

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



“IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS MUTANTES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) CON VALOR AGRONÓMICO Y CALIDAD EN UNA POBLACIÓN M<sub>8</sub> DE LA VARIEDAD UNA - La Molina 96 DESARROLLADA CON RADIACIÓN GAMMA”.

Presentado por:

**GABRIELA INÉS ALDABA FLORES**

Tesis para optar el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Lima – Perú

2013

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS MUTANTES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.)  
CON VALOR AGRONÓMICO Y CALIDAD EN UNA POBLACIÓN M<sub>8</sub> DE LA  
VARIEDAD UNA - La Molina 96 DESARROLLADA CON IRRADIACIÓN  
GAMMA”.**

Tesis para optar el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**GABRIELA INÉS ALDABA FLORES**

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado

---

**Ing. Enrique Aguilar Castellanos**  
**PRESIDENTE**

---

**Dra. Luz Gómez Pando**  
**PATROCINADORA**

---

**Dr. Jorge Jiménez Dávalos**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Marlene Aguilar Hernández**  
**MIEMBRO**

Lima – Perú

2013

*A mis padres,  
por su apoyo incondicional.*

## **AGRADECIMIENTO**

Al ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA por el financiamiento de la presente investigación: Coordinated Research Project (CRP) 15240: “Improving Nutritional Quality by Altering Concentrations of Enhancing Factors Using Induced Mutation and Biotechnology in Crops”: Barley

A la Dra. Luz R. Gómez Pando por su apoyo incondicional y por su motivación constante durante la ejecución de la presente investigación.

Al jurado por su orientación durante y después de la ejecución de la investigación.

Al personal del Programa de Cereales y Granos Nativos por su apoyo durante la ejecución de la presente investigación.

Al profesor José Carlos Lorenzo por su orientación y apoyo en la revisión de la metodología.

A los amigos que nos rodean, que con sus consejos y apoyo siempre nos ayudan a ser mejores.

A las personas que muchas veces nos ayudan de forma desinteresada y por muy poco que para ellos parezca, son actos de valor incalculable.

# INDICE

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b>	
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	3
2.1 LA CEBADA	3
2.1.1 LA CEBADA Y SU IMPORTANCIA A NIVEL MUNDIAL	3
2.1.2 LA CEBADA EN EL PERÚ. IMPORTANCIA Y USOS	3
2.1.3 ORIGEN Y TAXONOMÍA	5
2.1.4 MORFOLOGÍA – BOTÁNICA	5
2.1.5 FENOLOGÍA	8
2.1.6 REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS	11
2.2 GENÉTICA Y MEJORAMIENTO DE LA CEBADA	12
2.2.1 DEFINICIÓN DE MUTACIÓN	12
2.2.2 TIPOS DE MUTACIÓN	12
2.2.3 AGENTES MUTAGÉNICOS	16
2.2.4 IMPORTANCIA DEL FITOMEJORAMIENTO DE LA CEBADA	19
2.2.5 IMPORTANCIA DE LA INDUCCIÓN DE MUTACIONES	21
2.2.6 LIMITACIONES DEL EMPLEO DE LA INDUCCIÓN DE MUTACIONES EN EL MEJORAMIENTO	22
2.2.7 ESTRUCTURAS PARA TRATAR CON AGENTES MUTAGÉNICOS	22
2.2.8 CARACTERES MUTADOS EN PLANTAS	22
2.2.9 APLICACIÓN DE LAS MUTACIONES EN PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO Y LOGROS RESALTANTES	23
2.3 CARACTERIZACIÓN	26
2.3.1 DEFINICIÓN	26
2.3.2 IMPORTANCIA	27

