:	<i>Triticeae</i> (=Hordeae)
Género:	<i>Hordeum</i>
Especie:	<i>Hordeum vulgare</i> L.

3.3. DESCRIPCIÓN GENERAL

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es una especie tolerante a distintos estreses abióticos y tiene un ciclo de desarrollo relativamente corto. Estas características permiten que la cebada se pueda cultivar en condiciones ambientales que no son apropiados para otros cultivos (Muñoz, 2007). Adicionalmente a esta adaptación ecológica, el principal producto que se obtiene de la cebada es el grano, que puede ser usado para la alimentación animal, para la elaboración de cerveza, malta y para la alimentación humana. La paja y el follaje son también usados como forraje para los animales (Forster y Powell 1997; citado por Muñoz, 2007). Además tiene considerable importancia actualmente en la producción de bioetanol.

La cebada se puede clasificar según distintos criterios, siendo los más comunes:

- Hábito de crecimiento: la cebada puede ser de invierno o de primavera. Las de invierno, o de ciclo largo, requieren vernalización para florecer, mientras que las cebadas de primavera, o de ciclo corto, no requieren un periodo de vernalización.
- Morfología de la espiga: la cebada puede ser de dos o de seis hileras. En las primeras, las espiguillas laterales son estériles y las centrales fértiles, mientras que en las de 6 hileras todas las espiguillas son fértiles.
- Uso final: las cebadas pueden clasificarse según su uso final en malteras, alimenticias o forrajeras. Las primeras se utilizan para la elaboración de malta que se emplea en la obtención de cerveza y otras bebidas alcohólicas, en la producción de azúcares y de preparados para productos alimenticios. Las segundas por su mayor valor proteico, fibras dietéticas (beta glucanos) y alto contenido de carbohidratos se emplean en alimentación humana como granos perlados y harinas para panificación. Las terceras se utilizan básicamente como forraje para los animales.
- Por cubierta de grano: existen cebadas con cariósides vestidos o con cáscara (lemma y palea - envolturas florales no se desprenden en la trilla) y cebadas con cariósides desnudos o sin cáscaras (lemma y palea se desprenden del fruto en la trilla). Las cebadas cubiertas

generalmente se cultivan en Europa, EE.UU., Australia y las cebadas desnudas son cultivadas al sudeste de Asia y en la región andina. En cebadas desnudas, los rendimientos son menores que los del tipo cubierto en parte por la disminución del porcentaje de cáscara que representa un 12 – 13 por ciento del grano (Leonard y Martin, 1963; Kent, 1971; Huarcaya, 1990). La cebada desnuda no es apropiada para el malteo, pero si es de importancia en la alimentación, ya que poseen una alta digestibilidad (94%) a comparación de las cebadas cubiertas (83%) (Evers & Kent, 1994).

3.4. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La cebada es el cuarto cereal más sembrado después del trigo, maíz y el arroz. Está considerado dentro de los cultivos importantes para la humanidad; la razón de su importancia se debe a su amplia adaptación ecológica y a su diversidad de usos. A nivel mundial en el año 2013 se sembraron 49 781,046 ha, con un rendimiento de 2,907.8 kg/ha y una producción de 144' 755,038 t (FAOSTAT, 2015). Los países de mayor producción para el 2013 fueron España, Canada, Francia, Alemania y Rusia, entre otros.

En el Perú, la cebada es el cuarto cultivo en superficie después del maíz, arroz y papa. Se cultiva principalmente en la sierra; en el año 2013 se sembraron 154,127 has, con un rendimiento de 1,457 kg/ha y una producción de 224,533 t. Los principales departamentos productores en el año 2013 fueron: La Libertad, Cuzco, Junín, Puno, Huancavelica, Ayacucho, Ancash y Junín. Este cultivo, en una rotación tradicional de los andes peruanos, se siembra en la secuencia de papa, cebada, tarwi en terrenos comunales definidos geográficamente y donde existen periodos de descansos variables entre tres a siete años (Tapia & Fries, 2007).

En lo que respecta a la demanda nacional, la mayor parte de la cebada consumida como alimento es producida en el país y se importa aproximadamente 106,454,289 kilos (ver Anexo 4) para la industria cervecera en la elaboración de malta y cerveza (MINAGRI, 2014).

3.5. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

Según Evers & Kent (1994), la cebada contiene hidratos de carbono, proteínas, grasas, vitaminas y minerales y su composición varía de acuerdo a la variedad y las condiciones donde se desarrolle el cultivo. En los Cuadros 1, 2 y 3 se presentan un análisis proximal de los granos, paja y forraje verde de cebada, respectivamente.

Cuadro 1: Composición del grano de cebada por 100g de sustancia

Proteínas	10
Materia grasa	1.8
Hidratos de carbono	66.5
Celulosa	5.2
Materia minerales	2.6
Agua	14

FUENTE: Infoagro, 2014

Cuadro 2: Composición de la paja por 100g de sustancia

Proteínas	1.9
Materia grasa	1.7
Materia no nitrogenada	43.8
Celulosa	34.4
Cenizas	4
Agua	14.2

FUENTE: Infoagro, 2014

Cuadro 3: Composición de la cebada verde por 100g de sustancia

Proteínas	2.5
Materia grasa	0.5
Materia no nitrogenada	8.8
Celulosa	5.6
Cenizas	1.7
Agua	80.9

FUENTE: Infoagro, 2014

3.6. MORFOLOGÍA DE LA CEBADA

3.6.1. SISTEMA RADICULAR

El sistema radicular es fasciculado, fibroso y alcanza poca profundidad en comparación con otros cereales. Se estima que un 60% del peso de las raíces se encuentra en los primeros 25 cm del suelo y que las raíces apenas alcanzan 1.20 m de profundidad. El grado de ramificación y la profundidad que tendrá el sistema radicular va a depender mucho de la profundidad de siembra, tipo de suelo, la humedad, temperatura y fertilidad del suelo.

La cebada produce raíces seminales y raíces de la corona. Las primeras son típicamente cinco raíces; la radícula y dos pares laterales. En condiciones de secano son indispensables para el establecimiento de las plántulas. Las raíces de la corona son del tipo fasciculado, se extienden oblicuamente en todas las direcciones, variando su profundidad e importancia con la especie (Romero & Gómez, 2002).

3.6.2. TALLOS

Se caracterizan por ser de estructura erecta, cilíndrica nudosa y generalmente suave. Los nudos son sólidos y los entrenudos huecos; los entrenudos pueden ser 7 u 8 y suelen ser más largos a medida que el tallo crece desde la región basal. La planta tiene un tallo principal y macollos o hijuelos. El número de tallos o macollos en cada planta es variable, cada macollo produce una espiga, pero el macollamiento depende de las condiciones ambientales y de las prácticas culturales (León, 2010). Además también de la variedad, densidad de siembra y factores climáticos.

La altura de la planta, incluida la espiga, fluctúa de 0.30 a más de 2 m. La altura constituye un factor importante en la producción debido a que puede determinar el método o facilitar la cosecha y por su relación con el acame o tumbado. El número de tallos con espiga es importante para la producción de granos por hectárea.

3.6.3. HOJAS

Están formadas por la vaina basal y la lámina, unidas por la lígula que en la cebada es truncada y corta, además presentan prolongaciones membranosas largas y envolventes llamadas aurículas. Las hojas están insertadas a los nudos del tallo por un collar o pulvinus que es un abultamiento en la base de la hoja. El número de hojas por tallo varía de 5 a 10, difieren en forma y tamaño, pueden estar cubiertas por una capa cerosa o variar en su coloración, la cual se intensifica en climas fríos presentando algunas un color púrpura por la presencia del pigmento antocianina (Romero & Gómez, 2002).

3.6.4. INFLORESCENCIAS

Las flores de la cebada se agrupan para formar una espiga. La espiga consta de un eje central o raquis compuesto de nudos y entrenudos y de las espiguillas, que son tres por nudo de raquis. Las espiguillas son la unidad morfológica básica y van dispuestas de forma alterna a ambos lados del raquis, son sentadas y están compuestas de dos brácteas o glumas y de flores, cuyo número depende del genotipo. Si todas las espiguillas del nudo son fértiles se origina una espiga de 6 hileras, si sólo son fértiles las espiguillas centrales, en cada nudo, se originará una espiga de dos hileras (Romero & Gómez, 2002). El raquis tiene de 10 a 30 nudos, por lo cual las espigas con 6 hileras pueden tener de 25 hasta 60 granos y las de 2 hileras de 25 a 30. Las llamadas cebadas de 4 hileras son en sí cebadas de 6 hileras reducidas, denominadas *H. vulgare* var. *strictu sensu*.

Cada espiguilla contiene un solo antecio que se encuentra dispuesto sobre una raquilla, cada antecio presenta dos glumas reducidas y la flor. La flor esta formada por una lemma o glumela inferior, una palea o glumela superior y entre ellas tres anteras, un pistilo con óvulo único y un estigma bífido y pubescente y dos lodículos. La lemma puede ser glabra o pubescente y generalmente está unida al fruto, su arista puede medir entre 3 y 18 cm de longitud. La palea es obtusa, binervada y de ápice romo o truncado (<http://infocebada.galeon.com/botanica.htm>)

Las espigas pueden ser o no aristadas, en el caso de cebada tenemos las espigas aristadas, espigas míticas (sin aristas), espigas con caperuza pedicelada y espigas con caperuza sentada, que es principalmente utilizada en forraje, esto debido a que las cebadas de aristas ásperas pueden causar lesiones en el paladar de la boca del ganado (Briggs, 1978).

3.6.5. FRUTO O GRANO

Los granos o cariósides están formados por el fruto con su semilla, son secos, indehiscentes, caracterizados porque el pericarpio o envoltura del fruto está fuertemente adherido a la envoltura de la semilla. Esta formada por las envolturas de la semilla, el embrión, la aleurona y el endospermo (León, 2010). El grano de cebada es de forma ahusada, más grueso en el centro y disminuyendo hacia los extremos.

En el caso de la cebada vestida está la cáscara constituida por las envolturas florales lemma y palea que se adhieren al pericarpio. La cáscara de cebada (en los tipos de granos vestidos) protege al grano contra los depredadores además es de utilidad en los procesos de malteado y cervecería y representa el 13% del peso del grano, oscilando de acuerdo al tipo de cultivar del grano y latitud de la plantación (Leonard & Martin, 1963; Huarcaya, 1990).

3.7. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA CEBADA

Las escalas para medir el desarrollo de los cereales son la escala de Feekes-Large, Kellar- Baggiolini y la escala de Zadocks-Chang-Konzak, basada en las características morfológicas de la planta y que puede ser aplicada a todos los cereales (ver Anexo 5). El crecimiento y desarrollo de la cebada y los cereales en general se dividen en diferentes estadios o fases, diferenciada por una característica particular que se manifiesta y por la cual puede ser reconocida.

3.7.1. GERMINACIÓN (0)

La semilla absorbe la humedad, la raíz primaria (radícula) emerge y luego dos pares adicionales de raicillas, formando el sistema radicular seminal. Estas raicillas se ramifican y permanecen activas durante la etapa de crecimiento proporcionando anclaje y absorbiendo agua y nutrientes. Después el coleóptilo, atraviesa el suelo, alcanza la superficie y emerge. Estudios realizados en trigo determinaron una correlación positiva entre la emergencia y la longitud del coleóptilo y la altura de la planta (Romero & Gómez, 2002). Debido a esto, la profundidad de siembra no debe exceder la longitud máxima que puede crecer el coleóptilo, generalmente no más de 7.6 cm (León, 2010).

3.7.2. PRODUCCIÓN DE HOJAS O CRECIMIENTO DE PLÁNTULA (1)

Una vez emergida la planta el coleóptilo deja de crecer y aparecen las primeras hojas verdaderas. Las hojas aparecen aproximadamente cada tres a cinco días dependiendo de la variedad y condiciones. Cuando la planta tiene de dos a tres hojas, el ápice o punto de crecimiento pasa de la fase vegetativa o de formación de hojas a la fase reproductiva, iniciándose la formación de la espiga embrionaria. Los cereales invernales requieren de bajas temperaturas o vernalización para completar este proceso. Del tallo principal generalmente se forman ocho a nueve hojas, las variedades de maduración tardía generalmente forman más hojas (Romero & Gómez, 2002).

3.7.3. PRODUCCIÓN DE MACOLLOS O MACOLLAMIENTO (2)

Cuando la plántula tiene alrededor de cuatro a cinco hojas, se activan las yemas ubicadas en las axilas de las hojas para dar origen a los macollos. La capacidad de macollar es importante para adaptarse a condiciones ambientales cambiantes. Entre los factores que influyen en el macollamiento están; el genotipo, la densidad de siembra, profundidad de siembra, nutrientes, temperatura y agua. Cuando estas condiciones son favorables o si la densidad de plantas es reducida, aumenta el número de macollos formados por planta. Cuando se siembra en profundidad o con alta densidad de semillas generalmente disminuye el número

de macollos por planta. Cuando las temperaturas son bajas en las primeras etapas, cuando la densidad de población es baja o cuando el nivel de nitrógeno en el suelo es alto, se forman más cantidad de macollos por planta. Con la aparición de los macollos se inicia también, a partir de los nudos de la corona, la emisión de las raíces secundarias (Romero & Gómez, 2002). Aproximadamente cuatro semanas después del nacimiento del cultivo, algunos de los macollos formados previamente llegan a morir sin formar una espiga. La extensión en la que la muerte prematura de los macollos ocurre, depende de las condiciones ambientales y de la variedad. Bajo condiciones de estrés, las plantas responden produciendo menor número de macollos o probando muerte prematura de los mismos (León, 2010).

3.7.4. PRODUCCIÓN DE NUDOS O ENCAÑADO (3)

Entre tres y cuatro semanas después del nacimiento de la planta, los entrenudos superiores del tallo comienzan a alargarse, desplazando la espiga embrionaria sobre la superficie del suelo, a medida que los entrenudos se alargan la espiga sigue desarrollándose sobre el último nudo del tallo (Romero & Gómez, 2002).

3.7.5. VAINA ENGROSADA (4)

Se caracteriza por que la vaina de la última hoja o hoja bandera contiene la espiga, la cual termina de diferenciarse dentro de la vaina de la hoja bandera haciéndose evidente por una hinchazón, esta se denomina “bota”.

La cebada es una especie autógama, se autopoliniza y la polinización se produce cuando las espigas aún están cubiertas por la hoja bandera, es decir antes de que la espiga emerja de la vaina de la hoja bandera, en la florecilla los lodículos se ponen túrgidos y empujan la lemma y palea. Al mismo tiempo los estilos divergen, los filamentos de los estambres se alargan y se libera el polen sucediendo la fecundación (León, 2010).

La polinización comienza en las espiguillas entorno a la mitad de las espigas y se extiende hacia arriba y hacia abajo tardando entre 1 y 2 o incluso 4 días en completarse. Los granos de polen germinan unos minutos después de caer en el estigma y el tubo polínico empieza a crecer de inmediato en el estilo. El tiempo para que el tubo polínico llegue al saco embrionario dependerá de las condiciones de temperatura principalmente. Si las anteras no producen polen fértil o si la flor se abre antes de que las anteras sean expulsadas o se abran, es posible que polen extraño llegue al estigma y origine polinización cruzada. En la cebada, la polinización cruzada normalmente es menor de 0.5%.

3.7.6. ESPIGADO (5)

Es el proceso de emergencia de las espigas de las vainas de las hojas banderas. Se considera como fecha del espigado cuando el 50% de las espigas en campo han emergido (Romero & Gómez, 2002).

3.7.7. ANTESIS (6)

Una vez que se produce la polinización las flores se abren y las anteras emergen hacia afuera y pierden su color brillante, colapsan, y lucen marchitas y se aprecian en las espigas emergidas (Romero & Gómez, 2002).

3.7.8. DESARROLLO DEL GRANO Y MADURACIÓN (ESTADO LECHOSO (7) Y ESTADO PASTOSO DEL GRANO (8))

Finalizada la polinización - fecundación y emergencia de la espiga, los granos comienzan a desarrollarse. La longitud del grano de cebada se establece primero, seguida de su anchura. Esto explicaría porque la cebada desarrollada bajo condiciones de estrés es generalmente tan larga como el grano normal pero más estrecho y de menor peso. Los primeros periodos de desarrollo del grano, denominado estado acuoso y estado lechoso, duran aproximadamente diez días. Aunque los granos no aumentan mucho en peso durante esta fase,

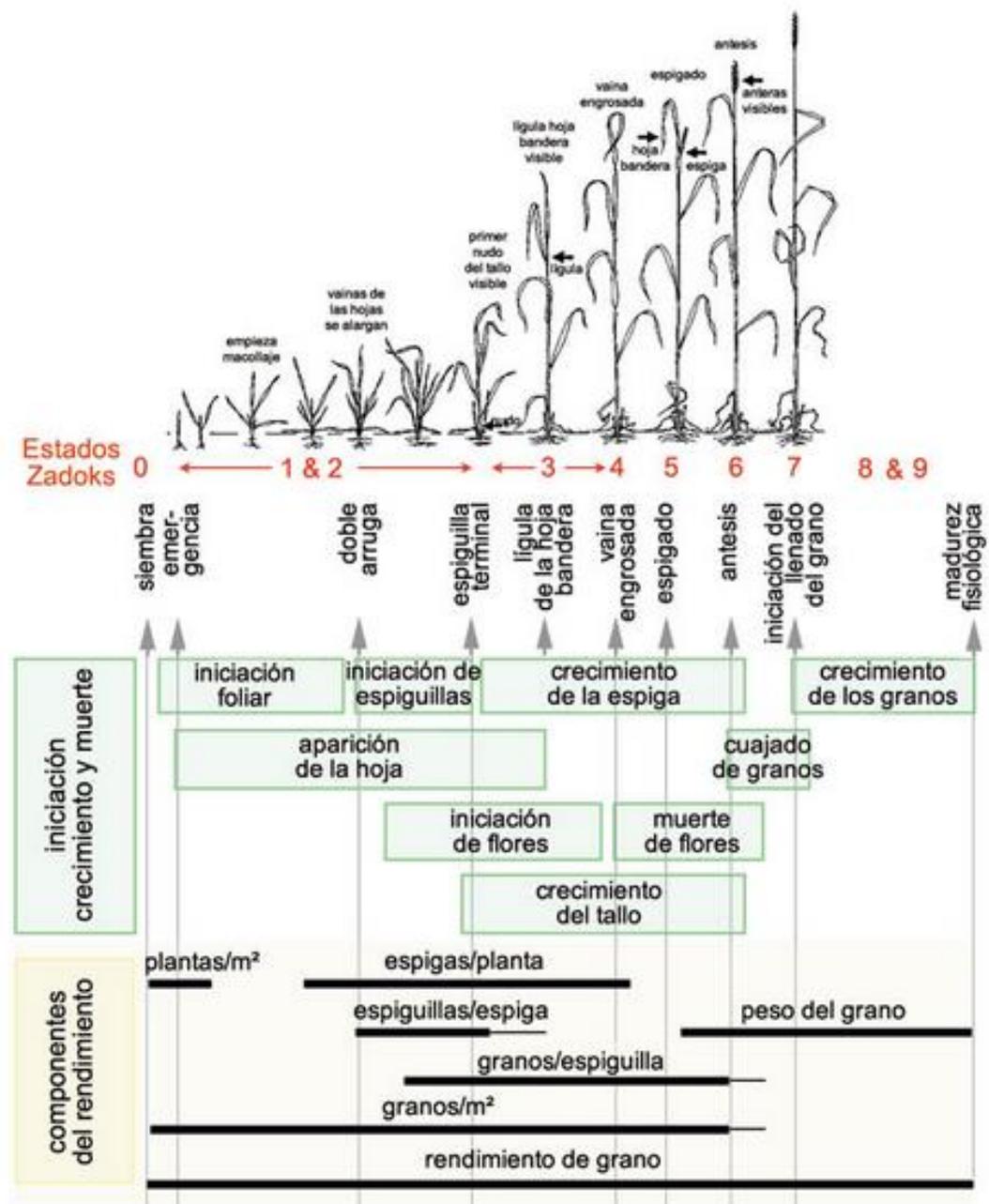
esta es extremadamente importante porque determina el número de células que luego se usarán para almacenar almidón. Cuando los granos de esta etapa son aplastados producen una sustancia acuosa (estado acuoso) que se vuelve lechosa (estado lechoso) en etapas posteriores. Los granos que están almacenando almidón y creciendo rápidamente se caracterizan por presentar consistencia blanca semisólida llamada “masa blanda”. Este periodo generalmente se desarrolla unos diez días después del estado lechoso. Finalmente, mientras el grano se aproxima a la madurez y comienza a perder agua rápidamente, su consistencia se hace más sólida denominada “masa dura”. En esta etapa el grano pierde también su color verde (León, 2010).

3.7.9. MADUREZ (9)

En esta etapa se ha perdido todo el color verde de las glumas y del pedúnculo. Cuando la humedad del grano ha disminuido hasta un treinta o un cuarenta por ciento, el grano ya ha alcanzado la madurez fisiológica y no acumulará más materia seca adicional. El rendimiento potencial final se establece en este momento. Un indicador de la madurez fisiológica en el campo, fácilmente identificable es la pérdida del 100% del color verde de las glumas y el pedúnculo. Aunque la humedad contenida en el grano es demasiado alta, se puede segar y secar. Cuando ha disminuido al 13 o 14% el grano de cebada está listo para el trillado (León, 2010).

En la Figura 1, se puede apreciar los diferentes estadios de desarrollo y la formación de los componentes de rendimiento dentro de las fases.

Figura 1: Fases en las que se determinan los componentes de rendimiento en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.)



FUENTE: FAO- HM Rawson- <http://www.fao.org/docrep/006/x8234s/x8234s05.htm>

3.8. RENDIMIENTO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN CEBADA

El rendimiento es el objetivo principal en programas de mejoramiento y el “gran integrador” de la genética y el medio ambiente (Mohammadi *et al.*, 2012). Es el resultado del conjunto de procesos de crecimiento y desarrollo que tienen lugar a lo largo del ciclo del cultivo condicionado directa o indirectamente por un gran número de factores genéticos. Entre estos, los principales son aquellos que determinan la adaptación al medio de cultivo y los que tienen efecto sobre el potencial productivo (Slafer, 2003). Las características genéticas y el manejo agronómico son variables que pueden controlarse, pero algunas propiedades del suelo y lluvia son factores incontrolables, que resultan determinantes para obtener un buen rendimiento y una buena calidad de grano para malta (Gómez *et al.*, 2009).

Según Chastain (s.f.), el potencial de rendimiento genético es la capacidad absoluta del cultivo/genotipo de producir rendimientos económicos bajo condiciones óptimas de producción. Es en estas condiciones donde el producto de los componentes de rendimiento se expresa en su máximo posible tanto en el genotipo como en el entorno de producción. El mejoramiento de los cultivos mejora el potencial de rendimiento genético y los rendimientos económicos van a depender de la constitución genética del cultivo.

Los rendimientos reales, obtenidos a la cosecha están ligados a condiciones estándar de producción, resultante además de la interacción de los siguientes factores; potencial de rendimiento genético, el medio ambiente, prácticas del cultivo y plagas.

El rendimiento de grano ha sido descrito como el volumen de un paralelepípedo, en el cual, el número de espigas por unidad de superficie, el número de granos por espiga y el peso de los granos, constituyen las aristas. Un incremento en cualquiera de los tres componentes determinará un aumento del rendimiento, siempre y cuando no haya una disminución correspondiente en los otros dos (Barriga, 1974; Ataei, 2006).

En cereales, el rendimiento final está determinado por el producto de tres componentes: el primer componente del rendimiento de grano es el número de macollos, que causa un incremento de área foliar o fotosintética. El segundo componente es el número de granos por espiga; este componente del rendimiento de grano en cebada identifica la etapa de crecimiento y el estado reproductivo y va a depender del número de flores que son polinizadas y del número de flores polinizadas que se llenan y se convierten en grano (Ataei, 2006). El tercer componente es el peso del grano; diversos genes individuales afectan el peso del grano (Rasmusson, 1985). Se ha demostrado que la translocación de materiales asimilados puede responder por cerca del 30% de peso final del grano (Gallagher *et al.*, 1975).

Aunque entre estos componentes hay un efecto de compensación mutua, la limitación de uno de ellos puede suponer reducciones considerables en la producción final. La interacción genotipo-ambiente determinará cuál de los componentes será el principal determinante del rendimiento (Gonzales, 2001).

Okuyama *et al.* (2005), encontraron que en trigo, el diámetro del tallo, la longitud de la espiga y la altura de planta, fueron los caracteres más relacionados con el mayor rendimiento de grano. Aproximadamente, el 72% de la variación en el rendimiento de los cereales está relacionada al número de espigas fértiles, número de granos por espiga y el peso del grano. Así mismo, estos componentes tienen una correlación positiva y altamente significativa con el rendimiento en cebada (Ataei, 2006). Según Castañeda-Saucedo *et al.* (2009), el número de espigas por metro cuadrado es el componente que mayor contribución tiene en el rendimiento en cereales de grano pequeño.

Gallagher *et al.* (1975) y Rasmusson (1985) plantean que el peso del grano dentro de un grupo determinado de cebadas es un componente de rendimiento de grano bastante estable, porque se produce movilización de los asimilados de reservas del tallo y otros tejidos vegetales, que pueden compensar la carencia de los fotoasimilados corrientes. Por esto, para algunos autores, granos por espiga y espigas por planta tienen un mayor efecto directo en el rendimiento que el peso del grano (Rasmusson, 1985) y para otros, el efecto de peso del grano en el rendimiento es despreciable o inconsistente (Sinebo, 2002).

Cuando se estudian características de productividad, suele intentarse una selección indirecta a través de los componentes de rendimiento. Estos por lo general, al estar menos influenciados por el medio ambiente, tienen mayor heredabilidad (Paccapelo *et al.*, 2012).

3.8.1. NÚMERO DE ESPIGAS POR PLANTA

Es el primer componente del rendimiento en determinarse en el ciclo de vida del cultivo. El número de espigas por planta es el componente del rendimiento más importante en la determinación del rendimiento final en cultivos de trigo (McMaster *et al.*, 1994; Blanco *et al.*, 2001). Diferencias entre genotipos de trigo en número de espigas dan lugar a diferencias en producción y supervivencia de los tallos (Blum *et al.*, 1989). En la determinación de este carácter también influyen de forma importante las condiciones ambientales así como la densidad y fecha de siembra y dosis de abono nitrogenado. Por otro lado, el número de espigas por metro cuadrado es el componente del rendimiento más variable a lo largo del tiempo y entre genotipos.

3.8.2. NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA

El número de granos por espiga se ha considerado como el factor más limitante de los rendimientos máximos en cereales (McMaster *et al.*, 1994; Blanco *et al.*, 2001). La relación rendimiento-número de granos depende de las condiciones de crecimiento del cultivo y de las características del genotipo utilizado como han comprobado Cooper *et al.* (1994). El número de granos depende de la producción de espiguillas y flores durante el desarrollo pre-antesis de la espiga y de la fertilización de las flores en antesis. El número de granos por espiga está definido antes del comienzo del llenado del grano. Fischer (1979), lo consideró como el producto de la asimilación total del cultivo en antesis y la translocación de asimilados a la espiga durante el periodo pre-antesis, indicando la existencia de un periodo crítico en torno a la antesis (los 30 días anteriores) cuando se acumula la mayor parte de la materia seca en la espiga. En este periodo es muy importante la influencia de las condiciones medioambientales sobre la determinación de este carácter.

La disponibilidad de carbohidratos durante el periodo de establecimiento y formación del grano es la fuerza conductora para la determinación del número de granos. Una semana después de antesis se produce la maduración y muerte de las flores seguida por la fertilización del óvulo o semilla establecida. En esta fase del ciclo de vida de la planta, queda establecido el número de granos. Por tanto el periodo crítico para la determinación del número de granos gira en torno a las tres semanas anteriores a antesis y en menor medida la semana siguiente. El aumento del rendimiento debido al mayor número de granos va asociado a la tasa de crecimiento del cultivo y el movimiento de asimilados a la espiga durante este periodo ya que el aporte de asimilados que están siendo producidos por la fotosíntesis son esenciales para prevenir el aborto de los granos en plantas estresadas (Bindraban *et al.*, 1998).

3.8.3. PESO DE MIL GRANOS

El llenado del grano tiene lugar durante el periodo comprendido entre diez días después de antesis y la maduración del cultivo. Por tanto, el peso unitario del grano se define durante el periodo de crecimiento del grano, a partir de asimilados procedentes de la fotosíntesis post antesis y de la removilización de asimilados almacenados durante el periodo vegetativo. La proporción de asimilados procedentes de cada una de estas fuentes alternativas depende del genotipo y condiciones ambientales de crecimiento. Bajo condiciones ambientales no limitantes, entre el 90 y el 95% de los asimilados del grano derivan de la fotosíntesis post-antesis. Sin embargo en condiciones de sequía los asimilados en pre-antesis contribuyen de forma importante al rendimiento del grano. En cebada se ha observado que esa contribución era del 44% cuando el año era muy seco (Austin *et al.*, 1980).

Se ha encontrado la existencia de una correlación positiva entre el rendimiento de grano de la cebada y los diversos componentes del mismo: número de espigas por planta, número de granos por espiga y peso del grano. Sin embargo, tanto los factores genéticos como los ambientales pueden ser responsables del comportamiento favorable de una variedad en

relación con el rendimiento. Esto indica que los componentes del rendimiento deberían ser evaluados en el ambiente en el cual se realiza la mejora (Bouzerzour & Dekhili, 1995).

Con frecuencia la utilidad de los componentes del rendimiento, como criterio de selección, puede verse limitada por los efectos de compensación, debido a la influencia climática, dosis de semilla y aplicación de fertilizantes, entre otros factores (Mitchell *et al.*, 1996; Sheehy *et al.*, 2001). La selección por el tamaño de la semilla implica con frecuencia una respuesta negativa de los otros componentes del rendimiento y la selección para un elevado número de granos por espiga incluso puede reducir el rendimiento. Todo ello se explica por la influencia de los diferentes ambientes sobre el genotipo, respecto a dichos componentes y a la respuesta variable de los mismos a la selección, a causa de su desarrollo secuencial en el tiempo a expensas de recursos limitados. En definitiva, se ha constatado que existe una correlación negativa entre los componentes del rendimiento, de manera que no puede seleccionarse positivamente para todos ellos al mismo tiempo. Lo más conveniente parece ser lograr el equilibrio entre dichos componentes, mejorando aquel que sea más eficiente en un determinado genotipo, mientras los demás se mantienen constantes. Además hay que tener en cuenta que tan importante como conseguir rendimientos puntuales muy elevados es estabilizarlos lo más posible, para una determinada variedad, en los diferentes ambientes.

3.9. ÍNDICE DE COSECHA

El índice de cosecha es el resultado de dividir el peso del grano por el peso total de la parte aérea (paja más grano). El índice de cosecha es la fracción del cultivo que es económicamente más valiosa en cereales (Gonzalez, 2001).

Al igual que el trigo, se cree que la cebada puede haber alcanzado su máximo índice de cosecha y que, por tanto, los futuros incrementos del rendimiento deberán lograrse por el aumento de biomasa total. La mejora de la eficiencia fisiológica de la planta puede permitir

alcanzar estos incrementos en aspectos tales como: reducción de las pérdidas por transpiración, mayor duración del periodo de llenado del grano, mejora de la fotosíntesis neta y mayor contribución de las fases de pre-floración al rendimiento del grano. Sin embargo, de poco serviría mejorar las fuentes de suministro de asimilados si existen limitaciones en su transporte, a través de la planta, y en los órganos receptores de los mismos: la espiga y el grano. Posiblemente durante el largo periodo de asimilación son producidos más asimilados de los que pueden ser transferidos y almacenados, de ahí la importancia de equilibrar la cuantía de estos recursos con un mayor flujo de los mismos hacia el grano e incrementar la capacidad de almacenamiento de éste, o lo que es igual, conseguir más número de granos y de mayores dimensiones o más espigas por planta.

3.10. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

3.10.1. CLIMA

La cebada es un cultivo poco exigente respecto al clima, por lo que su distribución es amplia, aunque le son favorables los climas frescos y moderadamente secos. Requiere menos unidades de calor para alcanzar la madurez fisiológica por eso alcanza mayores latitudes y altitudes. En el Perú, en cuanto a altitud crece desde el nivel del mar hasta los 3900 msnm (Tapia & Fries, 2007). La cebada es entre los cereales el que se adapta mejor a mayores altitudes, preferiblemente con variedades precoces. (Jacobsen & Adams, 1958; citado por Baglietto, 2008)

3.10.2. TEMPERATURA

Necesita una temperatura mínima de 6°C para germinar. Logra florecer a los 16°C y madura a los 20°C. La temperatura óptima para el desarrollo de raíces en el suelo es aproximadamente 15°C. Tolerancia bajas temperaturas, soportando hasta 10°C. En zonas donde las heladas invernales son muy fuertes, se recomienda la siembra de cultivares primaverales,

pues estas comienzan su desarrollo cuando ya han pasado los fríos más intensos (Briggs, 1978; Huamán, 2001).

3.10.3. SUELO

Prefiere suelos fértiles, pero se puede obtener buenos rendimientos en suelos hasta poco profundos y pedregosos, con tal que no falte el agua al comienzo de su desarrollo. Los suelos arcillosos son problemáticos para su adecuado crecimiento y tolera bien el exceso de salinidad en el suelo. Los terrenos compactos le son desfavorables pues dificultan la germinación y las primeras etapas del crecimiento de la planta (Coronado, 1997).

Los suelos arcillosos, húmedos y encharcados son desfavorables para la cebada, aunque se puede obtener altos rendimientos si se realizan adecuadamente las labores del cultivo y se preserva la humedad en el suelo. Los suelos con excesivo nitrógeno inducen el encamado e incrementan el porcentaje de nitrógeno en el grano hasta niveles inapropiados, cuando son destinados a la fabricación de malta para cerveza (Mont, 1961).

Es muy tolerante al calcio, creciendo bien incluso en suelos muy calizos, es por eso que muchas veces este tipo de suelos se les denomina “cebaderos”. La cebada es el cereal de mayor tolerancia a la salinidad estimándose que puede soportar niveles de hasta 8 dS/m (=8mmhos/cm) en el extracto de saturación del suelo, sin afectar el rendimiento. Sin embargo es importante el manejo del agua considerando tanto su cantidad como calidad de la misma. (Coronado, 1997; Ellis *et al.*, 2000).

La cebada es un cultivo altamente tolerante a estreses abióticos, en general; sin embargo son los estreses abióticos como las bajas temperaturas, salinidad, calor, el estrés

hídrico entre otras los que reducen los rendimientos a nivel mundial, siendo esta reducción de aproximadamente el 50 % (Jaleel *et al.*, 2007).

3.11. FACTORES BIÓTICOS LIMITANTES PARA SU CULTIVO

3.11.1 PLAGAS

Afidos o pulgones; (*Metolophium dirhodum*, *Sitobion avenae*, *Rhopalosiphum padi*, *Rhopalosiphum maidis*, *Schizaphis graminum*) estas especies causan un daño directo a la planta provocando un debilitamiento al succionar la savia de hojas y tallos, como resultado de esta succión la planta exuda azúcares que pueden provocar la aparición del hongo de la fumagina, reduciendo su área foliar. Se ha reportado que los pulgones pueden reducir hasta más de un 20% el rendimiento (Romero & Gómez, 2002). Como daño indirecto los áfidos pueden transmitir el virus del enanismo de la cebada (BYDV).

3.11.2 ENFERMEDADES

a. Royas

En la costa, la roya más importante es la roya morena ocasionada por el patógeno *Puccinia hordei*, las pérdidas en el rendimiento se dan por una reducción del número de granos por espiga y el arrugamiento de los mismos (Stubbs, 1986). En la sierra, la más importante es la roya amarilla ocasionada por *Puccinia striiformis f sp. hordei*, las uredias pequeñas y alargadas de color amarillo, se colocan en líneas sobre las hojas, tallos e incluso sobre las glumas ocasionando un arrugamiento en los granos y daño en los macollos, generando pérdidas de hasta el 100% (Bockelman *et al.* 1981; Romero & Gómez, 2002). En el Perú, la mayor pérdida a causa de esta enfermedad ocurrió en 1978 cuando se presentó por primera vez (Romero, 1983; Roelfs *et al.*, 1992).

b. Manchas foliares

Como el oídio (*Erisiphe blumeria* f.sp *hordei*), los síntomas que causa esta enfermedad son la aparición de manchas blancas a gris pálido en las hojas, vainas y glumas. Más tarde las manchas se hacen más grandes y oscuras, los tejidos se tornan pardos y mueren. Ataques tempranos y severos pueden reducir el desarrollo radicular, el número de tallos con espigas y el tamaño del grano (Bockelman *et al.*, 1981). Es un problema presente tanto en costa como en sierra (Romero & Gómez, 2002).

3.11.3 MALEZAS

La presencia de malezas depende mayormente de las labores previas a la siembra, el uso de herbicidas junto con las prácticas culturales como el manejo adecuado de la fertilización (fósforo principalmente), debe facilitar un manejo integrado de malezas, considerando a la cebada como un cultivo de bajos costos de producción y que el uso de productos utilizados para trigo no serían económicamente convenientes (Aguilar, 1992; Romero & Gómez, 2002).

3.12. MEJORAMIENTO GENÉTICO

Para Poehlman (1969), el mejoramiento de la cebada cobra importancia debido a que se pueden superar ciertos obstáculos propios del cultivo, los cuales son planteados por el mejorador tales como:

a. Mejoramiento de caracteres agronómicos

- Mejoramiento del rendimiento.
- Precocidad.
- Resistencia al acame y características de trilla:

- Mejoramiento en relación con el vigor de la paja.
- Resistencia al desgrane.
- Características de trilla.

b. Mejoramiento de la resistencia / tolerancia a enfermedades

- Resistencia a enfermedades como:
 - Roya del tallo, roya de la hoja y roya de las glumas.
 - Carbón desnudo, carbón semidesnudo y carbón cubierto.
 - Oidiosis.
 - Manchas foliares causadas por *Bipolaris sorokiniana*, *Alternaria alternata* entre otros.
 - Pudrición basal.

c. Mejoramiento de factores abióticos

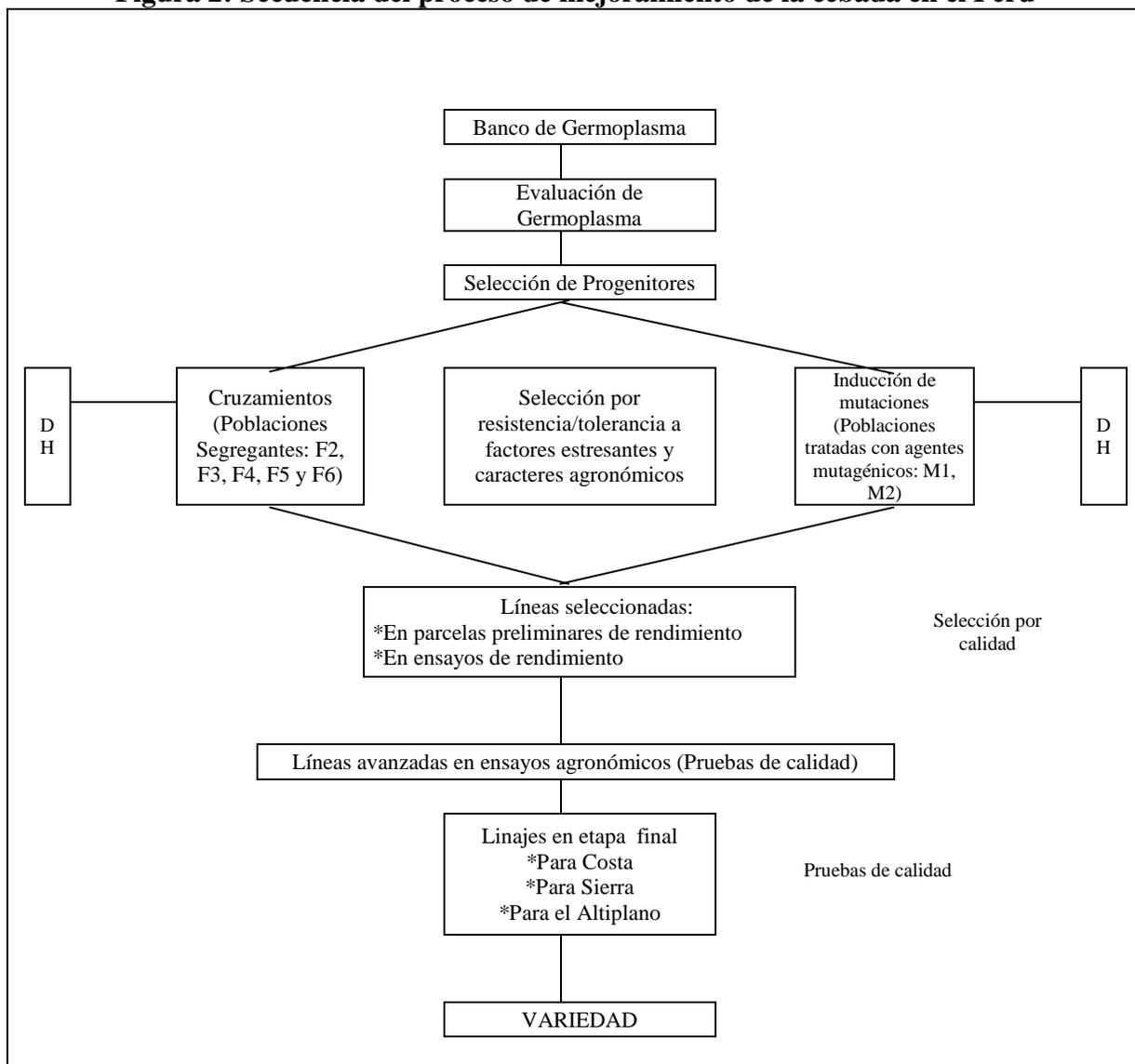
- Resistencia a bajas temperaturas.

d. Mejoramiento de la calidad

- Calidad maltera.
- Cebada forrajera.

En la Figura 2, se presenta un esquema de mejoramiento de cebada aplicado por el Programa de Investigación y Proyección Social de Cereales y Granos Nativos de la Universidad Nacional Agraria La Molina para desarrollar variedades mejoradas de cebada para el Perú.

Figura 2: Secuencia del proceso de mejoramiento de la cebada en el Perú



FUENTE: GÓMEZ *et al.*, 2008.

Así mismo, en nuestro país cobra también gran importancia la obtención de variedades con una calidad de grano adecuada para poder ser industrializado o consumido como alimento.

La presencia de variación genética es importante en el progreso del mejoramiento genético de las plantas. A través de la inducción artificial de mutaciones se logra aumentar la variación en las especies. En un inicio, las variaciones debidas a mutaciones inducidas fueron desfavorables en su mayoría y cuando se presentaron mutaciones favorables, sus efectos pasaban prácticamente inadvertidos. En 1930, Stadler (citado por Poehlman, 1969), afirma que “*el*

valor práctico de las mutaciones inducidas para el mejoramiento de las especies cultivadas ha sido sobreestimado, cuando menos por lo que respecta a su aplicación inmediata”. Pero es en 1934 y 1935 que los científicos Nilsson y Ehle en la estación de fitomejoramiento en Svalöf (Suecia) lograron observar algunas mutaciones favorables inducidas por los rayos X y recién se le tomó interés a esta técnica (Poehlman, 1969).

Es así que, la irradiación de semillas con *rayos gamma* puede coadyuvar a acelerar el proceso de variabilidad y además, produce cambios en los caracteres genéticos hereditarios de las plantas (OIEA, 2013). Desde el establecimiento de la unión FAO/IAEA hasta el 2014 más de 3230 mutantes han sido registrados en 214 especies de plantas y en más de 71 países alrededor del mundo (<http://mvgs.iaea.org>).

3.13. IMPORTANCIA DE LA INDUCCIÓN DE MUTACIONES

La mutación se utiliza para mejorar la adaptabilidad de las variedades modernas de diversos cultivos, tales como los cereales de alto rendimiento, que serán destinados a zonas de los andes peruanos y sometidos a diversos tipos de estrés para mejorar la calidad del grano (Romero & Gómez; 2002).

Según Molina (1989), podemos distinguir dos situaciones en las cuales la inducción de mutaciones debe, aconsejablemente, ser usada:

- Corrección de un defecto concreto en una variedad (en lo demás ya adaptada) sobre todo cuando el carácter está gobernado por un solo gen, por ejemplo: resistencia al acame, precocidad o resistencia a una raza concreta de un patógeno.
- Inducción de variabilidad en un carácter que no muestra variación en los genotipos disponibles, al objeto de incluirlo en un programa de mejora por cruzamiento.

Además, Molina (1989) también menciona que el uso de la mejora por mutación en cebada es también aconsejable, incluso como método único, en el caso de que el mejorador no tenga los suficientes medios a su alcance para realizar un programa convencional de cruzamientos.

Donini *et al.*, (1984), afirman que las mutaciones dadas a conocer e incorporadas en programas de mejoramiento genético consisten, principalmente, en cambios enfocados en la arquitectura de la planta; tiempo de floración; forma y color de la flor; forma, color y tamaño del fruto y resistencia a patógenos e insectos.

3.14. LIMITACIONES DEL EMPLEO DE LA INDUCCIÓN DE MUTACIONES EN EL MEJORAMIENTO

Poelhman (1969), afirma que la técnica de irradiación presenta ciertas limitaciones:

- La mayor parte de las mutaciones que se presentan, son indeseables y no tienen valor para el fitomejorador. Muchas de ellas son letales.
- La proporción de mutaciones producidas en el mejor de los casos es muy baja y es necesario examinar poblaciones de plantas muy numerosas para encontrar mutaciones favorables.
- La estabilidad de una línea mutante es todavía desconocida.
- Es posible que haya que modificar la idea original de que el fitomejorador puede mejorar una o dos características y al mismo tiempo mantener la identidad y comportamiento de una variedad en todos los demás aspectos. Por ejemplo, una mutación para paja más corta o para mayor precocidad en una variedad de avena puede cambiar la fisiología de la planta de tal forma que ésta ya no sea tan productiva como antes.

El principal objetivo del mejoramiento en la cebada es obtener variedades de alto rendimiento de grano; señalándose incrementos que varían de 32-56 por ciento en los últimos 30-100 años (Gonzalez, 2001). Las nuevas variedades son relativamente similares a las antiguas en cuanto a producción total de biomasa, pero difieren en que las primeras presentan una mayor producción de grano y menor de follaje.

Se ha demostrado la existencia de una correlación positiva entre el rendimiento del grano de la cebada y los diversos componentes del mismo: número de espigas por planta, número de granos por espiga y peso del grano. Sin embargo, el rendimiento involucra tanto los factores genéticos como los ambientales y los de manejo agronómico. Esto implica que los componentes del rendimiento deberían ser siempre evaluados en el ambiente en el cual la mejora es realizada. Con frecuencia la utilidad de los componentes del rendimiento, como criterio de selección, puede verse limitada por los efectos de compensación, debidos a la influencia climática, la dosis de la semilla, la aplicación de fertilizantes, entre otros. En muchos casos la mejora del rendimiento de la cebada se ha conseguido seleccionando por rendimiento *per se* o para aquellos factores que reducen las pérdidas del mismo, como el encamado o desgrane, más que por determinados rasgos morfológicos y fisiológicos.

De forma general, los principales caracteres que deben poseer las variedades modernas de cebada de alto rendimiento son: menor altura y paja fuerte, alto índice de cosecha, buena capacidad de ahijamiento con alta proporción de tallos productores de espigas, pocas hojas pequeñas y erectas, hoja bandera muy desarrollada, espigas con barbas o aristas muy desarrolladas, gran desarrollo de glumas para aumentar el área fotosintética, precocidad en la formación de la espiga y de la floración, máxima duración en fotosíntesis activa de la hoja bandera y de la espiga, resistencia a enfermedades y plagas, buena respuesta a la aplicación de fertilizantes como el nitrógeno y amplia adaptabilidad.

El OIEA señala que actualmente existen 305 mutantes de cebada registrados a nivel mundial hasta el año 2014 (IAEA, <http://mvgs.iaea.org>) obtenidas a través de la inducción de mutaciones con rayos gamma. En 21 variedades de cebada obtenidas a partir de la irradiación de semillas con rayos gamma; los caracteres modificados y mejorados en su mayoría fueron rendimiento (12 variedades), calidad maltera (siete variedades), resistencia a enfermedades (seis variedades), altura de planta (cinco variedades) entre otras. Además de ello se señala que 23 variedades de cebada obtenidas a partir del empleo de por lo menos una variedad mutante como progenitor; los caracteres modificados y mejorados fueron en su mayoría para un mejor rendimiento y menor altura de planta (siete variedades), resistencia a enfermedades y resistencia de la paja (seis variedades) y modificación de la forma de la espiga (cuatro variedades) entre otros.

3.15. EFECTO DE LA MORFOLOGÍA DE LA ESPIGA EN EL RENDIMIENTO

La clasificación morfológica de las espigas en la cebada está dada en hexísticas; en el cual el raquis de la espiga presenta seis hileras de 7 a 10 cm de longitud conteniendo 50 granos aproximadamente. Las dísticas son aquellas en que la cebada presenta dos hileras de 5 a 10 cm de longitud con 25 granos aproximadamente (Egas, 2006).

Según Rasmusson (1985) y García del Moral *et al.*, (2003), concuerdan que la cebada de seis carreras presenta una tasa de macollamiento reducida, esto incluso bajo condiciones favorables de crecimiento, en comparación a la de dos carreras. Presentando una asociación positiva entre el número de espigas o macollas efectivas y el rendimiento de grano, siendo el componente de mayor influencia en el rendimiento según los autores (Castañeda-Saucedo *et al.*, 2009; Rasmusson, 1985; Barriga, 1974).

El número de carreras (hileras), el tipo de grano y la interacción entre ellos presentan efectos significativos según Ríos *et al.*, (2011), en efecto las cebadas de seis carreras presentan

un mayor número de granos por espiga que la cebada de dos carreras, esto es debido a que las cebadas de seis hileras presentan mayor número de espiguillas formadas (tres) en comparación con la de dos hileras en la que sólo se aprecia desarrollada la espiguilla intermedia, mientras abortan las laterales.

Se conoce que las cebadas con aristas o barbas tienen mejor rendimiento que los tipos desprovistos de ellas y que caracteres como el grano desnudo, están asociados negativamente con el rendimiento (López, 1991).

3.16. DESCRIPTORES DE LA CEBADA

Un descriptor es una característica o atributo cuya expresión es fácil de medir, registrar o evaluar y que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de una accesión. Los descriptores son aplicados en la caracterización y en la evaluación de las accesiones debido a que ayudan a su diferenciación y a expresar el atributo de manera precisa y uniforme, lo que simplifica: la clasificación, el almacenamiento, la recuperación y el uso de los datos (IPGRI, 2003).

Los descriptores para la caracterización deben (1) ser fácilmente observables, (2) tener una alta acción discriminante y (3) baja influencia ambiental, lo que permite en algunos casos registrar la información en los sitios de colecta. Usualmente se utilizan características morfológicas, fenológicas y de adaptación, aunque también pueden emplearse marcadores bioquímicos y moleculares (Paterniani & Goodman, 1977; Spagnoletti & Qualset, 1987; Abadie & Ceretta, 1997; Furman *et al.*, 1997).

Los descriptores empleados para caracterizar el cultivo de cebada fueron elaborados por el Bioversity International (Inicialmente llamado IBPGR: International Board for Plant Genetic Resources, luego llamado IPGRI), ver Anexo 6.

Esta lista de descriptores tiene carácter internacional y por tanto proporciona un “lenguaje” universal para los recursos fitogenéticos. La adopción de este esquema proporciona un medio rápido, confiable y eficaz para almacenar, recuperar y comunicar información (CIMMYT/ IBPGR, 1991).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO

Para la realización de la fase de campo del experimento se requirió los siguientes materiales:

- a. Arado de discos y rastra
- b. Cámara de fotos
- c. Cinta métrica
- d. Cordeles
- e. Hoz
- f. Lápiz y libreta de campo
- g. Mochila de aplicación
- h. Pala
- i. Piqueta
- j. Rafia
- k. Rastrillo
- l. Sacos
- m. Tractor
- n. Yeso

4.2 MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO

Durante la fase de trabajo en laboratorio fue necesario contar con los siguientes equipos e implementos:

- a. Balanza
- b. Balanza analítica
- c. Balanza tipo Shopper, compuesta por: una pesa, dos porciones de tubo y una cuchilla
- d. Bandejas plásticas
- e. Bolsas de papel
- f. Calculadora
- g. Contómetro
- h. Cuadernos de apuntes y lápiz
- i. Desbrozadora
- j. Equipo “INFRATEC 1255 Food & Feed Analyzer”
- k. Equipo de clasificación de granos mediante zarandas
- l. Tabla de valoración de peso hectolitrico
- m. Tamiz

4.3 MATERIAL GENÉTICO

Se utilizó semillas botánicas de 48 líneas mutantes de cebada en generación M₈, desarrollada de la variedad comercial UNA La Molina 96, empleando irradiación gamma; con mutaciones morfológicas en la inflorescencia (Aldaba, 2014). Se incluyó como testigo la variedad parental UNA La Molina 96 que se describe a continuación:

La variedad original de cebada UNA La Molina 96 (UNA LM 96) es la más difundida a nivel nacional. Tiene buena capacidad de macollamiento, es de color verde y con la altura promedio de 100 cm. Presenta espigas de 6 hileras, ligeramente inclinadas y de densidad intermedia. Se puede sembrar desde el nivel del mar hasta los 3600 msnm, posee buen potencial de rendimiento; 3500 a 7300 kg/ha. En campos comerciales de sierra se obtiene un rendimiento promedio de 4700 kg/ha (Romero & Gómez, 2002).

La variedad espiga entre los 60 y 70 días y madura entre 110 a 130 días. Es una variedad semiprecoz y de hábito primaveral. Sus granos son de tamaño mediano, redondeado,

cáscara medianamente gruesa, color claro a amarillo oscuro dependiendo de las condiciones climáticas presentes durante su desarrollo. Es una variedad apta para la elaboración de malta y para productos alimenticios (Romero & Gómez, 2002)

Esta variedad es resistente a roya morena (*Puccinia hordei*), roya amarilla (*Puccinia striiformis f. sp. hordei*), oidium o mildiu polvoriento (*Erysiphe graminis f. sp. hordei*) y tolerante a manchas foliares causadas por *Cochliobolus sativus* (= *Helminthosporium sativum*) y *Pyrenophora graminea* (= *Helminthosporium gramineum*). Tolerante al acame o tumbado (Romero & Gómez, 2002)

4.4. METODOLOGÍA

4.4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de Bloques Incompletos Parcialmente Balanceados (BIPB) o Lattice 7x7 con 3 repeticiones y cada repetición tuvo 7 bloques con 7 unidades experimentales por bloque. En este diseño estadístico las 49 líneas de cebada fueron los tratamientos en estudio.

Según el diseño experimental elegido, en bloques incompletos parcialmente balanceados (BIPB) el modelo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijm} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \rho_{m(j)} + e_{ijm}$$

$$i=1, 2, \dots, t \quad j=1, \dots, r \quad m=1, 2, \dots, s$$

Donde:

μ : es la media general,

τ : es el efecto del tratamiento

γ : es el efecto del grupo de repeticiones

$\rho_{m(j)}$: es el efecto del bloque anidado dentro de la repetición

e_{ijm} : es el error experimental aleatorio.

Todos los datos se obtuvieron de la evaluación en las parcelas experimentales.

El análisis de varianza (ANVA) para las variables en estudio se realizó según el Cuadro 4 mostrado a continuación:

Cuadro 4: Análisis de varianza (ANVA) para un diseño de látice parcialmente balanceado.

Fuente de variación	Grados de libertad (G.L.)	Suma de cuadrados (SC)
Repeticiones	(r-1)	$sk\Sigma(\bar{y}_j - \bar{y})^2$
Tratamientos (sin ajuste)	(k ² -1)	$k\Sigma Q_i^2 / \lambda t$
Bloques dentro de repeticiones (ajustada)	r(k-1)	$k\Sigma(\bar{y}_{ijm} - \bar{y})^2$
Error intrabloque	(k-1)(rk-k-1)	restando
Total	(rk ² -1)	$\Sigma(i_{jm} - \bar{y})^2$

Q_i = y_i - (B/k), y B, es la suma de totales de bloques que incluyen el i-ésimo tratamiento.

FUENTE: COCHRAN, 1965.

4.4.2. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Las características del campo experimental fueron las siguientes:

Nº de Repeticiones	:	3
Nº Bloques por repetición	:	7
Nº Total de Bloques	:	21
Nº Unidades experimentales por bloque	:	7
Nº Total de unidades experimentales	:	147
Longitud de surcos	:	2 m
Distanciamiento entre surcos	:	0.4 m

N° surcos por parcela experimental	:	4
Área neta/parcela	:	3.2 m ²
Largo de cada Bloque	:	11.2 m
Área neta/Bloque	:	22.4 m ²
Área total del experimento	:	672 m ²
Cantidad de semilla empleada por parcela	:	0.048 kg
Cantidad de semilla empleada por bloque	:	0.336 kg
Cantidad total de semilla empleada en el experimento	:	7.056kg

4.4.3. CROQUIS DEL EXPERIMENTO

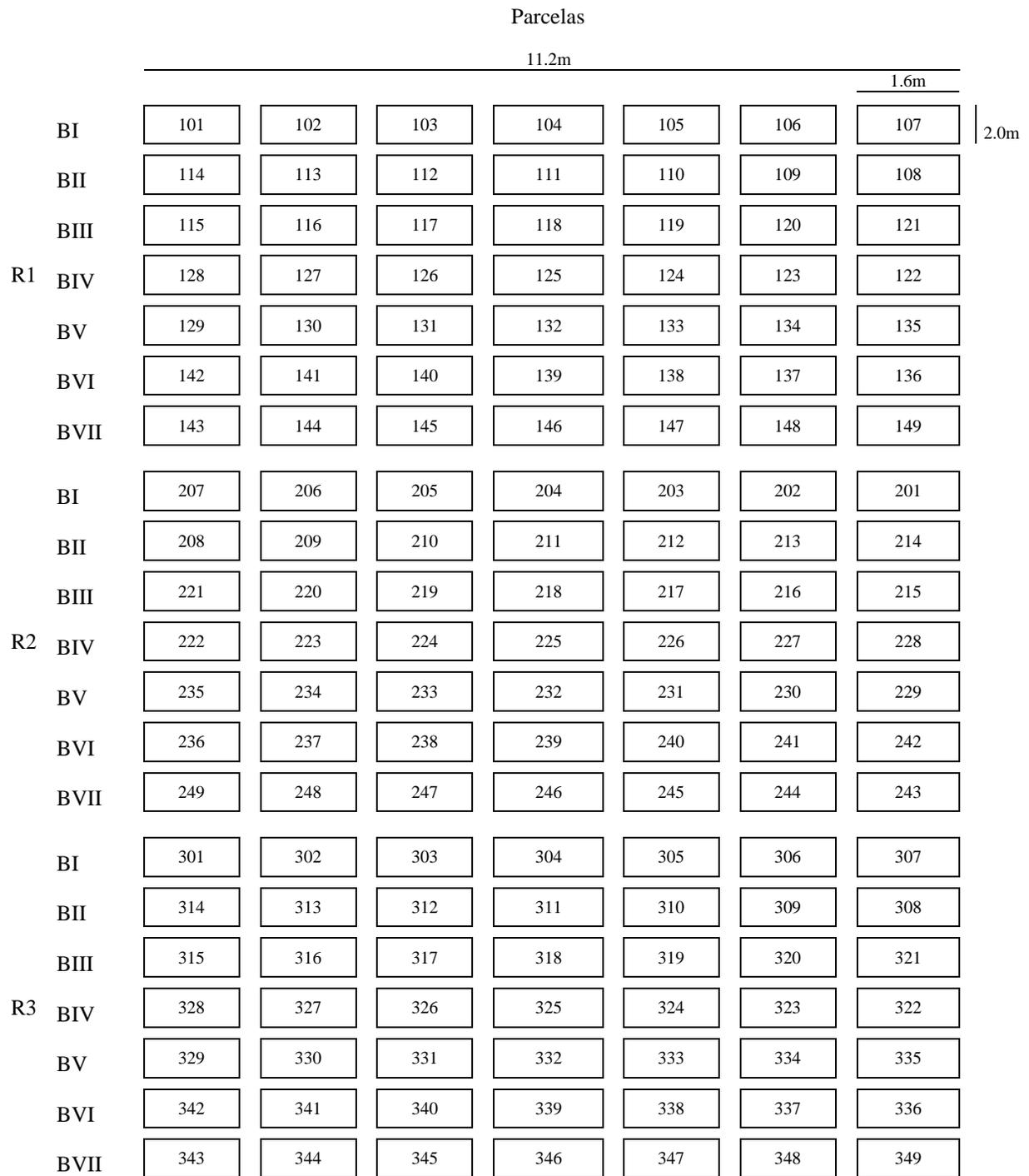
El croquis del experimento se presenta en el cuadro a continuación:

Cuadro 5: Randomización de parcelas en el experimento:

Parcelas			Líneas	Parcelas			Líneas	Parcelas			Líneas
101	219	303	CM6h-26	118	246	339	CM6h-316	135	208	343	CM6h-542
102	205	345	CM6h-269	119	232	318	CM6h-319	136	213	334	CM6h-543
103	238	340	CM6h-270	120	225	332	CM6h-321	137	227	320	CM6h-545
104	247	317	CM6h-278	121	211	311	CM6h-325	138	230	337	CM6h-546
105	233	331	CM6h-281	122	209	302	CM6h-326	139	244	348	CM6h-548
106	224	312	CM6h-285	123	223	327	CM6h-329	140	241	306	CM6h-551
107	210	326	CM6h-286	124	234	313	CM6h-330	141	202	323	CM6h-594
108	212	319	CM6h-287	125	248	330	CM6h-332	142	216	309	CM6h-596
109	226	338	CM6h-291	126	237	316	CM6h-333	143	215	321	CM6h-600
110	231	347	CM6h-293	127	206	341	CM6h-334	144	201	335	CM6h-601
111	245	305	CM6h-295	128	220	344	CM6h-335	145	242	308	CM6h-603
112	240	324	CM6h-296	129	221	342	CM6h-336	146	243	322	CM6h-604
113	203	310	CM6h-298	130	207	315	CM6h-348	147	229	307	CM6h-616
114	217	333	CM6h-300	131	236	329	CM6h-376	148	228	349	CM6h-617
115	218	325	CM6h-301	132	249	314	CM6h-465	149	214	336	UNA LM 96
116	204	304	CM6h-304	133	235	328	CM6h-535				
117	239	346	CM6h-313	134	222	301	CM6h-536				

FUENTE: Elaboración propia

Figura 3: Croquis del experimento



4.4.4. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se realizó en el campo Guayabo II perteneciente a la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde el cultivo anterior fue de maíz chala.

a. Preparación de las semillas

Previo a la siembra se determinó el porcentaje de germinación de las semillas del material genético y todos los genotipos estuvieron sobre el 90% de germinación. Se pesó 48 gramos de semilla por parcela experimental.

b. Preparación del terreno

Se hizo de manera mecanizada, iniciando con un riego de machaco para luego pasar el arado de discos. Posteriormente se realizó un gradeo y paso de rastra de puntas para eliminar los rastrojos, se realizó un nivelado y finalmente se trazaron los surcos. Se realizó el bloqueo del campo con yeso y previo a la siembra se hizo la fertilización, esta se realizó de forma uniforme al fondo del surco utilizando fertilizante fosfato diamónico y finalmente se tapó.

c. Siembra

Se realizó de modo manual, colocando las semillas a chorro continuo al fondo del surco. El tapado de la semilla fue realizado con maquinaria.

d. Riegos

El riego fue por gravedad, se cuidó que el paso del agua fuera lento para evitar erosión alguna en el suelo. El intervalo de los riegos fue de acuerdo al requerimiento del cultivo.

e. Etiquetado

Se colocaron etiquetas en el primer surco de cada parcela experimental, indicando el número de parcela.

f. Control de Malezas

Se controló las malezas de hoja ancha. Se aplicó el herbicida HEDONAL que tiene como ingrediente activo el 2.4 D sal amina, en una dosificación de 1.5 litros por 200 litros de agua, aproximadamente al mes de la siembra del experimento. También se utilizó el herbicida ROUNDUP que tiene como ingrediente activo el glifosato a una dosis de 2 litros por 200 litros de agua, esta aplicación se realizó a los dos meses de la siembra para limpiar los caminos de separación entre las parcelas y facilitar la evaluación.

g. Control fitosanitario

Durante la campaña, se observó la presencia de áfidos, se aplicó CIPERMEX que tiene como ingrediente activo el alfacipermetrina, con una dosificación de 500 ml en 200 litros de agua. Los áfidos fueron controlados a tiempo satisfactoriamente.

En el campo también se presentó la enfermedad de oidiosis, en el estado de macollamiento, después de evaluar la enfermedad, se realizaron aplicaciones de BAYLETÓN, fungicida sistémico que tiene como ingrediente activo el triadimefon, en dosificación de 300 ml en 200 litros de agua, también se realizó la aplicación de DITHANE, fungicida de contacto que tiene como ingrediente activo al mancozeb, se aplicó a una dosis de 500grs en 200 litros de agua. Estas aplicaciones se realizaron aproximadamente a los 45 DDS.

h. Cosecha

Se realizó del 10 al 11 de enero del 2013, cuando las plantas alcanzaron la madurez de cosecha (estado de grano frágil bajo el diente). Se empleó una trilladora estacionaria para la cosecha y se realizó de forma individual cada parcela experimental.

4.4.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Las labores principales realizadas durante la conducción del experimento se muestran en el Cuadro 6 a continuación:

Cuadro 6. Cronograma de actividades realizadas durante la conducción del experimento.

Fecha	Labor realizada
26/07/2012-31/07/2012	Preparación del terreno
07/08/2012	Fertilización y siembra
09/08/2012	Primer riego
14/08/2012	Primera evaluación de la germinación
16/08/2012	Segunda evaluación de germinación
21/08/2012	Segundo riego
05/09/2012	Aplicación de HEDONAL y CIPERMEX para control de malezas y afidos respectivamente
11/09/2012	Segunda fertilización con Nitrógeno
12/09/2012	Evaluación de severidad de Oidiosis
14/09/2012	Aplicación de DITHANE y BAYLETON para control de oidiosis
29/09/2012	Tercer riego
13/10/2012	Cuarto riego
19/10/2012	Inicio de evaluación de tipo de espiga, días a la floración, acame
03/11/2012	Quinto riego
24/11/2012	Sexto riego
20/12/2012	Séptimo riego
26/12/2012	Evaluación de maduración y altura de planta
10/01/2013- 11/01/2013	Cosecha del experimento y evaluación de índice de cosecha.

FUENTE: Elaboración propia.

4.5. EVALUACIONES

De acuerdo a los objetivos, se hizo una serie de evaluaciones de carácter cualitativo, agronómico y de calidad a nivel de parcelas para poder establecer diferencias en el material genético en estudio:

4.5.1. MUTACIONES EN LA MORFOLOGÍA DE LA ESPIGA

Se determinó las **variables cualitativas** como; número de hileras, densidad de la espiga, posición de la espiga, tamaño de la espiga, tipo de arista y forma de arista.

4.5.2. CARACTERES AGRONÓMICOS

▪ Rendimiento de grano

Los datos de rendimiento se obtuvieron cosechando cada parcela, luego se procedió a la limpieza del exceso de paja que quedó de la cosecha. En una balanza eléctrica se determinó el peso del grano correspondiente a una parcela y los resultados fueron llevados a kg/ha.

▪ Número de granos por espiga

A la maduración, se eligió 5 espigas al azar por cada surco, la evaluación se realizó dentro de los dos surcos centrales.

▪ Peso de mil granos

Se sacó una muestra al azar y se procedió a contar 500 granos provenientes de cada parcela experimental, luego se pesó en una balanza analítica, dicho peso se multiplicó por dos para obtener el peso de mil granos. El valor se expresó en gramos.

- **Índice de cosecha**

Es la relación entre el peso del grano y la biomasa aérea, se expresa en porcentaje. Este dato se obtuvo cosechando la parcela, se cortó las plantas al ras del suelo, se pesó el total de follaje y granos (biomasa) y luego sólo los granos limpios. Con estos valores se aplicó la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{\text{Peso de grano/parcela}}{\text{Peso total (follaje+grano)}}$$

- **Altura de planta**

Con una regla de madera graduada se tomó la medida en plantas maduras, desde la superficie del suelo hasta el extremo del ápice de la espiga sin tomar en cuenta la longitud de las aristas. Se tomaron medidas en cinco plantas tomadas al azar en cada parcela y de estas se sacó un promedio (sólo en los surcos centrales).

- **Acame**

En primera instancia este dato se tomó en forma porcentual, el área afectada con plantas acamadas o caídas dentro de cada parcela; luego estos porcentajes fueron transformados a otra escala utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Dato estimado} = \text{Log} (X + 10)$$

Con los datos resultantes se realizó el análisis estadístico.

- **Enfermedades: Oidiosis**

Se evaluó el porcentaje de severidad (porcentaje de tejido enfermo en la hoja), se tomaron 10 hojas al azar por cada tratamiento y se midió el porcentaje de daño en cada hoja, habiéndose medido de acuerdo con la superficie ocupada por el micelio del hongo en la hoja. Los valores de porcentajes de tejido enfermo de estas 10 hojas, fueron promediados.

Estos datos también fueron transformados para un mejor análisis estadístico y evitar con esto coeficientes de variabilidad muy altos. La fórmula utilizada fue la misma que se utilizó en la evaluación de acame.

$$\text{Dato estimado} = \text{Log} (X + 10)$$

4.5.3. CARACTERES DE CALIDAD

Los caracteres de calidad fueron determinados en los laboratorios del Programa de Cereales y Granos Nativos de la UNALM.

- **Contenido de Proteína del grano (%)**

Se determinó el porcentaje de proteína de las muestras de cada parcela, utilizando el equipo “INFRATECK 1255 Food & Feed Analyzer”. Se colocó una muestra de granos de cebada por cada línea, en las cinco pequeñas cribas de un disco con eje rotativo, esta es una máquina que arroja el promedio de las 5 lecturas, determinándose rápidamente el porcentaje de proteína. Se recomienda limpiar con papel especial las cribas para obtener una buena lectura.

- **Peso Hectolítrico (kg/hl)**

Es el peso de granos de cebada contenido en un hectolitro. Para calcularlo, se empleó una balanza tipo Shopper.

El dispositivo para hallar el peso hectolítrico en un volumen de 1/4 de litro consta fundamentalmente de 3 estructuras metálicas: 1 tubo cilíndrico inferior con una base fija, 1 tubo cilíndrico superior sin ninguna base fija, 1 trampa que es un disco delgado que se coloca lateralmente entre los dos tubos y que sirve de separador del volumen de toma de muestra en

el tubo superior del volumen de 1/4 de litro en el tubo inferior. Se prepara el dispositivo para peso hectolitrico, limpiándolo previamente, se apoya el tubo inferior sobre una superficie horizontal, sobre este se coloca el tubo superior, después se coloca el disco, se vierte el grano de cebada por el extremo del cilindro superior, favorablemente con un exceso de volumen de grano, rápidamente se retira lateralmente el disco que retira nuevamente el exceso de grano, se retira el disco y se deposita el volumen de grano obtenido en una bolsa de papel rotulada. Este volumen obtenido de grano es pesado en una balanza eléctrica de alta sensibilidad y el peso obtenido se lleva a tablas especiales que nos dan directamente el peso por hectolitrico correspondiente en kg/hl.

▪ **Porcentaje de granos de Primera (Clasificación por tamaño de grano)**

Se pesaron 100 gramos de cada muestra de cada tratamiento para realizar la clasificación del grano, mediante una máquina clasificadora de grano con zarandas especiales donde se clasificaron los granos. Se consideran de PRIMERA a los granos retenidos en los dos primeros tamices, cuyas ranuras tienen un ancho de 2.8 y 2.5 mm en cebada de seis hileras. Los granos de SEGUNDA son aquellos que pasan por el matiz de 2.5 mm y que son retenidos por un tercer matiz de 2.2 mm.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos en función de los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación.

OBJETIVO 1: COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRITIVA DE LÍNEAS PURAS DE CEBADA CON MUTACIONES EN LA MORFOLOGÍA DE LA ESPIGA

5.1 MUTACIONES EN LA MORFOLOGÍA DE LA ESPIGA

Las evaluaciones en espiga fueron hechas en el estado fenológico de maduración que corresponde al estadio Z.9.0 en su mayoría.

a. N° de hileras

El material parental y todas las líneas mutantes fueron de 6 hileras, en este caso todas las florecillas de la espiga llegan a formar granos (Aberg & Wiebe, 1946).

b. Densidad de la espiga

Estuvo determinada por la longitud de los entrenudos del raquis. Las de entrenudos largos se denominaron laxas, las de entrenudos intermedios se denominaron intermedios (o semidensos) y las de longitud pequeña se denominaron densas. En el material estudiado se identificaron los tres tipos de densidad.

De las evaluaciones realizadas, se observó que el descriptor “densidad de la espiga” se modificó de “intermedia” (DI) en el material parental a “laxa” (La) y “densa” (D).

Larsson (1985), menciona que las espigas con densidad laxa son débiles y cortas (3/4 menor a lo normal) y además, las espiguillas se reducen, las semillas son pequeñas y delgadas y tienen un endospermo encogido (xenia) heterocigótica.

c. Posición de la Espiga

Se logró determinar tres posiciones de la espiga en relación al grado de inclinación: erecta (EE), intermedia (EIn) e inclinada (EInc). El material parental tuvo una espiga de posición inclinada.

d. Tamaño de Espiga

Se clasificaron en espigas de tamaño; largas (ELa), intermedias (EIn) y pequeñas (Epe). Estas últimas fueron menos de la mitad de su longitud normal. El material parental tuvo espigas largas. En el experimento se consideró espigas largas (> 10.5 cm), espigas intermedias (8.5 - 10.5 cm) y espigas pequeñas (< 8.5cm).

e. Tipo de Arista

La mayoría de las variedades presentan “aristas largas” son llamadas así porque sus aristas midieron aproximadamente el doble o un poco más del tamaño de la espiga. La mayoría de las variedades no pueden ser diferenciadas sobre esta condición, pero las diferencias pueden ser útiles ocasionalmente (Aberg & Wiebe, 1945). El término "arista corta" se aplica para los siguientes casos: aristas cortas (1 a 7 cm) en las filas centrales de la espiguilla y en las filas laterales aristas muy cortas (0 a 3 cm) o también cuando las aristas en las filas centrales son muy cortas (0 a 3 cm) y las filas laterales son “múticas”. Los tipos de arista corta y mútica se encuentran en las cebadas de invierno (Aberg & Wiebe, 1945). Las cebadas con arista tipo “caperuza” son encontradas en cebadas de invierno o primaverales.

Este carácter es bastante estable bajo todas las condiciones climáticas por lo que se emplea en la clasificación de cebadas (Aberg & Wiebe, 1945).

En el experimento, se encontró mutantes con modificaciones en el descriptor “tipo de arista”. Se modificó de “arista larga” (ArL) en el material parental a “arista corta” (ArC), “arista acampanada de caperuza sésil” (ACS) y “arista acampanada de caperuza elevada” (ACE).

f. Forma de la Arista

Respecto a la forma de arista de las líneas mutantes se observó que de arista lisa en el material parental se modificó a “arista muy crespa” (ArMC). Además, de arista larga en lemma del material parental a espiga caperuzada en los mutantes. La caperuza puede estar sobre un pequeño segmento de arista corta por lo que se denomina caperuza pedicelada y otras unidas directamente a la lemma por lo que se denomina caperuza sésil o sentada. La caperuza puede tener un apéndice corto o puede ser más pequeño y apenas distinguirse.

En el Cuadro 7 se presentan las características de las líneas mutantes estudiadas.

Cuadro 7: Descripción de las mutaciones en las espigas de las líneas en estudio de cebada (*Hordeum vulgare* L.)

Nº	LÍNEA	Nº HILERAS	DENSIDAD DE LA ESPIGA	POSICIÓN DE LA ESPIGA	TAMAÑO DE ESPIGA	TIPO DE ARISTA	FORMA DE LA ARISTA
1	CM6h-333	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
2	CM6h-26	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Intermedia (EIn)	Larga (ArL)	Lisa (ArLi)
3	CM6h-285	6	Intermedia (DI)	Intermedia (EI)	Intermedia (EIn)	Muy crespa (ArMC)	Crespa
4	CM6h-291	6	Densa (D)	Intermedia (EI)	Intermedia (EIn)	Muy crespa (ArMC)	Crespa
5	CM6h-313	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
6	CM6h-296	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)

N°	LÍNEA	N° HILERAS	DENSIDAD DE LA ESPIGA	POSICIÓN DE LA ESPIGA	TAMAÑO DE ESPIGA	TIPO DE ARISTA	FORMA DE LA ARISTA
7	CM6h-278	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Intermedia (EIn)	Larga (ArL)	Lisa (ArLi)
8	CM6h-348	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
9	CM6h-616	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Intermedia (EIn)	Acampanada con caperuza sesil (ACS)	Caperuzada
10	CM6h-300	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
11	CM6h-601	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
12	CM6h-617	6	Densa (D)	Erecta (EE)	Intermedia (EIn)	Acampanada con caperuza elevada (ACE)	Caperuzada
13	CM6h-329	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
14	CM6h-603	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
15	CM6h-594	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
16	CM6h-545	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Larga (ELa)	Larga (ArL)	Lisa (ArLi)
17	CM6h-293	6	Intermedia (DI)	Intermedia (EI)	Intermedia (EIn)	Muy crespa (ArMC)	Crespa
18	CM6h-604	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
19	CM6h-321	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
20	CM6h-465	6	Intermedia (DI)	Inclinada (EInc)	Intermedia (EIn)	Larga (ArL)	Lisa (ArLi)
21	CM6h-304	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
22	CM6h-334	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
23	CM6h-287	6	Intermedia (DI)	Inclinada (EInc)	Intermedia (EIn)	Muy crespa (ArMC)	Crespa
24	CM6h-596	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
25	CM6h-301	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
26	CM6h-286	6	Densa (D)	Inclinada (EInc)	Intermedia (EIn)	Muy crespa (ArMC)	Crespa
27	CM6h-535	6	Intermedia (DI)	Intermedia (EI)	Intermedia (EIn)	Larga (ArL)	Lisa (ArLi)
28	CM6h-325	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
29	CM6h-335	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
30	CM6h-336	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
31	CM6h-295	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
32	CM6h-546	6	Intermedia (DI)	Intermedia (EI)	Intermedia (EIn)	Larga (ArL)	Lisa (ArLi)
33	CM6h-543	6	Intermedia (DI)	Intermedia (EI)	Larga (ELa)	Larga (ArL)	Lisa (ArLi)
34	CM6h-548	6	Intermedia (DI)	Inclinada (EInc)	Intermedia (EIn)	Larga (ArL)	Lisa (ArLi)
35	CM6h-319	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
36	CM6h-551	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Intermedia (EIn)	Larga (ArL)	Lisa (ArLi)
37	CM6h-316	6	Laxa (DLa)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
38	CM6h-332	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
39	CM6h-269	6	Intermedia (DI)	Intermedia (EI)	Intermedia (EIn)	Larga (ArL)	Lisa (ArLi)
40	CM6h-298	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)

N°	LÍNEA	N° HILERAS	DENSIDAD DE LA ESPIGA	POSICIÓN DE LA ESPIGA	TAMAÑO DE ESPIGA	TIPO DE ARISTA	FORMA DE LA ARISTA
41	CM6h-281	6	Intermedia (DI)	Inclinada (EInc)	Intermedia (EIn)	Muy crespa (ArMC)	Crespa
42	CM6h-326	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
43	CM6h-330	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
44	CM6h-376	6	Intermedia (DI)	Inclinada (EInc)	Larga (ELa)	Larga (ArL)	Lisa (ArLi)
45	CM6h-536	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Larga (ELa)	Larga (ArL)	Lisa (ArLi)
46	CM6h-270	6	Intermedia (DI)	Inclinada (EInc)	Larga (ELa)	Muy crespa (ArMC)	Crespa
47	CM6h-542	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Larga (ELa)	Larga (ArL)	Lisa (ArLi)
48	CM6h-600	6	Intermedia (DI)	Erecta (EE)	Pequeña (Epe)	Corta (ArC)	Lisa (ArLi)
49	UNA LM 96 (T)	6	Intermedia (DI)	Inclinada (EInc)	Larga (ELa)	Larga (ArL)	Lisa (ArLi)

FUENTE: Elaboración propia.



Figura 4. Cebada variedad UNA La Molina 96



Figura 5. Genotipo de cebada CM6h-26



Figura 6. Genotipo de cebada CM6h-269



Figura 7. Genotipo de cebada CM6h-270



Figura 8. Genotipo de cebada CM6h-278



Figura 9. Genotipo de cebada CM6h-281



Figura 10. Genotipo de cebada CM6h-285



Figura 11. Genotipo de cebada CM6h-286



Figura 12. Genotipo de cebada CM6h-287



Figura 13. Genotipo de cebada CM6h-291



Figura 14. Genotipo de cebada CM6h-293



Figura 15. Genotipo de cebada CM6h-295



Figura 16. Genotipo de cebada CM6h-296



Figura 17. Genotipo de cebada CM6h-298



Figura 18. Genotipo de cebada CM6h-300



Figura 19. Genotipo de cebada CM6h-301



Figura 20. Genotipo de cebada CM6h-304



Figura 21. Genotipo de cebada CM6h-313



Figura 22. Genotipo de cebada CM6h-316



Figura 23. Genotipo de cebada CM6h-319



Figura 24. Genotipo de cebada CM6h-321



Figura 25. Genotipo de cebada CM6h-325



Figura 26. Genotipo de cebada CM6h-326



Figura 27. Genotipo de cebada CM6h-329



Figura 28. Genotipo de cebada CM6h-330



Figura 29. Genotipo de cebada CM6h-332



Figura 30. Genotipo de cebada CM6h-333



Figura 31. Genotipo de cebada CM6h-334



Figura 32. Genotipo de cebada CM6h-335



Figura 33. Genotipo de cebada CM6h-336



Figura 34. Genotipo de cebada CM6h-348



Figura 35. Genotipo de cebada CM6h-376



Figura 36. Genotipo de cebada CM6h-465



Figura 37. Genotipo de cebada CM6h-535



Figura 38. Genotipo de cebada CM6h-536



Figura 39. Genotipo de cebada CM6h-542



Figura 40. Genotipo de cebada CM6h-543





Figura 41. Genotipo de cebada CM6h-545



Figura 42. Genotipo de cebada CM6h-546



Figura 43. Genotipo de cebada CM6h-548



Figura 44. Genotipo de cebada CM6h-551



Figura 45. Genotipo de cebada CM6h-594



Figura 46. Genotipo de cebada CM6h-596



Figura 47. Genotipo de cebada CM6h-600



Figura 48. Genotipo de cebada CM6h-601



Figura 49. Genotipo de cebada CM6h-603



Figura 50. Genotipo de cebada CM6h-604



Figura 51. Genotipo de cebada CM6h-616



Figura 52. Genotipo de cebada CM6h-617



5.2 CARACTERES AGRONÓMICOS

5.2.1. RENDIMIENTO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

a. Rendimiento de grano (kg/ha)

El análisis de varianza (Cuadro 8) indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos (líneas mutantes), así como entre las repeticiones y los bloques por repetición. El coeficiente de variabilidad fue de 17.40 %, el cual es aceptable tratándose de variables agronómicas (Calzada, 1982).

La prueba de Mínima Diferencia de Significación (DLS) a un $\alpha=0.01$ (Cuadro 9) indica que los dos primeros tratamientos fueron estadísticamente similares y diferentes a los demás. La línea mutante CM6h-542, con 2224.98 kg/ha fue estadísticamente diferente a las demás menos a la variedad testigo UNA La Molina 96 que obtuvo un rendimiento de 1954.70 kg/ha. El promedio a nivel del experimento fue de 1186.56 kg/ha y 22 líneas de cebada incluyendo el testigo, UNA La Molina 96, superaron al promedio, mientras que 27 líneas mutantes fueron inferiores. El rango de la variable rendimiento (kg/ha) fue de 656.85 – 2224.98 kg/ha.

El rendimiento promedio de este experimento fue bajo comparado con el descrito por Gómez *et al.*, (2008) que reporta un rendimiento promedio de la cebada variedad UNA La Molina 96 entre 2500 - 5000 kg/ha. El rendimiento está influenciado tanto por factores genéticos como factores ambientales; en el caso específico de este experimento el problema principal fue de naturaleza agronómica y genética ya que se observó una gran susceptibilidad al acame de la mayoría de las líneas mutantes por la alta cantidad de semillas empleadas que propicio una alta población favoreciendo el acame.

Considerando la morfología de las espigas de las líneas mutantes de cebada del experimento, se observó que las líneas con espigas erectas y con aristas largas lisas, en su mayoría fueron las que obtuvieron valores altos en el rendimiento, no ocurriendo lo mismo en las espigas de tamaño pequeño con aristas cortas y en las espigas intermedias con aristas muy crespas.

Cuadro 8. Cuadrados Medios del análisis de varianza del rendimiento (kg/ha), número de granos por espiga y peso de mil granos (g) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.

		Rendimiento (kg/ha)	Número granos por espiga	Peso de mil granos (g)
Fuentes de Variación	Grados Libertad (G.L.)	Cuadrados Medios (CM)	Cuadrados Medios (CM)	Cuadrados Medios (CM)
Repeticiones	2	792941***	467.56*	19.43 ns
Bloques dentro de repeticiones	18	167673***	71.81 ns	9.63 ns
Tratamientos	48	287946***	125.98 ns	173.61***
Error intrabloque	78	42413	121.19	9.28
Coefficiente de variación (%)		17.40	17.60	6.40
Promedio		1186.56	62.57	47.79

Niveles de significación (Ver Anexo 8).

Cuadro 9. Valores medios de la variable rendimiento (kg/ha) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.

T	Material Genético	Descripción	Rendimiento (kg/ha)
47	CM6h-542	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELa; ArL; ArLi	2224.98
29	UNA LM 96	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELa; ArL; ArLi	1954.70
45	CM6h-536	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELa; ArL; ArLi	1753.70
24	CM6h-596	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	1739.30
15	CM6h-594	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	1655.16
48	CM6h-600	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	1578.99
32	CM6h-546	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	1551.15
12	CM6h-617	Densa; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza elevada = D; EE; EIn; ACE	1542.76
36	CM6h-551	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	1535.84
27	CM6h-535	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	1522.11
2	CM6h-26	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	1486.34
44	CM6h-376	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELa; ArL; ArLi	1433.31
18	CM6h-604	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	1424.14
34	CM6h-548	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	1416.16
14	CM6h-603	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	1414.13
11	CM6h-601	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	1405.56
30	CM6h-336	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	1313.91
28	CM6h-325	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	1288.97
9	CM6h-616	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza sesil = DI; EE; EIn; ACS	1278.80

T	Material Genético	Descripción	Rendimiento (kg/ha)
33	CM6h-543	Densidad Intermedia; Posición Intermedia, Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; ELA; ArL; ArLi	1229.32
42	CM6h-326	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	1190.48
25	CM6h-301	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	1190.24
7	CM6h-278	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	1182.56
8	CM6h-348	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	1153.98
20	CM6h-465	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	1134.08
39	CM6h-269	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga ; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	1112.05
19	CM6h-321	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	1023.93
16	CM6h-545	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE, ELA; ArL; ArLi	1008.05
23	CM6h-287	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	1007.27
26	CM6h-286	Densa; Posición Inclinada; Espiga tamaño intermedio; Arista muy Crespa = D; EInc; EIn; ArMC	1003.11
49	CM6h-335	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	1002.55
37	CM6h-316	Densidad Laxa; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DLA; EE; Epe; ArC; ArLi	972.06
31	CM6h-295	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	963.20
21	CM6h-304	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	958.26
1	CM6h-333	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	956.67
4	CM6h-291	Densa; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = D; EI; EIn; ArMC	946.75
22	CM6h-334	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	938.30
5	CM6h-313	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	937.06
10	CM6h-300	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	910.82
38	CM6h-332	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	855.22
43	CM6h-330	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	842.02

T	Material Genético	Descripción	Rendimiento (kg/ha)
17	CM6h-293	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	805.89
40	CM6h-298	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	802.84
41	CM6h-281	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	792.43
3	CM6h-285	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	790.82
35	CM6h-319	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	780.45
13	CM6h-329	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	739.85
6	CM6h-296	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	734.56
46	CM6h-270	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga Larga; Arista muy Crespa = DI; EInc; ELA; ArMC	656.85
		Promedio	1186.56
		DLS 0.05 de probabilidad	357.44
		DLS 0.01 de probabilidad	474.06

b. Número de granos por espiga

Según el análisis de varianza (Cuadro 8) existen diferencias significativas entre las repeticiones más no entre los bloques por repetición y entre los tratamientos. El coeficiente de variabilidad fue de 17.60 %, un valor aceptable en variables agronómicas (Calzada, 1982).

La prueba de DLS ($\alpha=0.01$) en el Cuadro 10, indica que los siete primeros tratamientos; CM6h-616, CM6h-603, CM6h-600, CM6h-376, CM6h-617, CM6h-596 y CM6h-546 fueron estadísticamente similares y con mejor promedio. El promedio obtenido de la variable a nivel del experimento fue de 62.57 granos y 24 líneas de cebada obtuvieron un valor superior al promedio del experimento. Además, 25 líneas tuvieron valores inferiores al promedio incluyéndose a la variedad testigo UNA La Molina 96, que obtuvo un valor de 62.44 granos por espiga. El rango de la variable número de granos por espiga fue de 50.59 – 85.87.

El número de granos por espiga es considerado como el factor más limitante de los rendimientos máximos en los cereales. La relación rendimiento-número de granos va a depender de las condiciones de crecimiento del cultivo y de las características del genotipo utilizado (McMaster *et al.*, 1994; Blanco *et al.*, 2001).

No se encontró ninguna asociación de la morfología de la espiga con el número de granos por espiga.

Cuadro 10. Valores medios de la variable número de granos por espiga según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.

T	Material Genético	Descripción	Nº granos por espiga
9	CM6h-616	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza sesil = DI; EE; EIn; ACS	85.87
14	CM6h-603	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	73.40
48	CM6h-600	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	73.26
44	CM6h-376	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELa; ArL; ArLi	71.60
12	CM6h-617	Densa; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza elevada = D; EE; EIn; ACE	70.07
24	CM6h-596	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	69.94
32	CM6h-546	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	69.14
46	CM6h-270	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga Larga; Arista muy Crespa = DI; EInc; ELa; ArMC	68.75
21	CM6h-304	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	68.55

T	Material Genético	Descripción	N° granos por espiga
49	CM6h-335	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	68.09
23	CM6h-287	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	67.78
11	CM6h-601	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	67.57
35	CM6h-319	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	67.53
17	CM6h-293	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	67.05
7	CM6h-278	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	66.65
5	CM6h-313	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	66.30
43	CM6h-330	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	65.97
38	CM6h-332	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	65.26
18	CM6h-604	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	64.98
28	CM6h-325	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	64.74
39	CM6h-269	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga ; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	63.52
19	CM6h-321	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	63.33
34	CM6h-548	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	62.95
6	CM6h-296	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	62.91
29	UNA LM 96	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELA; ArL; ArLi	62.44
47	CM6h-542	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELA; ArL; ArLi	62.41
22	CM6h-334	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	62.21
3	CM6h-285	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	61.94
20	CM6h-465	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	61.72
40	CM6h-298	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	61.71
45	CM6h-536	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELA; ArL; ArLi	61.64

T	Material Genético	Descripción	N° granos por espiga
10	CM6h-300	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	60.48
42	CM6h-326	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	59.25
25	CM6h-301	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	58.44
16	CM6h-545	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE, ELA; ArL; ArLi	58.33
41	CM6h-281	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	57.81
36	CM6h-551	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	57.36
33	CM6h-543	Densidad Intermedia; Posición Intermedia, Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; ELA; ArL; ArLi	57.23
8	CM6h-348	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	56.71
4	CM6h-291	Densa; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = D; EI; EIn; ArMC	55.97
2	CM6h-26	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	55.03
31	CM6h-295	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	54.81
27	CM6h-535	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	54.53
30	CM6h-336	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	53.10
26	CM6h-286	Densa; Posición Inclinada; Espiga tamaño intermedio; Arista muy Crespa = D; EInc; EIn; ArMC	52.42
13	CM6h-329	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	52.22
15	CM6h-594	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	51.36
1	CM6h-333	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	51.00
37	CM6h-316	Densidad Laxa; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DLA; EE; Epe; ArC; ArLi	50.59
		Promedio	62.57
		DLS 0.05 de probabilidad	23.62
		DLS 0.01 de probabilidad	17.84

c. Peso de mil granos (g)

El análisis de varianza (Cuadro 8) indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos y diferencias no significativas entre las repeticiones y los bloques por repetición. El coeficiente de variabilidad fue de 6.40%.

Según la prueba de Diferencia Mínima de Significación ($\alpha=0.01$) (Cuadro 11) la línea mutante CM6h-26 con un peso de mil granos de 64.61 g fue estadísticamente diferente a las demás líneas. El promedio a nivel del experimento fue de 47.79 g y 22 líneas mutantes superaron al promedio incluyendo la variedad testigo UNA La Molina 96, mientras que 27 líneas tuvieron valores inferiores al promedio. La variedad testigo UNA La Molina 96 obtuvo un peso de mil granos de 53.47 g. El rango de la variable fue de 37.68 – 64.61 g.

El peso de mil granos está influenciado por factores genéticos, por lo que según la posición del grano en la espiga, los granos más alejados tanto de la base de la espiga y la espiguilla, tienen menor tamaño y peso porque disponen de menor tiempo para su llenado (Arroyo, 1995). También depende de factores ambientales, los cuales influyen en el proceso de llenado durante la maduración (Yoshida, 1972). Por lo mencionado anteriormente, el efecto del tumbado o acame o alta densidad observado en campo puede haber repercutido en el llenado de granos debido a que un peso más elevado puede ser indicador de una mayor capacidad de translocación de fotoasimilados desde los órganos de reserva al grano.

Se observó que en el experimento, líneas que obtuvieron rendimientos superiores al promedio también mostraron valores superiores con respecto al peso de mil granos.

Cuadro 11. Valores medios de la variable peso de mil granos (g) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.

T	Material Genético	Descripción	Peso mil granos (g)
2	CM6h-26	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	64.61
24	CM6h-596	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	59.34
3	CM6h-285	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	58.67
36	CM6h-551	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	58.56
6	CM6h-296	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	58.34
45	CM6h-536	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELA; ArL; ArLi	58.17
47	CM6h-542	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELA; ArL; ArLi	57.84
15	CM6h-594	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	57.48
27	CM6h-535	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	57.25
10	CM6h-300	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	57.02
40	CM6h-298	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	56.43
26	CM6h-286	Densa; Posición Inclinada; Espiga tamaño intermedio; Arista muy Crespa = D; EInc; EIn; ArMC	56.43
41	CM6h-281	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	55.44
32	CM6h-546	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	54.59
29	UNA LM 96	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELA; ArL; ArLi	53.47
34	CM6h-548	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	52.62
20	CM6h-465	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	52.24
44	CM6h-376	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELA; ArL; ArLi	51.39

T	Material Genético	Descripción	Peso mil granos (g)
46	CM6h-270	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista muy Crespa = DI; EInc; ELA; ArMC	51.38
7	CM6h-278	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	50.92
12	CM6h-617	Densa; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza elevada = D; EE; EIn; ACE	48.79
9	CM6h-616	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza sesil = DI; EE; EIn; ACS	48.57
18	CM6h-604	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLiArLi	47.28
39	CM6h-269	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga ; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	46.12
38	CM6h-332	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	45.20
4	CM6h-291	Densa; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = D; EI; EIn; ArMC	43.21
23	CM6h-287	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	42.95
14	CM6h-603	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	42.50
35	CM6h-319	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	42.45
33	CM6h-543	Densidad Intermedia; Posición Intermedia, Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; ELA; ArL; ArLi	42.44
31	CM6h-295	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	42.15
25	CM6h-301	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	42.01
11	CM6h-601	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	41.56
1	CM6h-333	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	41.54
30	CM6h-336	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	41.46
22	CM6h-334	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	41.38
17	CM6h-293	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	41.16
21	CM6h-304	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	41.12
13	CM6h-329	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	41.01
28	CM6h-325	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	40.95

T	Material Genético	Descripción	Peso mil granos (g)
43	CM6h-330	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	40.64
49	CM6h-335	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	40.42
48	CM6h-600	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	40.12
8	CM6h-348	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	39.68
19	CM6h-321	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	39.65
42	CM6h-326	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	39.63
5	CM6h-313	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	39.17
16	CM6h-545	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE, ELA; ArL; ArLi	38.84
37	CM6h-316	Densidad Laxa; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DL; EE; Epe; ArC; ArLi	37.68
		Promedio	47.79
		DLS 0.05 de probabilidad	4.93
		DLS 0.01 de probabilidad	6.53

5.2.2. ÍNDICE DE COSECHA

El índice de cosecha es la fracción del cultivo que es económicamente más valiosa en los cereales (González, 2001).

Según el análisis de varianza (Cuadro 12), existen diferencias altamente significativas entre los bloques por repetición más no entre las repeticiones y entre los tratamientos. El coeficiente de variabilidad fue de 28.70 %, valor que está dentro del rango mencionado por Calzada (1982) que varía entre 9-29% para las variables agronómicas.

La prueba DLS a un $\alpha=0.01$ (Cuadro 13) indica que las primeras 41 líneas mutantes incluyendo a la variedad testigo UNA La Molina 96, fueron estadísticamente similares pero diferentes a las 8 líneas mutantes restantes. El promedio fue de 23.25%; donde 25 líneas fueron iguales o superaron al promedio mientras que 24 líneas tuvieron valores inferiores incluyendo la variedad testigo UNA La Molina 96. La variedad testigo obtuvo un índice de cosecha de 19.62% y el rango de la variable fue de 14.73 – 30.98%.

Con respecto a la morfología de la espiga, se identificó que las líneas mutantes de espigas de tamaño pequeño, posición erecta, aristas cortas de forma lisa y las líneas mutantes de espigas tamaño intermedio, aristas largas y forma lisa; tuvieron una tendencia a altos índices de cosecha.

Gonzalez (2001); Turner (1997) & Kumudini *et al.* (2001), mencionan que ha habido un incremento en el rendimiento de los cultivos modernos con pocos cambios en la biomasa total de la parte aérea. Este incremento se atribuye a un aumento en el índice de cosecha. Según esta relación directa entre rendimiento e índice de cosecha propuesta por el autor, no se ve demostrada en los resultados del experimento pues las líneas mutantes que obtuvieron altos rendimientos por hectárea no necesariamente obtuvieron altos valores de porcentaje de índice de cosecha.

Cuadro 12. Cuadrados Medios del análisis de varianza de caracteres agronómicos: índice de cosecha (%), altura de planta (cm), acame y oidiosis del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.

		Índice de Cosecha (%)	Altura de planta (cm)	Acame	Oidiosis
Fuentes de Variación	Grados Libertad (G.L.)	Cuadrados Medios (CM)	Cuadrados Medios (CM)	Cuadrados Medios (CM)	Cuadrados Medios (CM)
Repeticiones	2	123.73 .	125.23 *	0.025***	0.04 **
Bloques dentro de repeticiones	18	181.66 ***	43.72 ns	0.004***	0.05 ***
Tratamientos	48	61.66 .	123.95 ***	0.0008 ns	0.02 ***
Error experimental	78	44.34	28.75	0.0008	0.009
Coefficiente de variación (%)		28.70	4.90	1.49	5.70
Promedio		23.25	108.98	76.39	37.90

Niveles de significación (Ver Anexo 8).

Cuadro 13: Valores medios de la variable porcentaje de índice de cosecha (%IC) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.

T	Material Genético	Descripción	% IC
34	CM6h-548	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	30.98
37	CM6h-316	Densidad Laxa; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DLa; EE; Epe; ArC; ArLi	29.70
11	CM6h-601	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	29.31
36	CM6h-551	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	28.77
13	CM6h-329	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	28.75
21	CM6h-304	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	28.02
18	CM6h-604	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	26.91
45	CM6h-536	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELa; ArL; ArLi	26.86
35	CM6h-319	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	26.56
46	CM6h-270	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista muy Crespa = DI; EInc; ELa; ArMC	26.50
47	CM6h-542	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELa; ArL; ArLi	26.08
17	CM6h-293	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	25.95
12	CM6h-617	Densa; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuzada elevada = D; EE; EIn; ACE	25.91
38	CM6h-332	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	24.70
25	CM6h-301	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	24.25
33	CM6h-543	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; ELa; ArL; ArLi	24.25
43	CM6h-330	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	24.23

T	Material Genético	Descripción	% IC
28	CM6h-325	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	23.91
5	CM6h-313	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	23.88
49	CM6h-335	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	23.76
2	CM6h-26	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	23.70
40	CM6h-298	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	23.57
23	CM6h-287	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	23.55
1	CM6h-333	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	23.25
41	CM6h-281	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	23.25
7	CM6h-278	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	23.24
4	CM6h-291	Densa; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = D; EI; EIn; ArMC	23.24
30	CM6h-336	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	22.9
42	CM6h-326	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	22.8
31	CM6h-295	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	22.62
24	CM6h-596	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	22.38
9	CM6h-616	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza sesil = DI; EE; EIn; ACS	22.30
39	CM6h-269	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga ; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	21.93
22	CM6h-334	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	21.57
48	CM6h-600	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	21.47
16	CM6h-545	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE, ELA; ArL; ArLi	21.43
26	CM6h-286	Densa; Posición Inclinada; Espiga tamaño intermedio; Arista muy Crespa = D; EInc; EIn; ArMC	21.37
6	CM6h-296	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	21.22

T	Material Genético	Descripción	% IC
15	CM6h-594	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	20.93
8	CM6h-348	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	20.89
29	UNA LM 96	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELa; ArL; ArLi	19.62
20	CM6h-465	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	19.44
10	CM6h-300	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	19.15
44	CM6h-376	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELa; ArL; ArLi	18.57
3	CM6h-285	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	18.54
14	CM6h-603	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	18.38
27	CM6h-535	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	18.05
32	CM6h-546	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	15.83
19	CM6h-321	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.73
		Promedio	23.25
		DLS 0.05 de probabilidad	11.56
		DLS 0.01 de probabilidad	15.34

5.2.3. ALTURA DE PLANTA

El análisis de varianza para el carácter agronómico, altura de planta (Cuadro 12), indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, diferencias significativas entre las repeticiones más no diferencias significativas entre los bloques por repetición. El coeficiente de variabilidad fue de 4.90 %, el cual está dentro del rango (4-8%) mencionado por Calzada (1982) para este tipo de variables.

La prueba DLS a un $\alpha=0.01$ (Cuadro 14), indica que las cinco primeras líneas mutantes CM6h-594, CM6h-548, CM6h-596, CM6h-293 y CM6h-546 fueron estadísticamente similares pero diferentes a los demás. El promedio de la variable altura de planta fue de 108.98 cm; 24 de estas líneas, incluyendo la variedad testigo UNA La Molina 96 superaron al promedio, mientras que 25 líneas tuvieron una altura menor al promedio. La variedad testigo UNA La Molina 96 obtuvo una altura 111.97 cm. El rango de la variable altura de planta fue de 98.77 – 127.14 cm.

Según estos resultados se observó que no existe una asociación entre la morfología de la espiga y la altura de planta ya que las líneas de mayor altura muestran variabilidad en su morfología.

La altura de la planta es una característica considerada en programas de mejoramiento, y los resultados alcanzados en muchos de ellos muestran asociación entre reducción de altura y la mejora del rendimiento. Variedades enanas o semienanas han sido la base para la mejora genética del rendimiento en un gran número de cultivos (Gonzales, 2001).

Cuadro 14: Valores medios de la variable altura de planta (cm) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.

T	Material Genético	Descripción	Altura (cm)
15	CM6h-594	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	127.14
34	CM6h-548	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	123.04
24	CM6h-596	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	121.52
17	CM6h-293	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	118.85
32	CM6h-546	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	118.40
9	CM6h-616	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza sesil = DI; EE; EIn; ACS	117.28
6	CM6h-296	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	116.62
11	CM6h-601	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	115.90
36	CM6h-551	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	115.86
12	CM6h-617	Densa; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza elevada = D; EE; EIn; ACE	114.88
41	CM6h-281	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	114.20
48	CM6h-600	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	113.87
40	CM6h-298	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	113.05
29	UNA LM 96	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELA; ArL; ArLi	111.97
27	CM6h-535	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	111.41
10	CM6h-300	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	111.38
39	CM6h-269	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga ; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	111.29
14	CM6h-603	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	110.84

T	Material Genético	Descripción	Altura (cm)
37	CM6h-316	Densidad Laxa; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DLa; EE; Epe; ArC; ArLi	110.66
45	CM6h-536	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELa; ArL; ArLi	110.43
2	CM6h-26	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	110.33
31	CM6h-295	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	110.25
47	CM6h-542	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELa; ArL; ArLi	110.14
46	CM6h-270	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista muy Crespa = DI; EInc; ELa; ArMC	109.51
33	CM6h-543	Densidad Intermedia; Posición Intermedia, Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; ELa; ArL; ArLi	108.01
26	CM6h-286	Densa; Posición Inclinada; Espiga tamaño intermedio; Arista muy Crespa = D; EInc; EIn; ArMC	107.61
3	CM6h-285	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	107.45
18	CM6h-604	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	105.87
30	CM6h-336	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	105.86
4	CM6h-291	Densa; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = D; EI; EIn; ArMC	105.70
5	CM6h-313	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	105.69
38	CM6h-332	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	105.45
8	CM6h-348	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	105.40
42	CM6h-326	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	105.28
44	CM6h-376	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELa; ArL; ArLi	105.23
16	CM6h-545	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELa; ArL; ArLi	104.04
43	CM6h-330	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	103.88
13	CM6h-329	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	103.82
28	CM6h-325	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	103.29
19	CM6h-321	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	102.44
1	CM6h-333	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	101.78

T	Material Genético	Descripción	Altura (cm)
20	CM6h-465	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	101.71
22	CM6h-334	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	101.26
49	CM6h-335	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	101.07
23	CM6h-287	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	100.87
35	CM6h-319	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	100.56
25	CM6h-301	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	100.40
7	CM6h-278	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	99.91
21	CM6h-304	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	98.77
		Promedio	108.98
		DLS 0.05 de probabilidad	8.69
		DLS 0.01 de probabilidad	11.50

5.2.4. ACAME

El análisis de varianza (Cuadro 12), indica que existen diferencias altamente significativas entre las repeticiones y los bloques por repetición no así entre los tratamientos. El coeficiente de variabilidad fue de 1.49 %, (un valor por debajo del rango mencionado por Calzada (1982) que varía entre 9-29 % para las variables agronómicas).

La prueba DLS ($\alpha=0.01$) (Cuadro 15), indica que las 46 primeras líneas mutantes fueron estadísticamente similares pero diferentes a las líneas CM6h-336, al testigo UNA La Molina 96 y CM6h-285. El promedio de la variable acame a nivel del experimento fue de 76.39 %, 27 líneas mutantes fueron mas susceptibles al tumbado mientras que 22 líneas fueron menos suscetibles que el promedio, incluyendo la variedad UNA La Molina 96. El testigo obtuvo un valor de acame de 71.87 % y el rango de la variable acame fue de 66.26 – 82.22%.

La característica del acame está muy influenciada por las condiciones climáticas, condiciones de manejo y de las propias características del cultivo como la altura de planta, la calidad de paja y proporción de la parte aérea y la radicular.

González (2001), menciona que para conseguir estabilidad del rendimiento en cebada, es necesario tener en cuenta la resistencia al encamado que contribuye indirectamente a incrementar el rendimiento al permitir que el grano se llene mejor. La resistencia al encamado requiere plantas de altura moderada, con paja robusta y un sistema radicular capaz de anclarlas bien al suelo.

De lo mencionado anteriormente, a nivel de experimento se observó que líneas mutantes con tendencia a mayor altura de planta (cm) tuvieron la tendencia a un valor de acame alto, esto se puede evidenciar en las líneas CM6h-594 y CM6h-548 que variaron en la morfología de sus espigas; espigas de tamaño pequeño con aristas cortas y espigas de tamaño intermedio con aristas largas respectivamente. Por otro lado, la línea CM6h-536 con un porcentaje de acame alto obtuvo a nivel de experimento altos rendimientos (kg/ha), esto pudiendo deberse a un tumbado al final del cultivo y presencia de granos con un buen llenado.

Cuadro 15: Valores medios de la variable acame (%) según la Prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.

T	Material Genético	Descripción	Acame (%)
45	CM6h-536	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELa; ArL; ArLi	82.22
40	CM6h-298	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	80.24
18	CM6h-604	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	80.10
31	CM6h-295	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	80.03
32	CM6h-546	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	79.83
15	CM6h-594	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	79.81
49	CM6h-335	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	79.75
34	CM6h-548	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	78.55
9	CM6h-616	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza sesil = DI; EE; EIn; ACS	78.42
6	CM6h-296	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	78.21
12	CM6h-617	Densa; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza elevada = D; EE; EIn; ACE	78.03
28	CM6h-325	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	77.95
47	CM6h-542	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELa; ArL; ArLi	77.88
36	CM6h-551	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	77.72
4	CM6h-291	Densa; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = D; EI; EIn; ArMC	77.68
26	CM6h-286	Densa; Posición Inclínada; Espiga tamaño intermedio; Arista muy Crespa = D; EInc; EIn; ArMC	77.59
2	CM6h-26	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	77.51
41	CM6h-281	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	77.48

T	Material Genético	Descripción	Acame (%)
10	CM6h-300	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	77.35
14	CM6h-603	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	77.27
43	CM6h-330	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	77.18
22	CM6h-334	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	76.96
19	CM6h-321	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	76.67
20	CM6h-465	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	76.66
25	CM6h-301	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	76.55
21	CM6h-304	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	76.47
38	CM6h-332	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	76.43
5	CM6h-313	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	76.19
46	CM6h-270	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga Larga; Arista muy Crespa = DI; EInc; ELA; ArMC	76.18
42	CM6h-326	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	76.10
37	CM6h-316	Densidad Laxa; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DLA; EE; Epe; ArC; ArLi	75.90
44	CM6h-376	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELA; ArL; ArLi	75.85
8	CM6h-348	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	75.64
27	CM6h-535	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	75.52
39	CM6h-269	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga ; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	75.52
11	CM6h-601	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	75.50
13	CM6h-329	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	75.06
17	CM6h-293	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	74.64
33	CM6h-543	Densidad Intermedia; Posición Intermedia, Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; ELA; ArL; ArLi	74.55
7	CM6h-278	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	74.33

T	Material Genético	Descripción	Acame (%)
23	CM6h-287	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	74.27
48	CM6h-600	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	73.67
16	CM6h-545	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE, ELa; ArL; ArLi	73.53
24	CM6h-596	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	73.41
1	CM6h-333	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	73.39
35	CM6h-319	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	73.23
30	CM6h-336	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	71.96
29	UNA LM 96	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELa; ArL; ArLi	71.87
3	CM6h-285	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	66.26
		Promedio	76.39
		DLS 0.05 de probabilidad	0.05
		DLS 0.01 de probabilidad	0.06

5.2.5. OIDIOSIS (RESPUESTA A ENFERMEDADES)

Durante el experimento se observó la presencia de oidiosis tanto en la parcela experimental como en los campos aledaños de cereales. El análisis de varianza (Cuadro 12), indica que existen diferencias altamente significativas entre los bloques por repetición y entre las líneas y diferencias significativas entre las repeticiones. El coeficiente de variabilidad fue de 5.70%.

La prueba DLS ($\alpha=0.01$) en el Cuadro 16, muestra que las seis primeras líneas mutantes, CM6h-617, CM6h-269, CM6h-287, CM6h-270, CM6h-291 y CM6h-301 fueron estadísticamente similares pero diferentes a los demás, estas según evaluaciones mostraron ser

más susceptibles a la enfermedad. El promedio a nivel del experimento fue de 37.90%, superado por 23 genotipos incluyendo la variedad testigo, UNA La Molina 96, mientras que 26 genotipos tuvieron valores inferiores al promedio. Según lo mencionado la variedad testigo tuvo una susceptibilidad a la oidiosis de 44.30%. El rango de la severidad de oidiosis en el experimento fue de 19.62 – 71.89%.

La oidiosis, *Blumeria graminis* (DC) =*Erysiphe graminis* (DC) es una enfermedad que se encuentra afectando a más de 100 especies de poáceas, incluyendo a la cebada (*Hordeum vulgare* L.) que además es hospedero principal. Es considerada una de las más comunes y destructivas enfermedades en cereales (CABI, 2014).

Esta enfermedad puede llegar a generar pérdidas en el rendimiento ya que en general se ve afectado el follaje y por ende la capacidad fotosintética de la planta. Así mismo, diversos estudios alrededor del mundo muestran un porcentaje de pérdidas en los rendimientos que van desde 5 a 20 %, habiéndose reportado pérdidas de hasta 60 % dependiendo de la época en que se presenta y la severidad (CABI, 2014).

A nivel de experimento, la línea CM6h-542 la cual presentó rendimientos superiores estuvo entre las líneas con mayor resistencia a la enfermedad.

Cuadro 16. Valores medios de la variable oidiosis (%) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.

T	Material Genético	Descripción	Oidiosis (%)
12	CM6h-617	Densa; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza elevada = D; EE; EIn; ACE	71.89
39	CM6h-269	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga ; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	57.73
23	CM6h-287	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	50.33
46	CM6h-270	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista muy Crespa = DI; EInc; ELA; ArMC	49.89
4	CM6h-291	Densa; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = D; EI; EIn; ArMC	48.17
725	CM6h-301	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	47.12
5	CM6h-313	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	45.34
26	CM6h-286	Densa; Posición Inclinada; Espiga tamaño intermedio; Arista muy Crespa = D; EInc; EIn; ArMC	45.15
29	UNA LM 96	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELA; ArL; ArLi	44.35
31	CM6h-295	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	44.23
21	CM6h-304	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	43.16
9	CM6h-616	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza sesil = DI; EE; EIn; ACS	41.88
20	CM6h-465	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	41.80
11	CM6h-601	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	41.75
40	CM6h-298	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	41.46
34	CM6h-548	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	40.99
17	CM6h-293	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	40.68
6	CM6h-296	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	40.28

T	Material Genético	Descripción	Oidiosis (%)
33	CM6h-543	Densidad Intermedia; Posición Intermedia, Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; ELa; ArL; ArLi	40.17
10	CM6h-300	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	39.85
14	CM6h-603	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	39.59
19	CM6h-321	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	39.03
15	CM6h-594	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	38.68
35	CM6h-319	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	37.72
1	CM6h-333	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	37.69
38	CM6h-332	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	37.66
45	CM6h-536	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELa; ArL; ArLi	37.15
37	CM6h-316	Densidad Laxa; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DL; EE; Epe; ArC; ArLi	36.76
48	CM6h-600	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	36.03
18	CM6h-604	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	35.83
13	CM6h-329	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	35.17
2	CM6h-26	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	34.57
44	CM6h-376	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELa; ArL; ArLi	32.98
8	CM6h-348	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	32.76
36	CM6h-551	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	32.66
32	CM6h-546	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	32.66
28	CM6h-325	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	32.55
22	CM6h-334	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	31.75
30	CM6h-336	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	30.73
49	CM6h-335	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	30.69

T	Material Genético	Descripción	Oidiosis (%)
24	CM6h-596	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	30.33
3	CM6h-285	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	30.03
43	CM6h-330	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	28.46
16	CM6h-545	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELA; ArL; ArLi	28.31
41	CM6h-281	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy crespas = DI; EInc; EIn; ArMC	28.20
27	CM6h-535	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	26.04
42	CM6h-326	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	24.12
7	CM6h-278	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	23.20
47	CM6h-542	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELA; ArL; ArLi	19.62
		Promedio	37.90
		DLS 0.05 de probabilidad	0.16
		DLS 0.01 de probabilidad	0.22

5.3. CARACTERES DE CALIDAD

Los caracteres de calidad son importantes porque determinan el uso y el precio de la cebada. Se estudió en este experimento, contenido de proteína, peso hectolítrito y porcentaje de grano de primera.

5.3.1. CONTENIDO DE PROTEÍNA EN EL GRANO

El análisis de varianza (Cuadro 17) indica que existen diferencias altamente significativas entre los bloques por repetición y los tratamientos y diferencias significativas entre las repeticiones. El coeficiente de variabilidad fue de 3.15 % (el cual indica que existe

una baja variabilidad entre los datos y que la variable no está sujeta a muchos factores que lo modifiquen (Calzada, 1982).

La prueba de diferencia mínima de significación (DLS) a un $\alpha=0.01$ (Cuadro 18), muestra que las siete primeras líneas mutantes CM6h-270, CM6h-300, CM6h-296, CM6h-285, CM6h-281, CM6h-298 y la CM6h-278 fueron estadísticamente similares pero diferentes a las demás. El rango de la variable contenido de proteína en el grano fue de 13.01 – 16.85%. El promedio del contenido de proteína en el grano a nivel del experimento fue de 14.76%, donde 22 genotipos superaron al promedio y 27 genotipos tuvieron valores inferiores, incluyendo la variedad testigo UNA La Molina 96. El testigo obtuvo un contenido de proteína de 13.01%.

En la industria cervecera, para calidad maltera, las características más importantes son el porcentaje de proteínas y el calibre de los granos. Las proteínas cumplen un rol fundamental en la expresión de la calidad, su contenido está relacionado con la actividad enzimática llamada a hidrolizar los almidones. Un bajo contenido de proteínas resultará en baja actividad diastásica, pero un valor excesivamente alto, causará una reducción proporcional del contenido de carbohidratos. De acuerdo a las normas de la industria cervecera, el contenido de proteína debe tener un valor mínimo de 10% y un valor máximo de 12% (Canal, 2012).

Según lo mencionado anteriormente, todas las líneas mutantes de cebada sobrepasan el rango establecido para cebada maltera lo que indicaría que no presenta buena calidad para este propósito, más bien puede ser utilizado para consumo humano, por ejemplo. En el Perú el 70% de la producción nacional se destina a consumo humano; especialmente en zonas rurales sobre los 3000 m de altitud donde la producción de alimentos es limitada y la cebada proporciona el 20% de la dieta alimentaria.

Desde el punto de vista productivo, optimizar tanto el rendimiento como la calidad implica una relación de compromiso entre ambos atributos debido a que suelen ser aspectos contrapuestos. La definición del contenido de proteína en grano puede explicarse como el resultado del componente genético y ambiental.

De lo anterior, las líneas mutantes que obtuvieron un bajo porcentaje de contenido de proteínas en grano (13%) pero que a su vez obtuvieron altos rendimientos fueron la UNA La Molina 96 y la CM6h-596, corroboran lo mencionado por Canal (2012), el cual indica que altos rendimientos normalmente esta asociados a un bajo contenido de proteína.

Cuadro 17: Cuadrados Medios del análisis de varianza del contenido de proteína en grano (%), peso hectolítrico (kg/hl) y porcentaje de grano de primera (%) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B

		Contenido de proteína en grano (%)	Peso hectolítrico (kg/hl)	Porcentaje de grano de primera (%)
Fuentes de Variación	Grados Libertad (G.L.)	Cuadrados Medios (CM)	Cuadrados Medios (CM)	Cuadrados Medios (CM)
Repeticiones	2	1.54**	12.33 .	5.85 ns
Bloques dentro de repeticiones	18	0.73***	2.45 ns	4.68 ns
Tratamientos	48	1.77***	69.48 ***	57.43 ***
Error intrabloque	78	0.21	4.85	4.93
Coefficiente de variación (%)				
		3.15	3.61	2.40
Promedio				
		14.76	58.11	92.84

Niveles de significación (Ver Anexo 8).

Cuadro 18: Valores medios de la variable contenido de proteína en grano (%) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.

T	Material Genético	Descripción	% Proteína en grano
46	CM6h-270	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista muy Crespa = DI; EInc; ELa; ArMC	16.85
10	CM6h-300	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	16.45
6	CM6h-296	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	16.27
3	CM6h-285	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	16.21
41	CM6h-281	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	16.19
40	CM6h-298	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	16.15
7	CM6h-278	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	16.06
26	CM6h-286	Densa; Posición Inclinada; Espiga tamaño intermedio; Arista muy Crespa = D; EInc; EIn; ArMC	15.99
9	CM6h-616	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza sesil = DI; EE; EIn; ACS	15.51
39	CM6h-269	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga ; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	15.25
17	CM6h-293	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	15.24
4	CM6h-291	Densa; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = D; EI; EIn; ArMC	15.10
21	CM6h-304	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	15.05
23	CM6h-287	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	15.00
43	CM6h-330	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.99
5	CM6h-313	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.87
31	CM6h-295	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.87
25	CM6h-301	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.81
8	CM6h-348	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.81
12	CM6h-617	Densa; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza elevada = D; EE; EIn; ACE	14.81

T	Material Genético	Descripción	% Proteína en grano
44	CM6h-376	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELa; ArL; ArLi	14.78
35	CM6h-319	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.77
28	CM6h-325	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.73
13	CM6h-329	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.72
38	CM6h-332	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.64
27	CM6h-535	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	14.63
45	CM6h-536	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELa; ArL; ArLi	14.62
32	CM6h-546	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	14.55
37	CM6h-316	Densidad Laxa; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DLa; EE; Epe; ArC; ArLi	14.48
30	CM6h-336	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.48
20	CM6h-465	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	14.47
1	CM6h-333	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.43
19	CM6h-321	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.42
42	CM6h-326	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.36
33	CM6h-543	Densidad Intermedia; Posición Intermedia, Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; ELa; ArL; ArLi	14.27
49	CM6h-335	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.24
15	CM6h-594	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.21
22	CM6h-334	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.19
34	CM6h-548	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	14.18
47	CM6h-542	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELa; ArL; ArLi	14.18
14	CM6h-603	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	14.12
16	CM6h-545	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELa; ArL; ArLi	13.94
36	CM6h-551	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	13.94
11	CM6h-601	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	13.78

T	Material Genético	Descripción	% Proteína en grano
18	CM6h-604	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	13.78
2	CM6h-26	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	13.77
48	CM6h-600	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	13.75
24	CM6h-596	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	13.36
29	UNA LM 96	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELA; ArL; ArLi	13.01
Promedio			14.76
DLS 0.05 de probabilidad			0.80
DLS 0.01 de probabilidad			1.06

5.3.2. PESO HECTOLÍTRICO

El peso hectolítrico (kg/hl) es uno de los caracteres más utilizados en la comercialización de cereales, tanto por el agricultor como por el industrial. En cebada, el peso hectolítrico es empleado preferentemente en la industria de malta y de la cerveza, como un estimado rápido de la cantidad de extracto de malta (Beratto, 1989). Sin embargo, este carácter no determina la aptitud de la cebada para malta aun siendo indicativo si, de un valor potencial del extracto (Romero, 1983).

Esta característica depende también de la sanidad del grano, de la cantidad de impurezas, granos dañados o quebrados, fusariosos o con presencia de cualquier enfermedad. De igual forma es una medida de la homogeneidad de la partida de trigo, factor clave en el proceso industrial (SAGARPA, s.f.). Según Zavala (1989), se reporta un rango de peso hectolítrico de 68-82 para trigo y de 56-66 en cebada, con la excepción de cebadas desnudas, que por la ausencia de cáscara puede alcanzar los puntajes de las variables de trigo.

El análisis de varianza (Cuadro 17) muestra que existen diferencias altamente significativas entre las líneas mutantes, diferencias no significativas entre las repeticiones y entre los bloques por repetición. El coeficiente de variabilidad fue de 3.61 %, lo cual indica que hay una baja variabilidad entre los datos y que la variable no tiene muchos factores que lo modifiquen siendo altamente heredable (Calzada, 1982)

La prueba de Diferencia Mínima de Significación (DLS, $\alpha=0.01$) (Cuadro 19), muestra que las ocho primeras líneas mutantes fueron estadísticamente similares pero diferentes a los demás. La variedad testigo UNA La Molina 96 obtuvo un peso hectolítrico de 63.40 kg/hl, estadísticamente diferente con la línea que obtuvo el mayor peso hectolítrico. El rango de peso hectolítrico a nivel de experimento fue de 51.71 – 66.94 kg/hl. El promedio de la variable a nivel del experimento fue de 58.11 kg/hl; 23 líneas incluyendo la variedad testigo UNA La Molina 96 tuvieron un valor superior al promedio, mientras que 26 líneas tuvieron valores inferiores.

Se resalta que líneas con un alto peso hectolítrico son líneas que obtuvieron rendimientos superiores al promedio. Entre ellas están las líneas CM6h-596, CM6h-536 y CM6h-594.

Cuadro 19: Valores medios de la variable peso hectolítrico (kg/hl) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.

T	Material Genético	Descripción	Peso hectolítrico (kg/hl)
24	CM6h-596	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	66.94
36	CM6h-551	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	66.13
15	CM6h-594	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	65.86
27	CM6h-535	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	65.75
47	CM6h-542	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELA; ArL; ArLi	65.15
45	CM6h-536	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELA; ArL; ArLi	64.64
44	CM6h-376	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELA; ArL; ArLi	64.19
32	CM6h-546	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	64.18
29	UNA LM 96	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELA; ArL; ArLi	63.40
20	CM6h-465	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	63.04
39	CM6h-269	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga ; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	62.31
10	CM6h-300	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	62.21
41	CM6h-281	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	61.94
7	CM6h-278	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	61.90
40	CM6h-298	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	61.73
6	CM6h-296	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	61.71
12	CM6h-617	Densa; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza elevada = D; EE; EIn; ACE	61.44
3	CM6h-285	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	61.35

T	Material Genético	Descripción	Peso hectolítrico (kg/hl)
34	CM6h-548	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	61.34
26	CM6h-286	Densa; Posición Inclinada; Espiga tamaño intermedio; Arista muy Crespa = D; EInc; EIn; ArMC	60.80
46	CM6h-270	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga Larga; Arista muy Crespa = DI; EInc; ELA; ArMC	60.64
2	CM6h-26	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	60.26
9	CM6h-616	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza sesil = DI; EE; EIn; ACS	59.71
18	CM6h-604	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	56.94
11	CM6h-601	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	55.48
19	CM6h-321	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	55.35
4	CM6h-291	Densa; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = D; EI; EIn; ArMC	54.87
38	CM6h-332	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	54.59
37	CM6h-316	Densidad Laxa; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DL; EE; Epe; ArC; ArLi	54.53
25	CM6h-301	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	54.50
23	CM6h-287	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	54.46
21	CM6h-304	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	54.19
22	CM6h-334	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	54.12
28	CM6h-325	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	54.10
5	CM6h-313	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	54.02
31	CM6h-295	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	53.94
43	CM6h-330	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	53.61
16	CM6h-545	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELA; ArL; ArLi	53.59
33	CM6h-543	Densidad Intermedia; Posición Intermedia, Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; ELA; ArL; ArLi	53.51

T	Material Genético	Descripción	Peso hectolítrico (kg/hl)
42	CM6h-326	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	53.47
48	CM6h-600	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	53.46
1	CM6h-333	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	53.29
35	CM6h-319	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	52.94
13	CM6h-329	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	52.94
49	CM6h-335	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	52.93
14	CM6h-603	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	52.83
17	CM6h-293	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	52.82
8	CM6h-348	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	52.70
30	CM6h-336	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	51.71
		Promedio	58.11
		DLS 0.05 de probabilidad	3.57
		DLS 0.01 de probabilidad	4.72

5.3.3. PORCENTAJE DE GRANO DE PRIMERA

El grano de primera es aquella cantidad de grano de cebada que queda retenida sobre los tamices (2.8 y 2.5 mm) y que se encuentra libre de impurezas (NTE-INEN, 2004). Esta característica permite determinar en forma indirecta, el tamaño del grano y es muy empleada en la determinación del precio de la cebada.

El análisis de varianza (Cuadro 17) indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos más no entre las repeticiones y los bloques por repetición. El coeficiente de variabilidad fue de 2.40 %.

La prueba de Diferencia Mínima de Significación (DLS) a un $\alpha=0.01$, en el Cuadro 20, muestra que los 19 primeros tratamientos son estadísticamente similares pero diferentes a los demás. El rango de la variable porcentaje de grano de primera fue de 84.26 – 99.41 %. El promedio de la variable a nivel del experimento fue de 92.84%. Del total de las líneas mutantes, 22 líneas superaron al promedio incluyendo el testigo UNA La Molina 96, mientras que 27 líneas tuvieron valores inferiores. La variedad testigo obtuvo un porcentaje de grano de primera de 97.97 %.

Si bien el porcentaje de granos de primera está relacionado con el tamaño de los granos, este depende también de la forma de los mismos. Estudios realizados en genotipos de cebada cervecera mostraron que líneas que aun teniendo un peso de mil granos alto no obtuvieron porcentajes de granos de primera semejantes. (Giménez *et al.*, s.f.). No obstante en el experimento no ocurrió así, puesto que líneas que obtuvieron un alto peso de mil granos, también tuvieron un alto porcentaje de grano de primera (líneas mutantes CM6h-26, CM6h-285, CM6h-596). Así mismo, líneas como la CM6h-300, CM6h-281, CM6h-296, CM6h-285 y CM6h-270 mostraron un alto porcentaje de granos de primera y contenido de proteína, pero cabe destacar que estos no califican para la industria cervecera. Sin embargo, estos granos grandes de cebada son muy apreciados en la elaboración de cebada perlada o morón incrementando el precio de este producto.

Cuadro 20: Valores medios de la variable porcentaje de grano de primera (%) según la prueba de Mínima Diferencia Significativa (DLS) del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.

T	Material Genético	Descripción	Grano de Primera (%)
2	CM6h-26	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	99.41
40	CM6h-298	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	99.10
10	CM6h-300	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	99.05
41	CM6h-281	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	98.79
6	CM6h-296	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	98.79
46	CM6h-270	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga Larga; Arista muy Crespa = DI; EInc; ELA; ArMC	98.53
26	CM6h-286	Densa; Posición Inclínada; Espiga tamaño intermedio; Arista muy Crespa = D; EInc; EIn; ArMC	98.33
3	CM6h-285	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	98.29
29	UNA LM 96	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELA; ArL; ArLi	97.97
24	CM6h-596	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	97.86
20	CM6h-465	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	97.49
36	CM6h-551	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	97.45
34	CM6h-548	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; EIn; ArL; ArLi	97.40
45	CM6h-536	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELA; ArL; ArLi	97.15
47	CM6h-542	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; ELA; ArL; ArLi	96.69
44	CM6h-376	Densidad Intermedia; Posición Inclínada; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EInc; ELA; ArL; ArLi	96.56
7	CM6h-278	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE; EIn; ArL; ArLi	96.40

T	Material Genético	Descripción	Grano de Primera (%)
27	CM6h-535	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	95.98
15	CM6h-594	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	95.96
32	CM6h-546	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	95.11
30	CM6h-336	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	93.22
18	CM6h-604	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	92.95
1	CM6h-333	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	92.30
14	CM6h-603	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	92.00
13	CM6h-329	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	91.55
42	CM6h-326	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	91.16
31	CM6h-295	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	90.82
8	CM6h-348	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	90.71
22	CM6h-334	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	90.67
4	CM6h-291	Densa; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = D; EI; EIn; ArMC	90.57
38	CM6h-332	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	90.24
25	CM6h-301	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	90.22
33	CM6h-543	Densidad Intermedia; Posición Intermedia, Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; ELA; ArL; ArLi	90.14
43	CM6h-330	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	90.09
23	CM6h-287	Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EInc; EIn; ArMC	89.82
12	CM6h-617	Densa; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza elevada = D; EE; EIn; ACE	89.52
49	CM6h-335	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	89.48
48	CM6h-600	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	89.20
17	CM6h-293	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespa = DI; EI; EIn; ArMC	89.20

T	Material Genético	Descripción	Grano de Primera (%)
37	CM6h-316	Densidad Laxa; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DLa; EE; Epe; ArC; ArLi	88.97
35	CM6h-319	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	88.78
9	CM6h-616	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza sesil = DI; EE; EIn; ACS	88.09
21	CM6h-304	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	87.63
28	CM6h-325	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	87.58
16	CM6h-545	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Larga; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EE, ELa; ArL; ArLi	87.21
11	CM6h-601	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	87.03
5	CM6h-313	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	86.86
19	CM6h-321	Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi	86.50
39	CM6h-269	Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga ; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi	84.26
Promedio			92.84
DLS 0.05 de probabilidad			3.60
DLS 0.01 de probabilidad			4.76

Considerando las mutaciones de espiga o cambios morfológicos de los mutantes con respecto al testigo no se ha encontrado una tendencia o comportamiento uniforme para todos los genotipos con caracteres de espiga igual ya que se observa que algunos genotipos difieren del comportamiento general; probablemente debido a que los caracteres evaluados no son los únicos que determinan el rendimiento de las líneas mutantes. Además el rendimiento no sólo depende del genotipo sino también del medio ambiente y del manejo agronómico. A continuación, se resume el grado de asociación de los diferentes tipos de morfología de espiga y los caracteres evaluados; donde se observa cierta tendencia:

a. Rendimiento (kg/ha)

Los rendimientos más bajos corresponden, en general a espigas de tamaño pequeño, posición erecta, densidad intermedias y aristas cortas, con un rango de rendimiento de 734.56 – 1288.97 kg/ha y los rendimientos más altos a espigas largas de posición erecta y densidad intermedia con un rango de 1753.70 a 2224.98 kg/ha. El testigo UNA La Molina 96 tiene las características de espiga larga, de posición ligeramente inclinada, densidad intermedia y arista larga de forma lisa.

b. Peso de mil granos (g)

La tendencia de peso de mil granos más bajo se encuentra en forma más frecuente en las espigas de tamaño pequeño, posición erecta, densidad intermedia y arista corta de forma lisa en un rango de 39.17 a 47.28 g.

c. Peso Hectolítrico (kg/hl)

Las líneas mutantes con las espigas de tamaño pequeño, posición erecta, de densidad intermedias y aristas cortas lisas son las que presentan los valores más bajos de peso hectolitrico en un rango de 51.71 a 56.94 kg/hl y los valores más altos se encuentran más en los genotipos de espigas de posición erecta, densidad intermedia y aristas lisas con valores de 65.86 a 66.94 kg/hl.

OBJETIVO 2: IDENTIFICAR LÍNEAS PURAS MUTANTES DE MAYOR POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE GRANOS Y CALIDAD NUTRITIVA.

5.4. IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS PURAS DE MAYOR POTENCIAL

Se seleccionaron las líneas con rendimientos superiores al rendimiento promedio nacional igual a 1400 kg/ha; que representan el 32% del total de las líneas estudiadas. Las características de las líneas mutantes seleccionadas se presentan en el Cuadro 21. Se puede apreciar para algunas de las características diferencias marcadas con el testigo o material parental del cual se originaron las líneas mutantes.

Cuadro 21: Resultados de caracteres agronómicos y de calidad de líneas mutantes seleccionadas y del testigo UNA La Molina 96 de cebada (*Hordeum vulgare* L.)

Línea	Rdto. (kg/ha)	N° granos/espiga	Peso mil granos (g)	Índice Cosecha (%)	Altura (cm)	Acame (%)	Oidiosis (%)	Contenido Proteína (%)	Peso hectolitrico (kg/hl)	Grano de Primera (%)
CM6h-26	1486.34	55.03	64.61	23.70	110.33	77.51	34.57	13.77	60.26	99.41
CM6h-601	1405.56	67.57	41.56	29.31	115.90	75.50	41.75	13.78	55.48	87.03
CM6h-617	1542.76	70.07	48.79	25.91	114.88	78.03	71.89	14.81	61.44	89.52
CM6h-603	1414.13	73.40	42.50	18.38	110.84	77.27	39.59	14.12	52.83	92.00
CM6h-594	1655.16	51.36	57.48	20.93	127.14	79.81	38.68	14.21	65.86	95.96
CM6h-604	1424.14	64.98	47.28	26.91	105.87	80.10	35.83	13.78	56.94	92.95
CM6h-596	1739.30	69.94	59.34	22.38	121.52	73.41	30.33	13.36	66.94	97.86
CM6h-535	1522.11	54.53	57.25	18.05	111.41	75.52	26.04	14.63	65.75	95.98
CM6h-546	1551.15	69.14	54.59	15.83	118.40	79.83	32.66	14.55	64.18	95.11
CM6h-548	1416.16	62.95	52.62	30.98	123.04	78.5	40.99	14.18	61.34	97.40
CM6h-551	1535.84	57.36	58.56	28.77	115.86	77.72	32.66	13.94	66.13	97.45
CM6h-376	1433.31	71.60	51.39	18.57	105.23	75.85	32.98	14.78	64.19	96.56
CM6h-536	1753.70	61.64	58.17	26.86	110.43	82.22	37.15	14.62	64.64	97.15
CM6h-542	2224.98	62.41	57.84	26.10	110.14	77.88	19.62	14.18	65.15	96.69
CM6h-600	1578.99	73.26	40.12	21.47	113.87	73.67	36.03	13.75	53.46	89.20
UNA LM 96	1954.70	62.44	53.47	19.62	111.97	71.87	44.35	13.01	63.40	97.97

a. Rendimiento

El rango de rendimiento del material seleccionado fue de 1405.56 a 2224.98 kg/ha. De las 15 líneas seleccionadas, la CM6h-542 con 2224.98 kg/ha destacó entre las líneas mutantes y obtuvo un comportamiento similar al testigo UNA La Molina 96 en kg/ha; que alcanzó un rendimiento de 1954.70 kg/ha. El rendimiento depende de factores tales como: vigor de la planta, macollamiento, desarrollo radicular y formación potencial de semillas, también depende de la precocidad, resistencia al acame, baja cantidad de desgrane, resistencia a enfermedades, a insectos y al frío, o de la capacidad de las plantas de permanecer en el campo sin acamarse y sin desgranarse. El factor predominante en este caso específico limitante y que repercutió gravemente en la reducción del rendimiento fue la alta susceptibilidad al acame; favorecido por una alta densidad de siembra y un alto potencial de macollamiento. Por ello, el fitomejorador busca una variedad de alto rendimiento pero en forma integral, que logre producir una gran cantidad de semillas por hectárea superando los factores adversos. Además, el rendimiento tiene una baja heredabilidad debido a que es influenciado por el medio ambiente (Poehlman, 1969). Por ello es recomendable evaluar este carácter en diversas zonas geográficas donde se espera sembrar el cultivo.

b. Número de granos por espiga

Sobresalen por esta característica las líneas mutantes CM6h-546, CM6h-596, CM6h-617, CM6h-376, CM6h-600 y CM6h-603 con un rango de 69.14 a 73.40 granos por espiga valores estadísticamente superiores a la variedad UNA La Molina 96 con 62.44 granos por espiga. El número de granos por espiga es un componente muy importante para el rendimiento.

c. Peso de mil granos

En la presente investigación, las líneas seleccionadas tienen un peso de mil granos comprendido en el rango de 40.12 a 64.61 g. El testigo alcanzó un valor de 53.47 g. Este valor refleja el grado de llenado del grano (peso), tamaño del grano y la estructura física del grano; en ese aspecto es más eficiente que el peso hectolítrico por lo que, los trabajo de mejoramiento genético tiene muy en cuenta este carácter, además de ser importante al momento de definir el precio de la cosecha (Romero, 1983).

d. Índice de cosecha

Las líneas seleccionadas tienen valores comprendidos entre 15.83 a 30.98 de índice de cosecha. El testigo obtuvo un valor de 19.62 por ciento. Un mayor índice de cosecha está relacionado a un mayor rendimiento, en el experimento no se demostró en todas las líneas que destacaron en valores de índice de cosecha, salvo la CM6h-542. Por lo que se presume que estas líneas llegaron a desarrollar menor biomasa total y fueron influenciados por el medio ambiente.

e. Altura de planta

La mayor parte de las líneas seleccionadas tienen valores de altura de planta dentro del rango adecuado para cebada en condiciones de la sierra del Perú; es decir entre 100 a 120 cm. García (1997) afirma que el fitomejorador busca plantas con una altura entre 100 a 120 cm; considerando lo siguiente: la no aplicación de fertilizantes por parte del agricultor (muchas veces no cuentan con los recursos económicos para invertir en pesticidas ni en fertilizantes), el uso como forraje y las diversas formas de cosecha (en su mayoría es cosecha manual. También se buscará que las plantas presenten tolerancia a la fertilización nitrogenada (cantidades excesivas de nitrógeno hacen que las plantas sean más propensas al acame).

f. Porcentaje de Acame

En el experimento, se encontró que todas las líneas seleccionadas mostraron susceptibilidad al acame. La resistencia relativa al acame depende de: ciertos caracteres morfológicos de la planta, factores ambientales y culturales (lluvia, viento, granizo, densidad de siembra, fertilidad y aplicación de fertilizantes o ataque de insectos y enfermedades) por lo que son generalmente convenientes las siguientes características: paja fuerte de diámetro grande, paja corta, sistema radicular fuerte y vigoroso, resistencia a enfermedades que debilitan al tallo, a las raíces o a la corona y un cuello fuerte en las variedades cuya espiga se inclina para que ésta no se rompa fácilmente (Poehlman, 1969).

Se busca que el valor del acame o tumbado sea el menor posible ya que trae diversas desventajas tales como: llenado de grano inadecuado (consecuencia de una baja actividad fotosintética al estar las aristas y la hoja bandera tapadas por otras plantas), complicaciones durante la cosecha y trilla (tomará más tiempo en campo recoger las cañas e implicaría un mayor gasto en jornales), reflejaría baja calidad de paja (importante en zonas de la sierra afectadas por granizo, lluvias o rocío), sensibilidad ante fertilizantes nitrogenados como úrea (limitaría una agricultura intensiva además de tener menor calidad el grano al no poder aplicarse la cantidad adecuada de nitrógeno para la formación de proteínas) o podría reflejar que la planta es propensa al ataque de diversas plagas (sensible al ataque de insectos y hongos propios del sistema radicular).

g. Oídio (*Blumeria graminis* f. *sp.hordei*)

Para el presente experimento bajo las condiciones de La Molina, se observó valores en las líneas seleccionadas similares al del testigo para esta característica. Como método de control, se deben emplear prácticas sanitarias y/o culturales que estén dirigidas a evitar: siembra de cultivares muy susceptibles en áreas donde hay alta humedad y bajas temperaturas, altas densidades de siembra, y aplicaciones excesivas de nitrógeno (debe ir en proporción

correcta con el fósforo y el potasio) (Mont, 2008). . Además, se busca obtener variedades con resistencia genética y de esta forma reducir las aplicaciones de fungicidas ya que ante una mala aplicación se pueden generar problemas de resistencia por parte del patógeno (Mont, 2008).

h. Contenido de Proteína en el grano

El rango de proteína de grano de las líneas seleccionadas fluctúa entre 13.36 a 14.81 por ciento y el testigo UNA La Molina 96 presentó un contenido de proteínas de 13.01 por ciento. Es importante señalar que las líneas CM6h-616, CM6h-286, CM6h-278, CM6h-298, CM6h-281, CM6h-285, CM6h-296, CM6h-300 y CM6h-270 presentan valores de 15.5 a 16.9 % de proteína y están asociados con un bajo rendimiento.

El fitomejorador también busca plantas cuyas semillas muestren adecuados valores para los diferentes usos. Así un alto valor de contenido de proteínas en caso se destine para la alimentación humana y valores entre 10.50 a 12.50 por ciento para la industria malteracervecera, siendo este valor de gran importancia en ambos casos al momento de su comercialización (Romero, 1983; Peña *et al.*, 2008). La cebada para cervecería puede alcanzar buenos precios con el contenido adecuado o rechazos por valores menores al nueve por ciento y mayores al 15 por ciento. Cabe resaltar que se debe tener presente que el valor del contenido de proteínas es un carácter hereditario con una influencia ambiental muy alta (baja heredabilidad) además de ser influenciado por el manejo agronómico, especialmente la fertilización nitrogenada, la cual debe ser fraccionada y aplicada en la siembra y en el macollamiento para lograr en el primer momento un buen desarrollo vegetativo y en el segundo caso una buena formación de proteínas que repercutirán en la calidad del grano y en consecuencia en el precio (Romero, 1983).

i. Peso Hectolítrico

El valor de esta característica dentro del material seleccionado varía de 52.83 a 66.94 kg/hl y el testigo con un valor de 63.40 kg/hl. Este peso del grano/volumen ocupado indica la densidad y/o el grado de llenado del grano. Se define principalmente por la morfología del grano característico de la variedad. Cabe mencionar que la morfología puede ser alterada negativamente por siembras tardías, deficiencias de nitrógeno, deficiencia en el abasto de agua, y en el llenado de grano por temperaturas altas (exceso de calor en riego) o bajas (heladas tempranas en temporal). Por ello se buscan plantas con altos valores, en el caso de las espigas de dos hileras se espera encontrar muestras con valores mayores a 83 y para las espigas de seis hileras valores mayores a 79. Normalmente, cuando el grano no está completamente lleno, los valores de peso hectolítrico son bajos. Al peso hectolítrico suele considerársele como un indicador del potencial de rendimiento harinero que posee un lote de algún cereal durante la molienda. Así, los lotes con peso hectolítrico bajo, suelen mostrar bajos rendimientos de harina. Por esta razón, durante la comercialización, el peso hectolítrico es un factor decisivo al determinar el precio de los lotes (Peña *et al.*, 2008).

j. Porcentaje de Grano de Primera

El valor de porcentaje de granos de primera del material seleccionado fue de 87.03 a 99.41 por ciento y el testigo con un valor de 97.97 por ciento. El valor del peso de mil granos está relacionado con los granos de primera (<http://www.tecnologiaslimpias.org>) y depende a su vez de la variedad y del año agrícola en que se dio la campaña (Bustamante *et al.*, 1997).

VI. CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos indican que no existió una asociación marcada entre la morfología de la espiga y las variables en estudio.
2. Se determinó que hubo una relación entre las características de líneas mutantes: tipo de espigas de tamaño intermedio, densidad intermedia, aristas largas y aristas lisas; y un alto rendimiento y calidad nutritiva.
3. La línea mutante CM6h-542 fue la que presentó un rendimiento superior y de comportamiento similar a la variedad UNA La Molina 96 en el experimento. La línea en mención presentó espigas largas del tipo de posición erecta, densidad intermedia con aristas largas y aristas lisas.
4. Las líneas CM6h-616, CM6h-603, CM6h-600, CM6h-376, CM6h-617, CM6h-596 y CM6h-546 presentaron número de granos por espiga superiores y diferentes características de espiga, por lo que no se encontró asociación alguna entre este componente de rendimiento y la morfología de la espiga.
5. La línea CM6h-26 fue superior en peso de mil granos. Esta línea mutante fue del tipo de espiga de tamaño largo, con densidad intermedia con aristas largas y lisas. El peso de mil granos, tuvo una correlación positiva con los rendimientos obtenidos por las líneas mutantes.
6. Las líneas mutantes CM6h-270, CM6h-300, CM6h-296, CM6h-285, CM6h-281, CM6h-298 y CM6h-278 tuvieron un contenido de proteína superior y son potenciales para su uso en la alimentación humana.

7. Las líneas mutantes CM6h-596, CM6h-551, CM6h-594, CM6h-535, CM6h-542, CM6h-536, CM6h-376, CM6h-546 de pesos hectolitricos superiores a la variedad UNA La Molina 96 fueron en su mayoría del tipo de espiga de tamaño intermedio y de aristas largas y lisas.
8. Se identificaron 15 líneas mutantes valiosas como la CM6h-542, superior en rendimiento (2224.98 kg/ha), peso de mil granos (57.84 g), índice de cosecha (26.08%), mayor tolerancia a la enfermedad de oidiosis (19.62% de severidad), mayor contenido de proteína (14.18%) y mayor peso hectolítrico (65.15%). Otras líneas sobresalientes en una característica fueron la CM6h-603 con 73.40 granos por espiga, CM6h-26 con un peso de mil granos igual a 64.61 g, CM6h-601 con 29.31% de índice de cosecha, las líneas mutantes CM6h-617 y CM6h-376 con 14.8% de proteína y la CM6h-596 con 66.94 kg/hl de peso hectolítrico.
9. Las líneas puras mutantes CM6h-542, CM6h-546 y la CM6h-596 se perfilan como las de mayor potencial de rendimiento y calidad nutritiva para programas de mejoramiento.
10. El material parental UNA La Molina 96 tuvo un rendimiento de 1954.7 kg/ha, un número de granos por espiga igual a 62.4, un peso de mil granos de 53,5 g, un índice de cosecha de 19.6%, una infección por oidiosis de 44.3%, un contenido de proteína de 13%, y peso hectolítrico de 63.4 kg/hl.

VII. RECOMENDACIONES

1. Extender la siembra de las líneas mutantes superiores en condiciones de sierra u otras localidades de la costa peruana.
2. Considerar disminuir la dosis de semilla y fraccionamiento de la fertilización nitrogenada al momento de la siembra para evitar un excesivo macollamiento y/o encamado de las plantas.
3. Evaluar los genotipos de cebada identificados como superiores, controlando acame y enfermedades causadas por enfermedades como el oídio, en condiciones de costa.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABADIE, T. & CERETTA, S. 1997. Exploring crop adaptation through the study of multi environment trials (METs) p35-40 IN Rebuffo, M, Abadie, T. Third South American Oats Congress. INIA Uruguay - The Quaker Oats Company.
2. ABBASI, S; HASSANPANA, D; MOHEBALIPOUR, N. & GHASEMI, M. 2013. Evaluation of genetic diversity genotypes of barley using agronomic and morphological traits. International journal of Agronomy and Plant Production. Iran. Vol., 4(2) 350-354.
3. ABERG, E. & WIEBE, G. 1946. Classification of Barley Varieties Grown in the United States and Canada in 1945. Technical Bulletin No. 907 United States Department of Agriculture Washington, D.C.
4. AGRODATA Perú. Consultado 20 nov. 2014. Disponible en <http://www.agrodataperu.com/>
5. AGUILAR, E. 1992. Evaluación del rendimiento y rentabilidad de 2 cultivares de cebada bajo dos tipos de labranza con 3 niveles de fertilización y control de malezas con herbicidas. Tesis para optar el título Mg. Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Lima, Perú. 154 p.
6. ALAM, M; HALDER, S. & PAUL, N. 2007. Yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) in relation to sowing times. Bangladesh. J. Bio-sci. 15: 139-145. Consultado 15 oct. 2014. Disponible en <http://www.banglajol.info/index.php/JBS/Index>
7. ALDABA, G. 2014. Identificación de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con valor agronómico y calidad en una población M8 de la variedad UNA-La Molina 96 desarrollada con irradiación gamma. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Lima, Perú. 154 p.

8. ALLARD, R. 1960. Principle of Plant Breeding. John Wiley and Sons Inc., New York, USA
9. ALVAREZ, M. s.f. La clasificación varietal de las cebadas cultivadas. Estación experimental de Aula Dei, Zaragoza.
10. ARROYO, E. 1995. Evaluación de 24 linajes de trigo cristalino o durum (*Triticum turgidum* spp. *durum*) en la costa central. Lima (Perú)
11. ATAEI, M. 2006. Path analysis of barley (*Hordeum vulgare* L.) yield. Tarim Bilimleri Dergisi. Ankara Universitesi Ziraat Fakultesi (Iran)(3):227-232
12. AUSTIN, R; MORGAN, C; FORD, M. & BLACKWELL, R. 1980. Contributions to grain yield from pre-anthesis assimilation in tall and dwarf phenotypes in two contrasting seasons. Annals of Botany, 45: 309-319.
13. BAGLIETTO, S. 2008. Comparativo de rendimiento de 6 hileras y de 2 hileras en dos densidades de siembra en La Molina. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Lima (Perú).
14. BARRIGA, B. 1974. Índice de cosecha en trigo de primavera. Agro sur. 2(1): 153-158.
15. BINDRABAN, P; SAYRE, K. & SOLIS-MOYA, E. 1998. Identifying factors that determine kernel number in wheat. Field Crops Research, 58: 223-234.
16. BLANCO, I; RAJARAM, S. & KRONSTAD, W. 2001. Agronomic potential of synthetic hexaploid wheat-derived populations. Crop Sci., 41: 670-676.
17. BLUM, A; GOLAN, G; MAYER, J; SINMENA, B; SHPILER, L. & BURRA, J. 1989. The drought response of landraces of wheat from the northern Negev Desert in Israel. Euphytica, 43: 87
18. BOCKELMAN, HE; SHARP, EL; SANDS, DC; SCHAREN, AL; MATHRE, DE, CARROLL, TW; RIESSELMAN, J. & ESLICK, RF. 1981. Field Manual of common barley diseases. Bulletin No. 734. Montana Agricultural Experiment Station : 56p
19. BONNETT, OT. 1935. The development of the barley spike. Journal of Agricultural Research, Washington, D.C. Vol. 51, no 5.
20. BOTHMER, R; HINTUM, T; KNUPFFER, H. & SATO, K. 2013. Diversity in barley (*Hordeum vulgare*). Elsevier- First Edition. Netherlands.

21. BOUZERZOUR, H. & DEKHILI, M. 1995. Heritabilities, gains from selection and genetic correlations for grain yield of barley grown in two contrasting environments. *Field Crops Research*, 41: 173-178.
22. BRIGGS, E. 1978. *Barley Fletcher and son, Ltd, Norwich* 612 p.
23. BUCK-SORLIN, G. & BACHMANN, K. 2000. Simulating the morphology of barley spike phenotypes using genotype information. Germany. INRA, EDP Sciences, *Agronomie* 20: 691-702.
24. BUSTAMANTE, J; ALLÉS, A; ESPADAS, M. & MUÑOZ, J. 1997. Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias. Información técnica. Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias de Mahón. N°2, Abril. España.
25. CAB International. 2014. *Crop protection compendium. 2014 Edition.*
26. CALZADA, J. 1982. *Métodos estadísticos para la Investigación. Lima-Perú.* 644pp.
27. CANAL, G. 2012. Análisis de la variabilidad genotípica de cebada cervecera en rendimiento, porcentaje de proteína y calibre en distintos ambientes. Universidad de Buenos Aires- Facultad de Agronomía. Argentina. 52pp.
28. CARRERA, J. & CERVANTES, T. 2007. Comportamiento de cruces de maíz obtenidas por irradiación y selección. *Rev. Fitotec. México* Vol. 30 (2): 173-180.
29. CASTAÑEDA, M; LOPEZ, C; MOLINAS, J; COLINAS, T. & LIVERA, A. 2004. Crecimiento y desarrollo de cebada y trigo. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Vol. 27 (2) Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. pp 167-175
30. CASTAÑEDA-SAUCEDO, MC; LOPEZ-CASTAÑEDA, C; COLINAS-DE-LEON MT; MOLINA, J. & HERNANDEZ A. 2009. Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. *Interciencia.* 34(4):286-292.
31. CHASTAIN, T. s.f. Yield Components and Crop Yield. *Crop Ecology and Morphology.* Consultado 15 jun. 2014 Disponible en: <http://cropandsoil.oregonstate.edu/system/files/u528/Yield%20Components%20and%20Crop%20Yield.pdf>
32. CIMMYT/IBPGR. 1991. International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR); International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT)
33. COCHRAN, W. 1965. *Diseños experimentales. Mexico.* 661p.

34. COLLANTES, R. 2007. Comparativo del rendimiento y calidad de cultivares mejorados de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en dos localidades de la sierra central del Perú. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Lima (Perú)
35. COOPER, M; BYTH, DE. & WOODRUFF, DR. 1994. An investigation of the grain yield adaptation of advanced CIMMYT wheat lines to water stress environments in Queensland. I. Crop physiological analysis. Aust. J.Agric. Res., 45: 965-984.
36. CORCHUELO, G. & DE LA CRUZ, R. s.f. Determinación de las características morfofisiológicas asociadas con el rendimiento en 15 líneas de cebada (*Hordeum vulgare* L.). Universidad Nacional Bogotá- Colombia.
37. CORONADO, M. 1997. Efecto comparativo de tres enmiendas orgánicas; estiércol, compost y humus de lombriz en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad Yanamucllo. Lima (Perú).
38. COSTA, J. & BOLLERO, G. 2001. "Stability analysis of grain yield in barley (*Hordeum vulgare*) in the U.S. mid- Atlantic Region. Ann appl. Biol Vol 139. P 137-143. Printed in Great Britain.
39. CRUCES, L. 2006. Caracterización morfológica y evaluación agronómica de 35 variedades comerciales de trigo (*Triticum* spp.) colectados en el Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero Agronomo. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Lima (Perú).
40. CUESTA, A. 2007. Control genético de la floración en cebada: caracterización de los principales loci y relación de patrones de espigado con el rendimiento. Tesis Doctoral. Universitat de Lleida. Zaragoza.
41. DONINI, B; KAWAI, T. & MICKE, A. 1984. Spectrum of mutant characters utilized in developing improved cultivars. In: *Selection in Mutation Breeding*. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria. Proceedings, pp. 7-31
42. EGAS, L. 2006. Desarrollo de la tecnología de la elaboración de un cereal instantáneo a partir de la cebada (*Hordeum vulgare*) expandida. Ambato, Universidad Técnica de Ambato.

43. ELLIS, R; FOSTER, B; HANDLEY, L; GORDON, D; RUSSELL, J. & POWELL, W. 2000. Wild barley: a source of genes for crop improvement in the 21st century? *Journal of Experimental Botany*, 51, 9-17.
44. EVERS, A. & KENT, N. 1994. Kent's Technology of Cereals: An introduction for Students of Food Science and Agriculture. Elsevier. 4TH Edition. Great Britain. Pp. 93.
45. FISCHER, R. 1979. Growth and water limitations to dryland wheat yield in Australia: a physiological framework. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.*, 45: 83-95.
46. FORSTER, B. & SHU, QY. 2012. Plant Mutagenesis in Crop Improvement: Basic terms and application. In *Plant Mutation Breeding and Biotechnology*. Ed. Q.Y. Shu, B.P. Forster, H. Nakagawa.FAO. ISBN 978-1-78064-085-3: 9-20
47. FURMAN, B; QUALSET, C; SKOVMAND, B; HEATON, J; WESENBERG, D. 1997. Characterization and analysis of North America Triticale genetic resources. *Crop Sci.* 37:1951-1959
48. GALLAGHER, N; BISCOE, P. & SCOTT, R. 1975. Barley and its environment. V. Stability of grain Weight. *J. Appl. ECO.* 12(1):319-336. Consultado 15 oct. 2014. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/2401735>
49. GARCÍA, A. 1997. I.N.I.A. La Estanzuela, Uruguay. Consultado 15 may. 2014 Disponible en: <http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart11/Cart11.htm#0>
50. GIMÉNEZ, F; CONTI, V; MOREYRA, F; TOMASO, J. s.f. Efecto de la época de siembra sobre los caracteres económicos en genotipos de cebada cervecera. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Estación experimental Agropecuaria Bordenave. Argentina. Consultado 10 jul. 2014. Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/efecto-de-la-epoca-de-siembra-sobre-los-caracteres-economicos-en-genotipos-de-cebada-cervecera/at_multi_download/file/4.%20Efecto%20de%20la%20C3%A9poca%20de%20siembra.pdf
51. GÓMEZ, L; VILA, P; EGUILUZ, A; JIMENEZ, J. & HEROS, E. 2008. 13. Congreso Latinoamericano de Genética; 6. Congreso de Genética; memoria de actividades y participantes. Empleo de la técnica de inducción de mutaciones en el mejoramiento

- genético de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el Perú. Asociación Latinoamericana de Genética, Lima (Perú)- Sociedad Peruana de Genética, Lima (Perú).
52. GOMEZ, R; ORTIZ, C; ZAMORA, M; SORIA, J; TRINIDAD, S. & CARBALLO, A. 2009. Estimación del rendimiento de cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera con el método FAO* Agric. Tec. Mex vol. 35 no.1 México.
 53. GÓMEZ, L; ROMERO, M., JIMENEZ J., ROLDAN A. & DE LA BARRA, E. s.f. Mejoramiento de la Quinoa (*Chenopodium quinoa*) mediante mutaciones inducidas. Cultivos andinos FAO. Consultado 15 may. 2014. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro14/cap1.5.htm>
 54. GONZALEZ, A. 2001. Estudio de caracteres fenológicos, agronómicos, morfológicos y fisiológicos en relación con la tolerancia al estrés hídrico en cebada. Tesis Doctoral. Facultad de CC. Biológicas. Universidad Complutense de Madrid.
 55. GONZÁLEZ, H. 2004. Caracterización de líneas mutantes de la variedad de arroz Amazonas obtenidas mediante aplicación de rayos gamma. Agronomist Thesis, Universidad Nacional Agraria. La Molina.
 56. HORVATH, H; JENSEN, L; WONG, O; KOLH, E; ULLRICH, S; COCHRAN, J; KANNANGARA, C. & VON WETTSTEIN, D. 2001. Stability of transgene expression, field performance and recombination breeding of transformed barley lines. *Theoretical and Applied Genetics* 102: 1-11
 57. HSU, P. & WALTON, P. 1971 Relationships between yield components and structures above flag leaf node in spring wheat. *Crop Science* (Estados Unidos) v. 11, No.2, p. 190-193.
 58. HUAMAN, R. 2001. Tesis: Adopción de la cebada variedad UNA-80, en el departamento de Huancavelica. Lima (Perú).
 59. HUARCAYA, C. 1990. Evaluación de la calidad maltera de 3 variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) procedentes de diferentes zonas del Perú.
 60. INFOAGRO. 2014. Consultado en 15 set. 2014. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm>
 61. IPGRI. 1994. *Descriptors for barley* (*Hordeum vulgare* L.) International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

62. JACOBSEN, T. & ADAMS, RM. 1958. Distribution of wild wheats and barley. Science. 128, 1251-1258.
63. JALEEL, CA; MANIVANNAN, P; KISHOREKUMAR, A; SANKAR, B; GOPI, R; SOMASUNDARAM, R. & PANNEERSELVAM, R. 2007. Alterations in osmoregulation, antioxidant enzymes and indole alkaloid levels in *Catharanthus roseus* exposed to water deficit, Colloids Surf. B: Biointerfaces, 59: 150-157.
64. KHARKWAL, MC. 2012. A Brief history of Plant Mutagenesis. In Plant Mutation Breeding and Biotechnology. Ed. Q.Y. Shu, B.P. Forster, H. Nakagawa. FAO. ISBN 978-1-78064-085-3: 21-30.
65. KENT, N. 1971. Tecnología de los Cereales. Ed. Acribia. Zaragoza. 268 p
66. KOSINA, R. 1995. Comments on the variation of spike morphology in selected species of Elytrigia and Elymus (Triticeae). Acta Societatis Botanicorum Poloniae. Poland. Vol.64, No 4: 385-392
67. KUELHL, R. 2001. Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. Segunda edición. México
68. LARSSON, H.1985. Morphological analysis of laxatum barley mutants. Hereditas 103:239-253. Lund, Sweden.
69. LEÓN, D. 2010. Evaluación del rendimiento de dos variedades mejoradas y una tradicional de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en Tunshi, Parroquio Licto, Canton Riobamba, provincia de Chimborazo. Tesis, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba- Ecuador.
70. LEONARD, W. & MARTIN, J. 1963. Cereal crop. Mac Millan Company, New York. 824 p
71. LÓPEZ, L. 1991. Cultivos herbáceos. CEREALES. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 539 pp.
72. LUNDQVIST, U; FRANCKOWIAK, J. & FORSTER, B. 2012. Mutation Categories. In Plant Mutation Breeding and Biotechnology. Ed. Q.Y. Shu, B.P. Forster, H. Nakagawa.FAO. ISBN 978-1-78064-085-3: 47-55
73. MANZYUK, V. & KOZACHENKO, M. 1972. Obtaining valuable barley forms by the method of radiation mutagenesis. Materialy vsesoyuznoi konferenzii po ispolzovaniyu radiacionnoi tekhniki dlja selskogo hozjaistva (Kishinew - Oktober, 1972), 2. Kishinew,

- U.S.S.R. Consultado en 15 abr. 2014. Disponible en:
<http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/bgn/3/3p36.html>
74. MALUSZYNSKI, M; ALHOOWALIA, B. & SIGURBJOMSSON, B. 1995. Application of in vivo and in vitro mutation techniques for crop improvement. *Euphytica* 85, 303-315.
 75. MALUSZYNSKI, M; AHLOOWALIA, B; ASHIRI, A; NICHTERLEIN, K. & VAN ZATEN, L. 1999. Induced Mutations in rice breeding and germplasm enhancement. Plant Breeding and Genetic Section, Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, Vienna, Austria.
 76. MALUSZYNSKI, M; NICHTERLEIN, K; VAN ZANTEN, L. & AHLOOWALIA, B. 2000. Officially released mutant varieties FAO/IAEA database, *Mutation Breeding Review* 12, 1-84
 77. MBA, C; AFZA, R. & SHU, Q. 2012. Mutagenic radiations: X Rays, Ionizing Particles and Ultraviolet. In *Plant Mutation Breeding and Biotechnology*. Ed. Q.Y. Shu, B.P. Forster, H. Nakagawa.FAO. ISBN 978-1-78064-085-3: 83-89
 78. MBA, C. & SHU, Q. 2012 Gamma irradiation. Mutagenic radiations: X Rays, Ionizing Particles and Ultraviolet. In *Plant Mutation Breeding and Biotechnology*. Ed. Q.Y. Shu, B.P. Forster, H. Nakagawa.FAO. ISBN 978-1-78064-085-3: 91- 98
 79. MCMMASTER, G; WILHELM, W. & BARTLING, P. 1994. Irrigation and culm contribution to yield and yield components of winter wheat. *Agron. J.*, 86: 1123-1127.
 80. MICKE, A. & DONINI, B. 1993 Induced Mutations in Plant Breeding Principles and Prospects. Edited by Hayward, M.D.; Bosemark, N.O. and Romagosa I. Chapman & Hall. Pag. 52-62.
 81. MINAGRI. 2014. Sistema de Inteligencia de Negocios. Consultado en 15 oct. 2014 Disponible en: <http://agroaldia.minagri.gob.pe/sisin/clients>
 82. MITCHELL, J; FUKAI, S. & COOPER, M. 1996. Influence of phenology on grain yield variation among barley cultivars grown under terminal drought. *Aust. J. Agric. Res.*, 47: 757-774.
 83. MOHAMMADI, M; SHARIFI, P; KARIMIZADEH, R. & SHEFAZADEH, M. 2012. Relationships between Grain Yield and Yield Components in Bread Wheat under

- Different Water Availability (Dryland and Supplemental Irrigation Conditions). Iran. Not Bot Horti Agrobo, 40(1):195-200.
84. MOLINA, C. 1989. La Cebada. Mundi-prensa. Madrid, España. 252 p.
 85. MONT, R. 1961 Estudio comparativo de calidad maltera en 5 variedades de cebada cultivadas en diferentes zonas. Universidad Agraria, Lima, Perú.
 86. MONT, R. 2008. Enfermedades de la Cebada, el trigo y la Avena en el Perú. Identificación y Manejo Integrado. 125 pp. ISBN: 978-9972-9312-9-1. Bellido Ediciones E.I.R.L. Programa de Investigación y Proyección Social en Cereales y Granos Nativos. UNALM. Lima, Perú.
 87. MUÑOZ, M. 2007. Control genético y variación transcripcional de la embriogénesis de la microspora en cebada. Tesis Doctoral. Departamento de Genética y Producción Vegetal. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Zaragoza.
 88. NOVAK, F. & BRUNNER, H. 1992. Fitotecnia: tecnología de mutación inducida para el mejoramiento de los cultivos. Crónicas. Boletín de la OIEA. Consultado en 20 set. 2014 Disponible en: http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull344/Spanish/34.405682533_es.pdf
 89. NTE INEN 2358. 2004. Granos y cereales. Cebada. Determinación de otros factores de graduación contenido de cáscara. Consultado en 15 jun. 2014. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2358.2004.pdf>
 90. OKUYAMA, L; FEDERIZZI, L. & BARBOSA NETO, J. 2005. Plant traits to complement selection based on yield components in wheat. Ciencia rural, Santa Maria. (Brazil).35(5):1010-1018
 91. OEE-MINAG. 2014. Series Históricas de Producción Agrícola – Compendio Estadístico. Consultado en 15 ago. 2014 Disponible en: <http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/>
 92. OIEA. 2013. Consultado en 15 abr. 2014 Disponible en <http://nucleus.iaea.org/sso/NUCLEUS.html?exturl=http://www-mvd.iaea.org/MVD/default.htm>
 93. PACCAPELO, H; FUNARO, D; MAC CORMICK, T. & MELIS, O. 2004. Rendimiento de grano y sus componentes en cereales sintéticos (tricepiros y triticales).

Revista de la Facultad de Agronomía- UNLPam. Vol.15 N°1/2. Argentina. Consultado en 12 ago. 2014. Disponible en: <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/rev-agro/n15a01paccapelo.pdf>

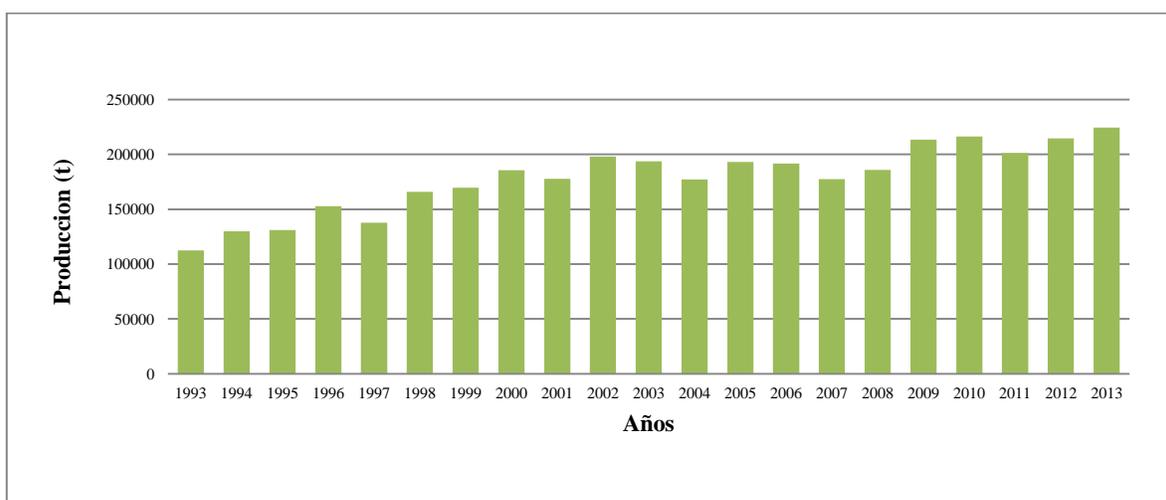
94. PALACIOS, O. 2004. Impacto de las variedades mejoradas de cebada en los sistemas Agropecuarios de la Región Altoandina del Perú. UNALM, Lima Perú.
95. PATERNIANI, E. & GOODMAN, M. 1977. Races of maize in Brazil and adjacent areas. Mexico, DF, CIMMYT. 95p
96. PEÑA, R; PÉREZ, P; VILLASEÑOR, E; GÓMEZ, M. & MENDOZA, M. 2008. Calidad de la cosecha de trigo en México. Ciclo primavera-verano 2006. Publicación especial del CONASIST-CONATRIGO, Tajín No. 567, Col. Vertiz Narvarte, Delegación Benito Juárez C. P. 03600 México, D.F. 28p
97. POEHLMAN, J. 1969. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Editorial Limusa – Wiley S.A. Primera edición. México. Págs. 59, 183-193
98. RAMIREZ-CALDERON, J; CERVANTES-SANTANA, T; VILLASEÑOR-MIR, H. & LOPEZ-CASTAÑEDA, C. 2003. Selección para componentes del rendimiento de grano en triticale irradiado. Agrociencia. México Vol 37: 595-603.
99. RASMUSSEN, D. 1985. Barley. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Publishers, Madison, Wisconsin. 522p.
100. RIOS, D; BRITTO, R. & DELGADO, H. 2011. Evaluación del rendimiento y sus componentes en genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) diferenciados por su tipo de espiga y grano. Rev. U.D.C.A Act. & Dic. Cient. Colombia. 14(2) 55-63
101. ROELFS, A; HUERTA-ESPINO, J. & MARSHALL, D. 1992. Barley stripe rust in Texas. *Plant Dis.*, 76: 538.
102. ROMERO, M. 1983. Desarrollo genético y tecnológico de la cebada como materia prima industrial. Informe final. Programa de Cereales de la UNA- La Molina. Lima, Perú, 144p.
103. ROMERO, M. & GÓMEZ, L. 2002. Cultivo de Cebada en el Perú: Recomendaciones para su cultivo. Serie Divulgativa, Universidad Nacional Agraria La Molina, 29p.

104. RYBINSKI, W; JEZOWSKI, P. & KRAJEWSKI, P. 1998. Variability of yield structure and of physical traits determining lodging resistance in barley mutants. Int. Agrophysics, Poland Vol. 12, 221-225.
105. SAGARPA. s.f. Informe de la calidad del trigo (ciclo otoño-invierno 2005-2006). Baja California
106. SATORRE, E; BENECH, A; SLAFER, G; DE LA FUENTE, E; MILLARES, D; OTEGUI, M. & SAVIN, R. 2003. Producción de granos. UBA. Consultado en 15 dic. 2014. Disponible en: <http://www.faor.org>
107. SHEEHY, J; DIONORA, M. & MITCHELL, P. 2001. Spikelet numbers, sink size and potential yield in rice. Field Crops Research, 71: 77-85
108. SIICEX. Consultado en 15 dic. 2014 Disponible en: www.siicex.gob.pe
109. SINEBO, W. 2002. Crop ecology, production & Management. Yield relationships of barley grown in a tropical highland. Crop Sci.42:428-437
110. SLAFER, G. 2003. Genetic basis of yield as viewed from a crop physiologist's perspective. Annals of Applied Biology, 142: 117-128. doi: 10.1111/j.1744-7348.2003.tb00237.x
111. SOLANO, C. 2002. Tesis: Evaluación de líneas haploides de cebada (*Hordeum vulgare*) provenientes de la cruce UNA La Molina 94 con fuentes de calidad en condiciones de La Molina. Lima (Perú).
112. SPAGNOLETTI, P. & QUALSET, C. 1987. Geographical diversity for quantitative spike characters in a world collection of durum wheat. Crop Sci. 27:235-241
113. STUBBS, R. 1986. Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. Mexico. 46pp.
114. SUNAT: Declaraciones de aduanas
115. TAPIA, M. & FRIES, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima-Perú.
116. TAS, B. & CELIK N. 2011. Determination of seed yield and some yield components through path and correlation analyses in many six-rowed barley (*Hordeum vulgare* conv. *hexastichon*). African Journal of Agricultural Research Vol. 6(21)
117. VELEMINSKY, J. & GICHNER, T. 1975. *Proc. Int. Barley Genet. Symp., Garching* p. 146

118. VILA, P. 2007. Tesis: Caracterización de líneas mutantes M3 de cebada (*Hordeum vulgare* L.) bajo condiciones de La Molina. Lima (Perú)
119. YOSHIDA, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. Annual Review of Plant Physiology (Estados Unidos) v. 23, p. 37-464.

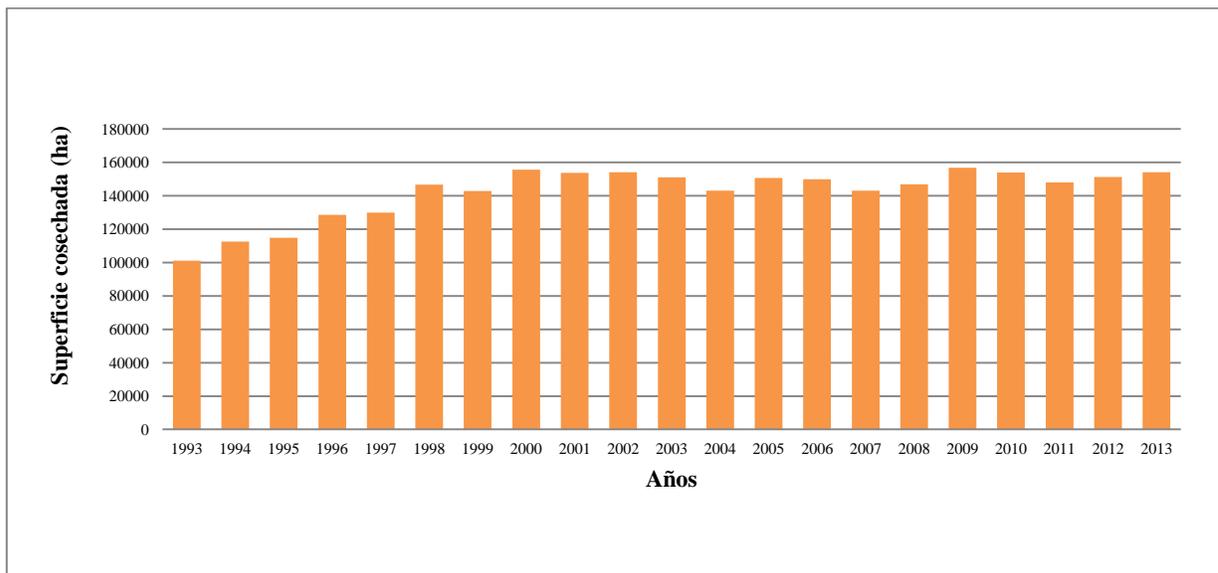
IX. ANEXOS

Anexo 1: Producción en toneladas (t) de cebada-grano (Periodo: 1993-2013)



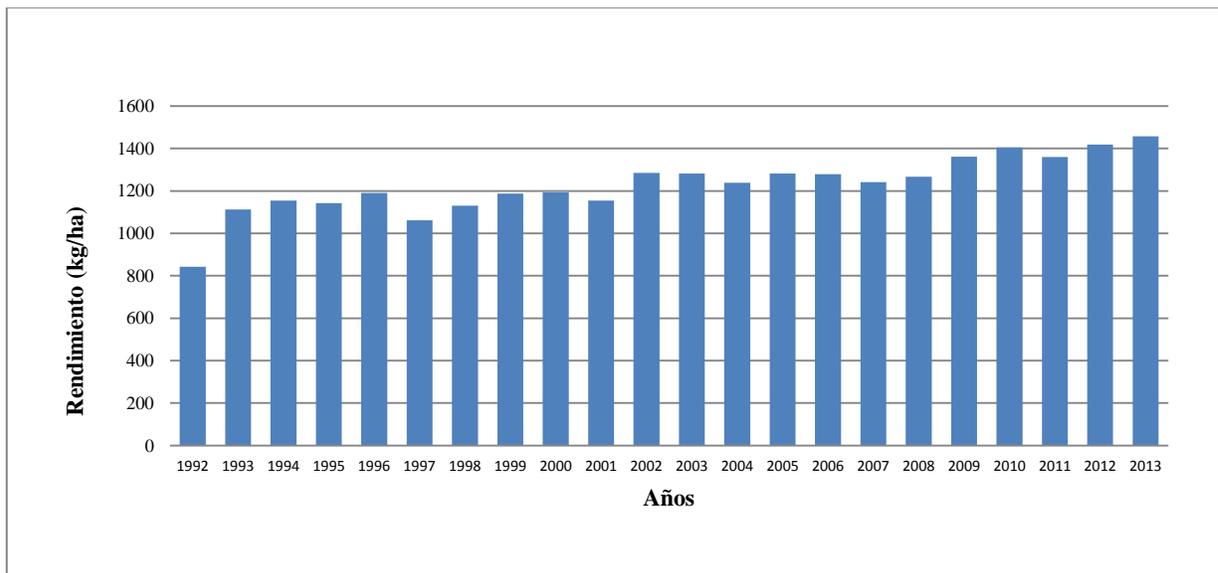
Fuente: OEEE-MINAG, 2014

Anexo 2: Superficie cosechada (ha) de cebada-grano (Periodo: 1993-2013)



FUENTE: OEEE-MINAG, 2014

Anexo 3: Rendimiento nacional (kg/ha) de cebada-grano (Periodo: 1992-2013)

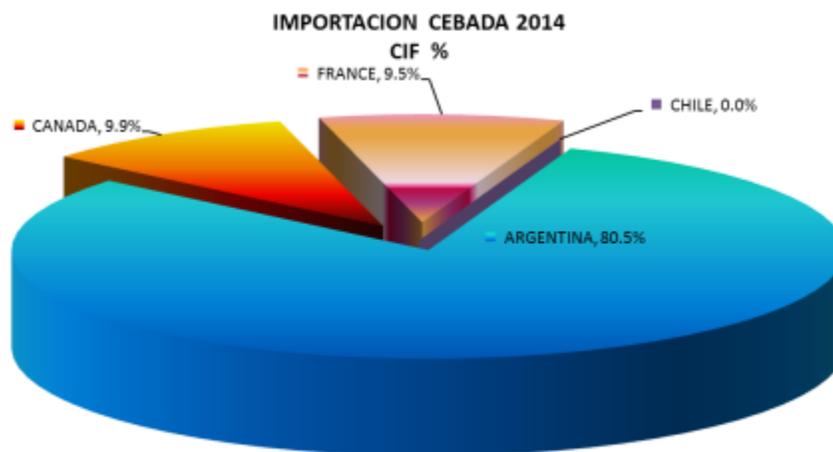


FUENTE: OEEE-MINAG, 2014

Anexo 4: Importaciones de cebada (2013-2014)

MES	2014			2013		
	CIF	KILOS	PRECIO PROM.	CIF	KILOS	PRECIO PROM.
ENERO	3,263,048	9,884,640	0.33	3,012,589	8,919,960	0.34
FEBRERO	849,872	2,529,090	0.34	2,750,237	7,992,670	0.34
MARZO	2,552,549	7,508,630	0.34	4,808,883	13,987,250	0.34
ABRIL	1,927,107	6,002,430	0.32	3,239,819	9,256,820	0.35
MAYO	2,569,474	8,000,000	0.32	2,845,058	8,000,000	0.36
JUNIO	3,944,261	12,280,360	0.32	3,134,079	8,812,730	0.36
JULIO	2,247,241	7,000,000	0.32	7,406,897	17,999,410	0.41
AGOSTO	1,605,172	5,000,000	0.32	2,190,244	6,000,000	0.37
SEPTIEMBRE	4,230,112	12,659,210	0.33	3,604,504	9,874,250	0.37
OCTUBRE	3,409,802	11,041,779	0.31			
NOVIEMBRE	4,153,751	13,118,490	0.32	2,628,453	8,000,000	0.33
DICIEMBRE	3,532,917	11,429,660	0.31			
TOTALES	34,285,306	106,454,289	0.32	35,620,763	98,843,090	0.36
PROMEDIO MES	2,857,109	8,871,191		2,968,397	8,236,924	
% CREC. PROM	-4%	8%	-11%	12%	2%	10%

FUENTE: AGRODATA y SUNAT



FUENTE: AGRODATA y SUNAT

Anexo 5. Estado de crecimiento de la cebada desarrollado por J.C. Zadocks, T.T. Chang y C.F. Konzak (en A Decimal Code for the Growth Stages of Cereals. 1974. Eucarpia Bull. N° 7 pp 42-52) y modificado por Totman Makepeace.

Cód.	Estado	Cód.	Estado
0	Germinación	5	Emergencia de la inflorescencia (espigamiento)
00	Semilla seca	50	Primera espiguilla de la espiga
01	Comienzo de imbibición	51	
-		52	Apenas visible
-		53	Emergencia de ¼ de espiga
-		54	
09	Hojas apenas en la punta del coleoptilo	55	Emergencia de ½ de espiga
1	Crecimiento de la plántula	56	Emergencia de ¾ de espiga
10	Primera hoja a través del coleoptilo	58	Emergencia de la espiga
11	Desdoblamiento de las primeras hojas	59	Emergencia completa
12	Desdoblamiento de dos hojas	6	Antesis (floración)
-		60	Comienzo de la antesis
19	9 hojas o mas	64	Media antesis
2	Macollaje	65	
20	Solo el eje principal	68	Antesis completa
21	El eje principal más un macollo	69	
22	El eje principal más dos macollos	7	Grano: estado lechoso
-		70	
29	El eje principal y 10 o más macollos	71	Grano acuoso
3	Alargamiento del nudo	73	Lechoso inicial
30	Pseudo tallo	75	Medio lechoso
31	Primer nudo visible	77	Lechoso final
-		8	Grano: estado masoso
36	Sexto nudo visible	83	Masa inicial
-	Hoja bandera apenas visible	85	Masa suave
39	Lígula de hoja bandera apenas visible	87	Masa dura
4	Buche o bota	9	Madurez
41	Extensión de la vaina de hoja bandera	91	Grano duro (Madurez para engavillar: aprox. 16% humedad)
-		92	Grano duro (Madurez para cosechadora: aprox. 14%)
43	Buche ligeramente hinchados		
45	Buches hinchados		
47	Apertura de la vaina de hoja bandera		
49	Primeras aristas visibles		

FUENTE: Gómez, 2012

Anexo 6: Descriptores para cebada. IBPGR (1994)

DESCRIPTORES DE LA PLANTA:

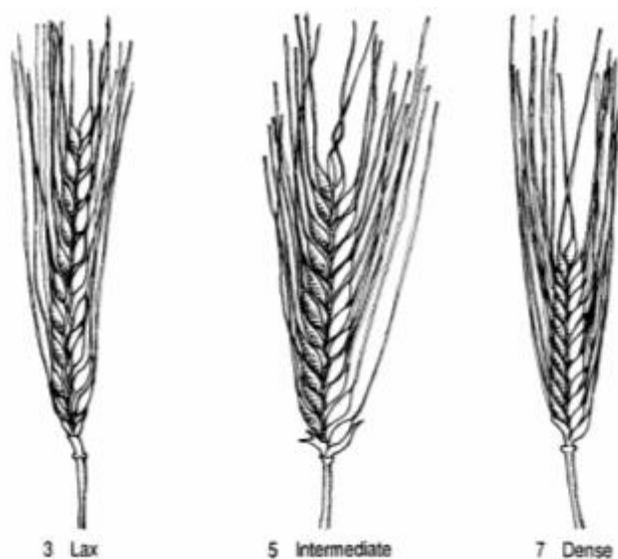
INFLORESCENCIA

Número de fila / flores laterales:

- 1 Dos filas, flores laterales grandes o pequeñas estériles.
- 2 Dos filas, flores laterales vacías.
- 3 Seis hileras, llenado desuniforme en flores laterales.
- 4 Seis filas, flores laterales imberbes (sin aristas).
- 5 Seis filas, con aristas muy largas en flores laterales.
- 6 Seis hileras, todas de tamaño uniforme.
- 7 Dos hileras, llenado desuniforme y aristas largas.
- 8 Seis hileras, con aristas modificadas.
- 9 Dos hileras con aristas modificadas.

Densidad de la espiga (Observación subjetiva).

- 3 Laxa.
- 5 Intermedia.
- 7 Densa.

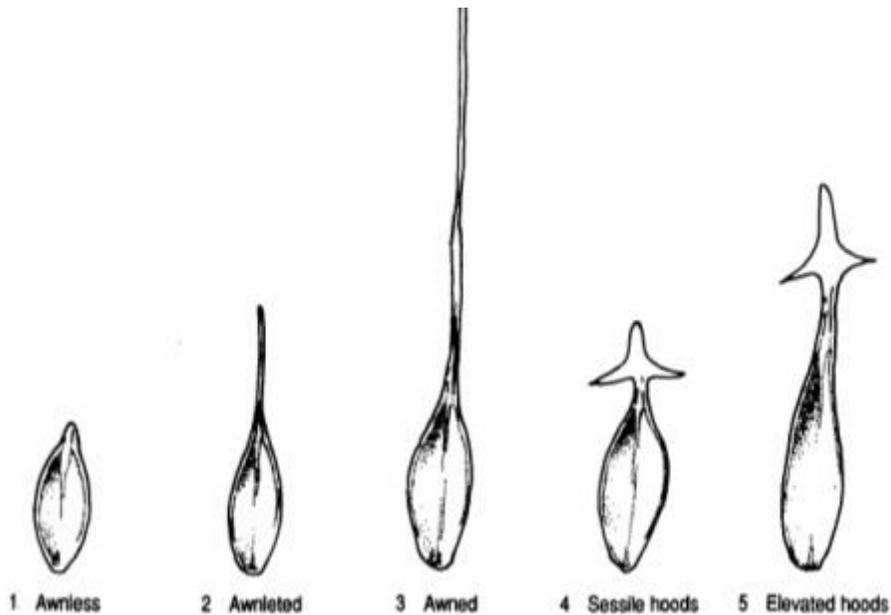


Número de grupos de espiguilla (**trillizos**) por espiga:

Un promedio de cinco espigas típicas seleccionadas de una adhesión cada vez mayor. (Rasgo sujeto a la fertilidad y los factores de fotoperíodo).

Lema aristada / acampanada:

- 1 Imberbes (sin barbas) – sin aristas.
- 2 Aristas cortas.
- 3 Aristas largas.
- 4 Campanas sésiles – arista en forma de capucha sésil.
- 5 Caperuza elevada – arista en forma de capucha alargada.



Anexo 7. Rendimientos, componentes de rendimientos, características agronómicas y de calidad de los 48 genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) irradiados con rayos gamma y de la variedad Testigo UNA La Molina 96.

T	Genotipo	Rendimiento (kg/ha)	N° granos por espiga	Peso mil granos (g)	% IC	Altura (cm)	Acame (%)	Oidiosis (%)	% Proteína en grano	Peso hectolítrico (kg/hl)	% Grano de Primera
1	CM6h-333	956.67	51.00	41.54	23.25	101.78	73.39	37.69	14.43	53.29	92.30
2	CM6h-26	1486.34	55.03	64.61	23.70	110.33	77.51	34.57	13.77	60.26	99.41
3	CM6h-285	790.82	61.94	58.67	18.54	107.45	66.26	30.03	16.21	61.35	98.29
4	CM6h-291	946.75	55.97	43.21	23.24	105.70	77.68	48.17	15.10	54.87	90.57
5	CM6h-313	937.06	66.30	39.17	23.88	105.69	76.19	45.34	14.87	54.02	86.86
6	CM6h-296	734.56	62.91	58.34	21.22	116.62	78.21	40.28	16.27	61.71	98.79
7	CM6h-278	1182.56	66.65	50.92	23.24	99.910	74.33	23.20	16.06	61.90	96.40
8	CM6h-348	1153.98	56.71	39.68	20.89	105.40	75.64	32.76	14.81	52.70	90.71
9	CM6h-616	1278.8	85.87	48.57	22.30	117.28	78.42	41.88	15.51	59.71	88.09
10	CM6h-300	910.82	60.48	57.02	19.15	111.38	77.35	39.85	16.45	62.21	99.05
11	CM6h-601	1405.56	67.57	41.56	29.31	115.90	75.50	41.75	13.78	55.48	87.03
12	CM6h-617	1542.76	70.07	48.79	25.91	114.88	78.03	71.89	14.81	61.44	89.52
13	CM6h-329	739.85	52.22	41.01	28.75	103.82	75.06	35.17	14.72	52.94	91.55
14	CM6h-603	1414.13	73.40	42.50	18.38	110.84	77.27	39.59	14.12	52.83	92.00
15	CM6h-594	1655.16	51.36	57.48	20.93	127.14	79.81	38.68	14.21	65.86	95.96
16	CM6h-545	1008.05	58.33	38.84	21.43	104.04	73.53	28.31	13.94	53.59	87.21
17	CM6h-293	805.89	67.05	41.16	25.95	118.85	74.64	40.68	15.24	52.82	89.20
18	CM6h-604	1424.14	64.98	47.28	26.91	105.87	80.10	35.83	13.78	56.94	92.95
19	CM6h-321	1023.93	63.33	39.65	14.73	102.44	76.67	39.03	14.42	55.35	86.50
20	CM6h-465	1134.08	61.72	52.24	19.44	101.71	76.66	41.80	14.47	63.04	97.49
21	CM6h-304	958.26	68.55	41.12	28.02	98.77	76.47	43.16	15.05	54.19	87.63
22	CM6h-334	938.30	62.21	41.38	21.57	101.26	76.96	31.75	14.19	54.12	90.67
23	CM6h-287	1007.27	67.78	42.95	23.55	100.87	74.27	50.33	15.00	54.46	89.82

T	Genotipo	Rdto. (kg/ha)	Nº granos/espiga	Peso mil granos (g)	% IC	Altura (cm)	Acame (%)	Oidiosis (%)	% Proteina en grano	Peso hectolitrico (kg/hl)	% Grano de Primera
24	CM6h-596	1739.30	69.94	59.34	22.38	121.52	73.41	30.33	13.36	66.94	97.86
25	CM6h-301	1190.24	58.44	42.01	24.25	100.40	76.55	47.12	14.81	54.50	90.22
26	CM6h-286	1003.11	52.42	56.43	21.37	107.61	77.59	45.15	15.99	60.80	98.33
27	CM6h-535	1522.11	54.53	57.25	18.05	111.41	75.52	26.04	14.63	65.75	95.98
28	CM6h-325	1288.97	64.74	40.95	23.91	103.29	77.95	32.55	14.73	54.10	87.57
29	UNA La Molina 96	1954.70	62.44	53.47	19.62	111.97	71.87	44.35	13.01	63.40	97.97
30	CM6h-336	1313.91	53.10	41.46	22.90	105.86	71.96	30.73	14.48	51.71	93.21
31	CM6h-295	963.20	54.81	42.15	22.62	110.25	80.03	44.23	14.87	53.94	90.82
32	CM6h-546	1551.15	69.14	54.59	15.83	118.40	79.83	32.66	14.55	64.18	95.11
33	CM6h-543	1229.32	57.23	42.44	24.25	108.01	74.55	40.17	14.27	53.51	90.14
34	CM6h-548	1416.16	62.95	52.62	30.98	123.04	78.55	40.99	14.18	61.34	97.40
35	CM6h-319	780.45	67.53	42.45	26.56	100.56	73.23	37.72	14.77	52.94	88.78
36	CM6h-551	1535.84	57.36	58.56	28.77	115.86	77.72	32.66	13.94	66.13	97.45
37	CM6h-316	972.06	50.59	37.68	29.70	110.66	75.90	36.76	14.48	54.53	88.97
38	CM6h-332	855.22	65.26	45.20	24.70	105.45	76.43	37.66	14.64	54.59	90.24
39	CM6h-269	1112.05	63.52	46.12	21.93	111.29	75.52	57.73	15.25	62.31	84.26
40	CM6h-298	802.84	61.71	56.43	23.57	113.05	80.24	41.46	16.15	61.73	99.10
41	CM6h-281	792.43	57.81	55.44	23.25	114.20	77.48	28.20	16.19	61.94	98.79
42	CM6h-326	1190.48	59.25	39.63	22.80	105.28	76.10	24.12	14.36	53.47	91.16
43	CM6h-330	842.02	65.97	40.64	24.23	103.88	77.18	28.46	14.99	53.61	90.09
44	CM6h-376	1433.31	71.60	51.39	18.57	105.23	75.85	32.98	14.78	64.19	96.56
45	CM6h-536	1753.70	61.64	58.17	26.86	110.43	82.22	37.15	14.62	64.64	97.15
46	CM6h-270	656.85	68.75	51.38	26.50	109.51	76.18	49.89	16.85	60.64	98.53
47	CM6h-542	2224.98	62.41	57.84	26.08	110.14	77.88	19.62	14.18	65.15	96.69
48	CM6h-600	1578.99	73.26	40.12	21.47	113.87	73.67	36.03	13.75	53.46	89.20
49	CM6h-335	1002.55	68.09	40.42	23.76	101.07	79.75	30.69	14.24	52.93	89.48

Anexo 8. ANVA de las variables en estudio del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma.

CUADRO ANVA

Análisis de varianza del rendimiento (kg/ha) de 48 líneas mutantes de cebada desarrolladas de la variedad UNA La Molina 96.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR > F	Nivel de Significación
Repeticiones	2	1585882	792941	18.69	2.33E-07	***
Bloques dentro de repeticiones	18	3018120	167673	3.95	1.12E-05	***
Tratamientos	48	13821423	287946	6.78	6.98E-14	***
Error intrabloque	78	3308226	42413			
Total	146	21733651				

C.V. = 17.40 %

Promedio= 1186.56

Los asteriscos (***) indican que existen diferencias altamente significativas, según la prueba de DLS (0.05 de probabilidad) = 357.44 y DLS (0.01 de probabilidad) = 474.06 para comparaciones de medias.

CUADRO ANVA

Análisis de varianza del número de granos por espiga de 48 líneas mutantes de cebada desarrolladas de la variedad UNA La Molina 96.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR > F	Nivel de Significación
Repeticiones	2	935.10	467.56	3.85	0.02	*
Bloques dentro de repeticiones	18	1292.70	71.81	0.59	0.89	ns
Tratamientos	48	6046.80	125.98	1.03	0.43	ns
Error intrabloque	78	9452.80	121.19			
Total	146					

C.V. = 17.60%

Promedio= 62.57

El asterisco (*) indica que existe una baja significancia y el (ns) que no hay significancia en los valores el según la prueba de DLS (0.05 de probabilidad) = 17.84 y DLS (0.01 de probabilidad) = 23.62 para comparaciones de medias.

CUADRO ANVA

Análisis de varianza del peso de mil granos (g) de 48 líneas mutantes de cebada desarrolladas de la variedad UNA La Molina 96.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR > F	Nivel de Significación
Repeticiones	2	38.90	19.43	2.09	0.13	ns
Bloques dentro de repeticiones	18	173.40	9.63	1.03	0.43	ns
Tratamientos	48	8333.60	173.61	18.69	2.00E-16	***
Error intrabloque	78	724.40	9.28			
Total	146					

C.V. = 6.40 %

Promedio= 47.79

El (ns) indica que no hay significancia y los asteriscos (***) indican que existen diferencias altamente significativas en los valores, según la prueba de DLS (0.05 de probabilidad) = 4.93 y DLS (0.01 de probabilidad) = 6.53 para comparaciones de medias.

CUADRO ANVA

Análisis de varianza del % índice de cosecha de 48 líneas mutantes de cebada desarrolladas de la Variedad UNA La Molina 96.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR > F	Nivel de Significación
Repeticiones	2	247.50	123.73	2.79	0.06	.
Bloques dentro de repeticiones	18	3270.00	181.66	4.09	6.59E-06	***
Tratamientos	48	2959.80	61.66	1.39	0.09	.
Error intrabloque	78	3459.20	44.34			
Total	146					

C.V. = 28.70 %

Promedio= 23.25

El (.) indica que existe una significación muy baja y los asteriscos (***) indican que existen diferencias altamente significativas en los valores, según la prueba de DLS (0.05 de probabilidad) = 11.56 y DLS (0.01 de probabilidad) = 15.34 para comparaciones de medias.

CUADRO ANVA

Análisis de varianza del altura de planta (cm) de 48 líneas mutantes de cebada desarrolladas de la variedad UNA La Molina 96.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR > F	Nivel de Significación
Repeticiones	2	250.50	125.23	4.35	0.01	*
Bloques dentro de repeticiones	18	787.00	43.72	1.52	0.10	ns
Tratamientos	48	5949.80	123.95	4.31	5.52E-09	***
Error intrabloque	78	2242.90	28.75			
Total	146					

C.V. = 4.90 %

Promedio= 108.98

El asterisco (*) indica que existe una baja significancia, el (ns) que no existe significancia y los asteriscos (***) indican que existen diferencias altamente significativas en los valores, según la prueba de DLS (0.05 de probabilidad) = 8.69 y DLS (0.01 de probabilidad) = 11.50 para comparaciones de medias.

CUADRO ANVA

Análisis de varianza del acame de 48 líneas mutantes de cebada desarrolladas de la variedad UNA La Molina 96.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR > F	Nivel de Significación
Repeticiones	2	0.05	0.025	29.80	2.42E-10	***
Bloques dentro de repeticiones	18	0.07	0.004	5.18	1.36E-07	***
Tratamientos	48	0.04	0.0008	1.01	0.46	ns
Error intrabloque	78	0.06	0.0008			
Total	146					

C.V. = 1.49%

Promedio= 76.39

Los asteriscos (***) indican que existen diferencias altamente significativas y el (ns) que no existe significancia en los valores, según la prueba de DLS (0.05 de probabilidad) = 0.05 y DLS (0.01 de probabilidad) = 0.06 para comparaciones de medias.

CUADRO ANVA

Análisis de varianza del % de contenido de proteína en grano de 48 líneas mutantes de cebada desarrolladas de la variedad UNA La Molina 96.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR>F	Nivel de Significación
Repeticiones	2	3.09	1.54	7.11	0.001445	**
Bloques dentro de repeticiones	18	13.17	0.73	3.37	9.96E-05	***
Tratamientos	48	85.24	1.77	8.18	3.69E-16	***
Error intrabloque	78	16.92	0.21			
Total	146					

C.V. = 3.15%

Promedio= 14.76

Los asteriscos (**) indican que existen diferencias significativas y los (***) diferencias altamente significativas en los valores, según la prueba de DLS (0.05 de probabilidad) = 0.80 y DLS (0.01 de probabilidad) = 1.06 para comparaciones de medias.

CUADRO ANVA

Análisis de varianza del % de grano de primera de 48 líneas mutantes de cebada desarrolladas de la variedad UNA La Molina 96.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR > F	Nivel de Significación
Repeticiones	2	11.70	5.85	1.18	0.31	ns
Bloques dentro de repeticiones	18	84.28	4.68	0.94	0.52	ns
Tratamientos	48	2756.70	57.43	11.63	<2E-16	***
Error intrabloque	78	385.07	4.93			
Total	146					

C.V. = 2.40%

Promedio= 92.84

El (ns) indica que no existe significancia y los (***) que existen diferencias altamente significativas en los valores, según la prueba de DLS (0.05 de probabilidad) = 3.60 y DLS (0.01 de probabilidad) = 4.76 para comparaciones de medias.

CUADRO ANVA

Análisis de varianza del peso hectolítrico (kg/hl) de 48 líneas mutantes de cebada desarrolladas de la variedad UNA La Molina 96.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR > F	Nivel de Significación
Repeticiones	2	24.70	12.33	2.53	0.08	.
Bloques dentro de repeticiones	18	44.10	2.45	0.50	0.94	ns
Tratamientos	48	3335.30	69.48	14.30	<2E-16	***
Error intrabloque	78	379.00	4.85			
Total	146					

C.V. = 3.61%

Promedio= 58.11

El (.) indica que existe una significación muy baja, el (ns) que no existe significancia y los asteriscos (***) que existen diferencias altamente significativas en los valores, según la prueba de DLS (0.05 de probabilidad) = 3.57 y DLS (0.01 de probabilidad) = 4.72 para comparaciones de medias.

CUADRO ANVA

Análisis de varianza de la evaluación de oidiosis de 48 líneas mutantes de cebada desarrolladas de la variedad UNA La Molina 96.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR > F	Nivel de Significación
Repeticiones	2	0.09	0.04	5.25	0.007	**
Bloques dentro de repeticiones	18	0.91	0.05	5.60	3.33E-08	***
Tratamientos	48	1.01	0.02	2.32	0.0004	***
Error intrabloque	78	0.70	0.009			
Total	146					

C.V. = 5.70%

Promedio= 37.90

Los asteriscos (**) indican que existen diferencias significativas y los (***) diferencias altamente significativas en los valores, según la prueba de DLS (0.05 de probabilidad) = 0.16 y DLS (0.01 de probabilidad) = 0.22 para comparaciones de medias.

Anexo 9. Cuadrados Medios de las variables en estudio del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. Campaña 2012B.

Fuente Variacion	G.L.	Rendimiento (kg/ha)	N° granos por espiga	Peso de mil granos (g)	% Índice de Cosecha	Altura de planta (cm)	Acame	% Proteína	% Grano de Primera	Peso Hectolitrico (kg/hl)	Oidiosis
Repeticiones	2	792941***	467.56*	19.43 ns	123.73 ·	125.23*	0.025***	1.54**	5.85 ns	12.33 ·	0.04**
Bloques dentro de repeticiones	18	167673***	71.81 ns	9.63 ns	181.66***	43.72 ns	0.004***	0.73***	4.68 ns	2.45 ns	0.05***
Tratamientos	48	287946***	125.98 ns	173.61***	61.66 ·	123.95***	0.0008 ns	1.77***	57.43***	69.48***	0.02***
Error intrabloque	78	42413	121.19	9.28	44.34	28.75	0.0008	0.21	4.93	4.85	0.009
Total	146										
C.V. %		17.40	17.60	6.40	28.70	4.90	1.49	3.15	2.40	3.61	5.70
Promedio		1186.56	62.57	47.79	23.25	108.98	76.39	14.76	92.84	58.11	37.90

Anexo 10: Resultados de Prueba de DLS ($\alpha=0.01$) para las variables del experimento.

T	Material Genético	Rendimiento (kg/ha)	Prueba LSD ($\alpha=0.01$)
47	CM6h-542	2224.98	a
29	UNA LM 96	1954.70	ab
45	CM6h-536	1753.70	bc
24	CM6h-596	1739.30	bc
15	CM6h-594	1655.16	bcd
48	CM6h-600	1578.99	cde
32	CM6h-546	1551.15	cde
12	CM6h-617	1542.76	cde
36	CM6h-551	1535.84	cdef
27	CM6h-535	1522.11	cdef
2	CM6h-26	1486.34	cdefg
44	CM6h-376	1433.31	cdefgh
18	CM6h-604	1424.14	cdefgh
34	CM6h-548	1416.16	cdefgh
14	CM6h-603	1414.13	cdefgh
11	CM6h-601	1405.56	cdefgh
30	CM6h-336	1313.91	defghi
28	CM6h-325	1288.97	efghij
9	CM6h-616	1278.80	efghij
33	CM6h-543	1229.32	efghijk
42	CM6h-326	1190.48	fghijkl
25	CM6h-301	1190.24	fghijkl
7	CM6h-278	1182.56	fghijkl
8	CM6h-348	1153.98	ghijklm
20	CM6h-465	1134.08	ghijklmn
39	CM6h-269	1112.05	hijklmno
19	CM6h-321	1023.93	ijklmnop
16	CM6h-545	1008.05	ijklmnop
23	CM6h-287	1007.27	ijklmnop
26	CM6h-286	1003.11	ijklmnop
49	CM6h-335	1002.55	ijklmnop
37	CM6h-316	972.06	ijklmnop
31	CM6h-295	963.20	ijklmnop
21	CM6h-304	958.26	ijklmnop
1	CM6h-333	956.67	ijklmnop
4	CM6h-291	946.75	ijklmnop
22	CM6h-334	938.30	ijklmnop
5	CM6h-313	937.06	ijklmnop
10	CM6h-300	910.82	klmnop
38	CM6h-332	855.22	lmnop
43	CM6h-330	842.02	lmnop
17	CM6h-293	805.89	mnop
40	CM6h-298	802.84	mnop
41	CM6h-281	792.43	nop
3	CM6h-285	790.82	nop
35	CM6h-319	780.45	nop
13	CM6h-329	739.85	op
6	CM6h-296	734.56	op
46	CM6h-270	656.85	p

*DLS (0.05 de probabilidad) = 357.44 y DLS (0.01 de probabilidad) = 474.06

T	Material Genético	N° granos por espiga	Prueba LSD ($\alpha=0.01$)
9	CM6h-616	85.87	a
14	CM6h-603	73.40	ab
48	CM6h-600	73.26	abc
44	CM6h-376	71.60	abcd
12	CM6h-617	70.07	abcde
24	CM6h-596	69.94	abcde
32	CM6h-546	69.14	abcdef
46	CM6h-270	68.75	bcdefg
21	CM6h-304	68.55	bcdefg
49	CM6h-335	68.09	bcdefg
23	CM6h-287	67.78	bcdefgh
11	CM6h-601	67.57	bcdefgh
35	CM6h-319	67.53	bcdefghi
17	CM6h-293	67.05	bcdefghi
7	CM6h-278	66.65	bcdefghi
5	CM6h-313	66.30	bcdefghi
43	CM6h-330	65.97	bcdefghi
38	CM6h-332	65.26	bcdefghi
18	CM6h-604	64.98	bcdefghi
28	CM6h-325	64.74	bcdefghi
39	CM6h-269	63.52	bcdefghi
19	CM6h-321	63.33	bcdefghi
34	CM6h-548	62.95	bcdefghi
6	CM6h-296	62.91	bcdefghi
29	UNA LM 96	62.44	bcdefghi
47	CM6h-542	62.41	bcdefghi
22	CM6h-334	62.21	bcdefghi
3	CM6h-285	61.94	bcdefghi
20	CM6h-465	61.72	bcdefghi
40	CM6h-298	61.71	bcdefghi
45	CM6h-536	61.64	bcdefghi
10	CM6h-300	60.48	bcdefghi
42	CM6h-326	59.25	bcdefghi
25	CM6h-301	58.44	bcdefghi
16	CM6h-545	58.33	bcdefghi
41	CM6h-281	57.81	bcdefghi
36	CM6h-551	57.36	bcdefghi
33	CM6h-543	57.23	bcdefghi
8	CM6h-348	56.71	cdefghi
4	CM6h-291	55.97	defghi
2	CM6h-26	55.03	efghi
31	CM6h-295	54.81	efghi
27	CM6h-535	54.53	efghi
30	CM6h-336	53.10	fghi
26	CM6h-286	52.42	ghi
13	CM6h-329	52.22	ghi
15	CM6h-594	51.36	hi
1	CM6h-333	51.00	i
37	CM6h-316	50.59	i

*DLS (0.05 de probabilidad) = 23.62 y DLS (0.01 de probabilidad) = 17.84

T	Material Genético	Peso mil granos (g)	Prueba LSD ($\alpha=0.01$)
2	CM6h-26	64.61	a
24	CM6h-596	59.34	b
3	CM6h-285	58.67	b
36	CM6h-551	58.56	b
6	CM6h-296	58.34	bc
45	CM6h-536	58.17	bc
47	CM6h-542	57.84	bc
15	CM6h-594	57.48	bcd
27	CM6h-535	57.25	bcd
10	CM6h-300	57.02	bcde
40	CM6h-298	56.43	bcde
26	CM6h-286	56.43	bcde
41	CM6h-281	55.44	bcdef
32	CM6h-546	54.59	bcdef
29	UNA LM 96	53.47	cdefg
34	CM6h-548	52.62	defg
20	CM6h-465	52.24	efgh
44	CM6h-376	51.39	fgh
46	CM6h-270	51.38	fgh
7	CM6h-278	50.92	fghi
12	CM6h-617	48.79	ghij
9	CM6h-616	48.57	ghij
18	CM6h-604	47.28	hijk
39	CM6h-269	46.12	ijkl
38	CM6h-332	45.20	klmn
4	CM6h-291	43.21	klmn
23	CM6h-287	42.95	klmn
14	CM6h-603	42.50	klmno
35	CM6h-319	42.45	klmno
33	CM6h-543	42.44	klmno
31	CM6h-295	42.15	lmno
25	CM6h-301	42.01	lmno
11	CM6h-601	41.56	lmno
1	CM6h-333	41.54	lmno
30	CM6h-336	41.46	lmno
22	CM6h-334	41.38	lmno
17	CM6h-293	41.16	lmno
21	CM6h-304	41.12	mno
13	CM6h-329	41.01	mno
28	CM6h-325	40.95	mno
43	CM6h-330	40.64	mno
49	CM6h-335	40.42	mno
48	CM6h-600	40.12	no
8	CM6h-348	39.68	no
19	CM6h-321	39.65	no
42	CM6h-326	39.63	no
5	CM6h-313	39.17	no
16	CM6h-545	38.84	no
37	CM6h-316	37.68	o

*DLS (0.05 de probabilidad) = 4.93 y DLS (0.01 de probabilidad) = 6.53

T	Material Genético	% IC	Prueba LSD ($\alpha=0.01$)
34	CM6h-548	30.98	a
37	CM6h-316	29.70	ab
11	CM6h-601	29.31	ab
36	CM6h-551	28.77	ab
13	CM6h-329	28.75	ab
21	CM6h-304	28.02	ab
18	CM6h-604	26.91	abc
45	CM6h-536	26.86	abc
35	CM6h-319	26.56	abc
46	CM6h-270	26.50	abc
47	CM6h-542	26.08	abcd
17	CM6h-293	25.95	abcd
12	CM6h-617	25.91	abcd
38	CM6h-332	24.70	abcd
25	CM6h-301	24.25	abcd
33	CM6h-543	24.25	abcd
43	CM6h-330	24.23	abcd
28	CM6h-325	23.91	abcd
5	CM6h-313	23.88	abcd
49	CM6h-335	23.76	abcd
2	CM6h-26	23.70	abcd
40	CM6h-298	23.57	abcd
23	CM6h-287	23.55	abcd
1	CM6h-333	23.25	abcd
41	CM6h-281	23.25	abcd
7	CM6h-278	23.24	abcd
4	CM6h-291	23.24	abcd
30	CM6h-336	22.9	abcd
42	CM6h-326	22.8	abcd
31	CM6h-295	22.62	abcd
24	CM6h-596	22.38	abcd
9	CM6h-616	22.30	abcd
39	CM6h-269	21.93	abcd
22	CM6h-334	21.57	abcd
48	CM6h-600	21.47	abcd
16	CM6h-545	21.43	abcd
26	CM6h-286	21.37	abcd
6	CM6h-296	21.22	abcd
15	CM6h-594	20.93	abcd
8	CM6h-348	20.89	abcd
29	UNA LM 96	19.62	abcd
20	CM6h-465	19.44	bcd
10	CM6h-300	19.15	bcd
44	CM6h-376	18.57	bcd
3	CM6h-285	18.54	bcd
14	CM6h-603	18.38	bcd
27	CM6h-535	18.05	bcd
32	CM6h-546	15.83	cd
19	CM6h-321	14.73	d

*DLS (0.05 de probabilidad) = 11.56 y DLS (0.01 de probabilidad) = 15.34

T	Material Genético	Altura (cm)	Prueba LSD ($\alpha=0.01$)
15	CM6h-594	127.14	a
34	CM6h-548	123.04	ab
24	CM6h-596	121.52	abc
17	CM6h-293	118.85	abcd
32	CM6h-546	118.40	abcde
9	CM6h-616	117.28	bcde
6	CM6h-296	116.62	bcdef
11	CM6h-601	115.90	bcdefg
36	CM6h-551	115.86	bcdefg
12	CM6h-617	114.88	bcdefg
41	CM6h-281	114.20	bcdefgh
48	CM6h-600	113.87	cdefghi
40	CM6h-298	113.05	cdefghij
29	UNA LM 96	111.97	defghijk
27	CM6h-535	111.41	defghijkl
10	CM6h-300	111.38	defghijkl
39	CM6h-269	111.29	defghijkl
14	CM6h-603	110.84	defghijkl
37	CM6h-316	110.66	defghijklm
45	CM6h-536	110.43	defghijklmn
2	CM6h-26	110.33	defghijklmn
31	CM6h-295	110.25	defghijklmno
47	CM6h-542	110.14	defghijklmno
46	CM6h-270	109.51	efghijklmnop
33	CM6h-543	108.01	fghijklmnopq
26	CM6h-286	107.61	fghijklmnopqr
3	CM6h-285	107.45	ghijklmnopqr
18	CM6h-604	105.87	hijklmnopqr
30	CM6h-336	105.86	hijklmnopqr
4	CM6h-291	105.70	hijklmnopqr
5	CM6h-313	105.69	hijklmnopqr
38	CM6h-332	105.45	hijklmnopqr
8	CM6h-348	105.40	hijklmnopqr
42	CM6h-326	105.28	hijklmnopqr
44	CM6h-376	105.23	ijklmnopqr
16	CM6h-545	104.04	jklmnopqr
43	CM6h-330	103.88	klmnopqr
13	CM6h-329	103.82	klmnopqr
28	CM6h-325	103.29	klmnopqr
19	CM6h-321	102.44	lmnopqr
1	CM6h-333	101.78	mnpqr
20	CM6h-465	101.71	nopqr
22	CM6h-334	101.26	opqr
49	CM6h-335	101.07	pqr
23	CM6h-287	100.87	pqr
35	CM6h-319	100.56	pqr
25	CM6h-301	100.40	qr
7	CM6h-278	99.91	qr
21	CM6h-304	98.77	r

*DLS (0.05 de probabilidad) = 8.69 y DLS (0.01 de probabilidad) = 11.50

T	Material Genético	Acame (%)	Prueba LSD ($\alpha=0.01$)
45	CM6h-536	82.22	a
40	CM6h-298	80.24	ab
18	CM6h-604	80.10	ab
31	CM6h-295	80.03	ab
32	CM6h-546	79.83	ab
15	CM6h-594	79.81	ab
49	CM6h-335	79.75	ab
34	CM6h-548	78.55	ab
9	CM6h-616	78.42	ab
6	CM6h-296	78.21	ab
12	CM6h-617	78.03	ab
28	CM6h-325	77.95	ab
47	CM6h-542	77.88	ab
36	CM6h-551	77.72	ab
4	CM6h-291	77.68	ab
26	CM6h-286	77.59	ab
2	CM6h-26	77.51	ab
41	CM6h-281	77.48	ab
10	CM6h-300	77.35	ab
14	CM6h-603	77.27	ab
43	CM6h-330	77.18	ab
22	CM6h-334	76.96	ab
19	CM6h-321	76.67	ab
20	CM6h-465	76.66	ab
25	CM6h-301	76.55	ab
21	CM6h-304	76.47	ab
38	CM6h-332	76.43	ab
5	CM6h-313	76.19	ab
46	CM6h-270	76.18	ab
42	CM6h-326	76.10	ab
37	CM6h-316	75.90	ab
44	CM6h-376	75.85	ab
8	CM6h-348	75.64	abc
27	CM6h-535	75.52	abc
39	CM6h-269	75.52	abc
11	CM6h-601	75.50	abc
13	CM6h-329	75.06	abc
17	CM6h-293	74.64	abc
33	CM6h-543	74.55	abc
7	CM6h-278	74.33	abc
23	CM6h-287	74.27	abc
48	CM6h-600	73.67	abc
16	CM6h-545	73.53	abc
24	CM6h-596	73.41	abc
1	CM6h-333	73.39	abc
35	CM6h-319	73.23	abc
30	CM6h-336	71.96	bc
29	UNA LM 96	71.87	bc
3	CM6h-285	66.26	c

*DLS (0.05 de probabilidad) = 0.05 y DLS (0.01 de probabilidad) = 0.06

T	Material Genético	Oidiosis (%)	Prueba LSD ($\alpha=0.01$)
12	CM6h-617	71.89	a
39	CM6h-269	57.73	ab
23	CM6h-287	50.33	abc
46	CM6h-270	49.89	abc
4	CM6h-291	48.17	abcd
725	CM6h-301	47.12	abcd
5	CM6h-313	45.34	bcde
26	CM6h-286	45.15	bcde
29	UNA LM 96	44.35	bcde
31	CM6h-295	44.23	bcde
21	CM6h-304	43.16	bcde
9	CM6h-616	41.88	bcdef
20	CM6h-465	41.80	bcdef
11	CM6h-601	41.75	bcdef
40	CM6h-298	41.46	bcdef
34	CM6h-548	40.99	bcdef
17	CM6h-293	40.68	bcdef
6	CM6h-296	40.28	bcdef
33	CM6h-543	40.17	bcdef
10	CM6h-300	39.85	bcdefg
14	CM6h-603	39.59	bcdefg
19	CM6h-321	39.03	bcdefg
15	CM6h-594	38.68	bcdefg
35	CM6h-319	37.72	bcdefgh
1	CM6h-333	37.69	bcdefgh
38	CM6h-332	37.66	bcdefgh
45	CM6h-536	37.15	bcdefgh
37	CM6h-316	36.76	bcdefgh
48	CM6h-600	36.03	bcdefgh
18	CM6h-604	35.83	cdefgh
13	CM6h-329	35.17	cdefgh
2	CM6h-26	34.57	cdefgh
44	CM6h-376	32.98	cdefghi
8	CM6h-348	32.76	cdefghi
36	CM6h-551	32.66	cdefghi
32	CM6h-546	32.66	cdefghi
28	CM6h-325	32.55	cdefghi
22	CM6h-334	31.75	cdefghi
30	CM6h-336	30.73	defghi
49	CM6h-335	30.69	defghi
24	CM6h-596	30.33	defghi
3	CM6h-285	30.03	defghi
43	CM6h-330	28.46	efghi
16	CM6h-545	28.31	efghi
41	CM6h-281	28.20	efghi
27	CM6h-535	26.04	fghi
42	CM6h-326	24.12	ghi
7	CM6h-278	23.20	hi
47	CM6h-542	19.62	i

*DLS (0.05 de probabilidad) = 0.16 y DLS (0.01 de probabilidad) = 0.22

T	Material Genético	% Proteína en grano	Prueba LSD ($\alpha=0.01$)
46	CM6h-270	16.85	a
10	CM6h-300	16.45	ab
6	CM6h-296	16.27	abc
3	CM6h-285	16.21	abc
41	CM6h-281	16.19	abc
40	CM6h-298	16.15	abc
7	CM6h-278	16.06	abc
26	CM6h-286	15.99	bcd
9	CM6h-616	15.51	cde
39	CM6h-269	15.25	def
17	CM6h-293	15.24	defg
4	CM6h-291	15.10	efgh
21	CM6h-304	15.05	efghi
23	CM6h-287	15.00	efghij
43	CM6h-330	14.99	efghij
5	CM6h-313	14.87	efghijk
31	CM6h-295	14.87	efghijk
25	CM6h-301	14.81	efghijk
8	CM6h-348	14.81	efghijk
12	CM6h-617	14.81	efghijk
44	CM6h-376	14.78	efghijk
35	CM6h-319	14.77	efghijk
28	CM6h-325	14.73	efghijkl
13	CM6h-329	14.72	efghijkl
38	CM6h-332	14.64	fghijkl
27	CM6h-535	14.63	fghijkl
45	CM6h-536	14.62	fghijkl
32	CM6h-546	14.55	fghijklm
37	CM6h-316	14.48	fghijklm
30	CM6h-336	14.48	fghijklm
20	CM6h-465	14.47	fghijklm
1	CM6h-333	14.43	ghijklm
19	CM6h-321	14.42	hijklm
42	CM6h-326	14.36	hijklm
33	CM6h-543	14.27	ijklm
49	CM6h-335	14.24	ijklm
15	CM6h-594	14.21	ijklm
22	CM6h-334	14.19	klm
34	CM6h-548	14.18	klm
47	CM6h-542	14.18	klm
14	CM6h-603	14.12	lmn
16	CM6h-545	13.94	lmn
36	CM6h-551	13.94	lmn
11	CM6h-601	13.78	mno
18	CM6h-604	13.78	mno
2	CM6h-26	13.77	mno
48	CM6h-600	13.75	mno
24	CM6h-596	13.36	no
29	UNA LM 96	13.01	o

*DLS (0.05 de probabilidad) = 0.80 y DLS (0.01 de probabilidad) = 1.06

T	Material Genético	Peso hectolítrico (kg/hl)	Prueba LSD ($\alpha=0.01$)
24	CM6h-596	66.94	a
36	CM6h-551	66.13	ab
15	CM6h-594	65.86	ab
27	CM6h-535	65.75	ab
47	CM6h-542	65.15	abc
45	CM6h-536	64.64	abcd
44	CM6h-376	64.19	abcde
32	CM6h-546	64.18	abcde
29	UNA LM 96	63.40	bcdef
20	CM6h-465	63.04	bcdef
39	CM6h-269	62.31	cdefg
10	CM6h-300	62.21	cdefg
41	CM6h-281	61.94	defg
7	CM6h-278	61.90	defg
40	CM6h-298	61.73	defg
6	CM6h-296	61.71	defg
12	CM6h-617	61.44	defg
3	CM6h-285	61.35	defg
34	CM6h-548	61.34	efg
26	CM6h-286	60.80	fg
46	CM6h-270	60.64	fg
2	CM6h-26	60.26	fg
9	CM6h-616	59.71	gh
18	CM6h-604	56.94	hi
11	CM6h-601	55.48	ij
19	CM6h-321	55.35	ij
4	CM6h-291	54.87	ijk
38	CM6h-332	54.59	ijk
37	CM6h-316	54.53	ijk
25	CM6h-301	54.50	ijk
23	CM6h-287	54.46	ijk
21	CM6h-304	54.19	ijk
22	CM6h-334	54.12	ijk
28	CM6h-325	54.10	ijk
5	CM6h-313	54.02	ijk
31	CM6h-295	53.94	ijk
43	CM6h-330	53.61	jk
16	CM6h-545	53.59	jk
33	CM6h-543	53.51	jk
42	CM6h-326	53.47	jk
48	CM6h-600	53.46	jk
1	CM6h-333	53.29	jk
35	CM6h-319	52.94	jk
13	CM6h-329	52.94	jk
49	CM6h-335	52.93	jk
14	CM6h-603	52.83	jk
17	CM6h-293	52.82	jk
8	CM6h-348	52.70	jk
30	CM6h-336	51.71	k

*DLS (0.05 de probabilidad) = 3.57 y DLS (0.01 de probabilidad) = 4.72

T	Material Genético	Grano de Primera (%)	Prueba LSD ($\alpha=0.01$)
2	CM6h-26	99.41	a
40	CM6h-298	99.10	a
10	CM6h-300	99.05	a
41	CM6h-281	98.79	a
6	CM6h-296	98.79	a
46	CM6h-270	98.53	ab
26	CM6h-286	98.33	ab
3	CM6h-285	98.29	ab
29	UNA LM 96	97.97	ab
24	CM6h-596	97.86	ab
20	CM6h-465	97.49	ab
36	CM6h-551	97.45	ab
34	CM6h-548	97.40	ab
45	CM6h-536	97.15	ab
47	CM6h-542	96.69	abc
44	CM6h-376	96.56	abc
7	CM6h-278	96.40	abcd
27	CM6h-535	95.98	abcd
15	CM6h-594	95.96	abcd
32	CM6h-546	95.11	bcde
30	CM6h-336	93.22	cdef
18	CM6h-604	92.95	defg
1	CM6h-333	92.30	efgh
14	CM6h-603	92.00	efgh
13	CM6h-329	91.55	efghi
42	CM6h-326	91.16	fghij
31	CM6h-295	90.82	fghij
8	CM6h-348	90.71	fghijk
22	CM6h-334	90.67	fghijk
4	CM6h-291	90.57	fghijkl
38	CM6h-332	90.24	fghijklm
25	CM6h-301	90.22	fghijklm
33	CM6h-543	90.14	fghijklm
43	CM6h-330	90.09	fghijklmn
23	CM6h-287	89.82	fghijklmn
12	CM6h-617	89.52	ghijklmn
49	CM6h-335	89.48	ghijklmn
48	CM6h-600	89.20	hijklmn
17	CM6h-293	89.20	hijklmn
37	CM6h-316	88.97	hijklmn
35	CM6h-319	88.78	hijklmn
9	CM6h-616	88.09	ijklmn
21	CM6h-304	87.63	jklmno
28	CM6h-325	87.58	jklmno
16	CM6h-545	87.21	klmno
11	CM6h-601	87.03	lmno
5	CM6h-313	86.86	mno
19	CM6h-321	86.50	no
39	CM6h-269	84.26	o

*DLS (0.05 de probabilidad) = 3.60 y DLS (0.01 de probabilidad) = 4.76

Anexo 11: Resultados de las evaluaciones de calidad de los 49 genotipos evaluados del experimento: Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma.

GENOTIPO	Nº Origen M7 LM 11B	Nº hilera	% germinación	% grano de primera	Contenido de proteína (%)	% de humedad	Peso Hectolítrico (kg/hl)	Peso de mil granos (g)	Grosor de cáscara	Color de cáscara	% Almidón
UNALM 96 M6h-26	26	6	95	99.47	13.73	12.70	60.27	64.60	2	2	59.57
UNALM 96 M6h-269	270	6	93	84.30	15.07	12.40	62.15	46.13	3	3	59.30
UNALM 96 M6h-270	271	6	97	98.50	16.73	12.53	61.38	51.40	2	2	58.70
UNALM 96 M6h-278	279	6	98	96.40	15.90	12.23	62.28	50.93	2	2	59.37
UNALM 96 M6h-281	282	6	99	98.80	16.17	12.50	62.17	55.47	2	2	59.03
UNALM 96 M6h-285	286	6	96	98.33	16.13	12.60	61.88	58.67	2	2	58.77
UNALM 96 M6h-286	287	6	96	98.37	15.97	12.63	61.30	56.40	2	2	58.93
UNALM 96 M6h-287	288	6	98	99.07	16.27	12.67	61.80	57.00	2	2	58.73
UNALM 96 M6h-291	292	6	99	99.10	16.17	12.53	61.95	56.47	2	2	58.83
UNALM 96 M6h-293	294	6	97	98.80	16.20	12.80	61.18	58.40	2	2	58.80
UNALM 96 M6h-295	296	6	89	90.80	14.80	12.63	53.82	41.60	3	3	59.33
UNALM 96 M6h-296	297	6	89	89.17	15.13	12.73	52.92	41.13	3	3	59.23
UNALM 96 M6h-298	299	6	97	90.60	14.93	12.73	54.58	43.20	3	3	59.10
UNALM 96 M6h-300	302	6	95	89.83	14.97	12.73	53.82	42.93	3	3	59.03
UNALM 96 M6h-301	303	6	89	90.23	14.77	12.63	54.30	41.97	3	3	59.17
UNALM 96 M6h-304	306	6	90	87.63	14.83	12.50	53.82	41.13	3	3	59.17
UNALM 96 M6h-313	315	6	89	86.80	14.57	12.57	53.60	39.20	3	3	59.17
UNALM 96 M6h-316	318	6	97	88.90	14.40	12.60	54.87	37.73	3	3	59.43
UNALM 96 M6h-319	321	6	93	88.77	14.57	12.63	52.70	42.47	3	3	59.43
UNALM 96 M6h-321	323	6	81	86.47	14.30	12.63	55.15	39.67	3	3	59.57
UNALM 96 M6h-325	327	6	94	87.57	14.53	12.33	53.95	40.93	3	3	59.20
UNALM 96 M6h-326	328	6	91	89.50	14.30	12.60	53.27	40.40	3	3	59.37

GENOTIPO	N° Origen M7 LM 11B	N° hilera	% germinación	% grano de primera	Contenido de proteína (%)	% de humedad	Peso Hectolítico (kg/hl)	Peso de mil granos (g)	Grosor de cáscara	Color de cáscara	% Almidón
UNALM 96 M6h-329	331	6	86	90.70	14.37	12.63	54.95	41.33	3	3	59.53
UNALM 96 M6h-330	332	6	93	92.33	14.53	12.53	53.88	41.53	3	3	59.13
UNALM 96 M6h-332	334	6	91	90.20	14.73	12.50	55.08	45.20	3	3	59.23
UNALM 96 M6h-333	335	6	85	90.07	14.87	12.53	54.05	40.60	3	3	59.00
UNALM 96 M6h-334	336	6	98	91.57	14.80	12.67	53.60	41.00	3	3	59.10
UNALM 96 M6h-335	337	6	95	91.20	14.43	12.53	53.33	39.60	3	3	59.10
UNALM 96 M6h-336	338	6	91	93.23	14.53	12.70	51.83	41.47	3	3	58.83
UNALM 96 M6h-348	350	6	93	90.73	14.60	12.47	52.50	39.67	3	3	59.07
UNALM 96 M6h-376	377	6	93	96.50	14.63	12.40	64.18	51.40	2	3	59.33
UNALM 96 M6h-465	466	6	95	97.47	14.40	12.50	63.35	52.27	2	2	59.83
UNALM 96 M6h-535	537	6	97	96.00	14.70	12.37	66.08	57.27	2	2	59.70
UNALM 96 M6h-536	538	6	99	97.17	14.60	12.57	64.75	58.20	2	2	59.50
UNALM 96 M6h-542	544	6	100	96.70	14.07	12.57	64.80	57.87	2	2	59.97
UNALM 96 M6h-543	545	6	98	97.83	13.47	12.33	66.37	59.33	2	2	60.50
UNALM 96 M6h-545	547	6	99	95.97	14.27	12.23	65.52	57.47	2	2	60.37
UNALM 96 M6h-546	548	6	99	97.43	14.17	12.50	66.15	58.60	2	2	60.33
UNALM 96 M6h-548	550	6	99	97.37	14.27	12.23	60.82	52.67	2	2	59.97
UNALM 96 M6h-551	553	6	97	95.07	14.57	12.83	63.85	54.60	2	2	60.03
UNALM 96 M6h-594	596	6	81	87.23	14.07	12.67	53.33	38.80	3	3	59.67
UNALM 96 M6h-596	598	6	91	90.17	14.40	12.73	52.98	42.40	3	3	59.37
UNALM 96 M6h-600	603	6	91	89.23	13.93	12.77	53.05	40.07	3	3	59.63
UNALM 96 M6h-601	604	6	91	87.03	13.97	12.43	55.15	41.53	3	3	59.60
UNALM 96 M6h-603	606	6	88	91.97	14.23	12.33	52.97	42.47	3	3	59.47
UNALM 96 M6h-604	607	6	89	92.93	14.10	12.50	57.32	47.27	3	3	59.77
UNALM 96 M6h-6169	619	6	95	88.10	15.80	12.77	59.65	48.60	3	3	59.10
UNALM 96 M6h-617	620	6	94	89.53	15.03	12.77	61.18	48.80	3	2	59.60

GENOTIPO	N° Origen M7 LM 11B	N° hilera	% germinación	% grano de primera	Contenido de proteína (%)	% de humedad	Peso Hectolítico (kg/hl)	Peso de mil granos (g)	Grosor de cáscara	Color de cáscara	% Almidón
UNALM 96	T	6	98	97.97	13.30	12.60	63.63	53.47	2	2	60.63

Anexo 12: Tipos de espigas de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas del experimento.



(I) Densidad Intermedia; Posición Inclinada; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy crespas = DI; EInc; EIn; ArMC; (II). Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista Larga; Arista Lisa = DI; EI; EIn; ArL; ArLi; (III) Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga Pequeña; Arista Corta; Arista Lisa = DI; EE; Epe; ArC; ArLi; (IV) Densidad Intermedia; Posición Intermedia; Espiga tamaño Intermedio; Arista muy Crespas = DI; EI; EIn; ArMC; (V) Densidad Intermedia; Posición Erecta; Espiga tamaño Intermedio; Arista acampanada caperuza sesil = DI; EE; EIn; ACS.