2.3.3	RELACIÓN CON EL FITOMEJORAMIENTO	28
2.3.4	DESCRIPTORES DE LA CEBADA	28
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>29</b>
3.1	MATERIAL GENÉTICO	29
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO EMPLEADOS	29
3.3	DESCRIPTORES DEL IBPGR PARA CEBADA	30
3.4	ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO	30
	3.4.1 CAMPO EXPERIMENTAL	30
	3.4.2 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	30
3.5	EVALUACIONES	33
	3.5.1. CARACTERES AGRONÓMICOS	33
	3.5.2. RESPUESTA A ENFERMEDADES	33
	3.5.3. CARACTERES DE CALIDAD	35
	3.5.4. DETERMINACIÓN DE MUTACIONES CLOROFÍLICAS	35
	3.5.5. DETERMINACIÓN DE MUTACIONES MORFOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS	36
3.6	DISEÑO EXPERIMENTAL	36
3.7	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	36
	3.7.1. ANÁLISIS MULTIVARIADO	36
	3.7.2. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)	37
	3.7.3. DISTANCIA EUCLIDIANA	37
	3.7.4. IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS SUPERIORES A TRAVÉS DEL CRITERIO DEL EXPERTO	38
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>39</b>
4.1	CARACTERES CUALITATIVOS	40
	4.1.1 MUTACIONES CLOROFÍLICAS	40
	4.1.2 MUTACIONES MORFOLÓGICAS	41
4.2	CARACTERES CUANTITATIVOS	58
	4.2.1 MUTACIONES DE CARACTERES AGRONÓMICOS	59
	4.2.2 MUTACIONES DE RESISTENCIA / TOLERANCIA A ENFERMEDADES	61
	4.2.3 MUTACIONES DE CARACTERES DE CALIDAD	62

4.3	DETERMINACIÓN DEL GRADO DE VARIABILIDAD Y CONTRIBUCIÓN DE LOS CARACTERES ESTUDIADOS AL GRADO DE VARIACIÓN	66
4.4	IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS MUTANTES VALIOSAS PARA EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO	80
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	106
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	108
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	109
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS</b>	115

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1:</b> Dosis de fertilizantes empleados en el experimento.	31
<b>Cuadro 2:</b> Valores constantes (coeficientes de infección) asignados a los diferentes tipos de respuesta del hospedero ante la infección de las royas de los cereales ( <i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>hordei</i> y <i>Puccinia hordei</i> ).	34
<b>Cuadro 3:</b> Valores de caracteres agronómicos y de calidad de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) objetivos del plan de mejoramiento para condiciones del Perú.	38
<b>Cuadro 4:</b> Espectro de frecuencia de mutaciones de clorofila observadas en líneas mutantes de cebada en generación $M_8$ desarrolladas a partir de la variedad UNA La Molina 96, empleando radiación gamma (250 Gy). La Molina 2011.	41
<b>Cuadro 5:</b> Espectro y frecuencia de mutaciones en caracteres morfológicos observados en líneas mutantes del Grupo de 6 hileras de cebada en generación $M_8$ desarrolladas a partir de la variedad UNA La Molina 96, empleando radiación gamma (250 Gy). La Molina 2011.	42
<b>Cuadro 6:</b> Espectro y frecuencia de mutaciones en caracteres morfológicos observados en líneas mutantes del Grupo de 2 hileras de cebada en generación $M_8$ desarrolladas a partir de la variedad UNA La Molina 96, empleando radiación gamma (250 Gy). La Molina 2011.	43
<b>Cuadro 7:</b> Clasificación del material evaluado en función al número de hileras y a la presencia de determinada mutación clorofílica.	58
Cuadro 8: Valores promedios de caracteres agronómicos de material parental variedad UNA La Molina 96.	59
Cuadro 9: Valores observados como respuesta a la presencia de enfermedades del material parental o testigo sin irradiar UNA La Molina 96.	61
<b>Cuadro 10:</b> Caracteres de calidad del testigo UNA La Molina 96.	63
<b>Cuadro 11:</b> Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el Grupo 1, sub grupo 1.1 – Albina.	67
<b>Cuadro 12:</b> Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los tres principales componentes empleados para discriminar el Plantel de Caracterización para el grupo CMC 6h – Albina.	67
<b>Cuadro 13:</b> Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el Grupo 1, sub grupo 1.2 – Chlorina.	69

	Pág.
<b>Cuadro 14:</b> Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los tres principales componentes empleados para discriminar el Plantel de Caracterización para el Grupo 1, sub grupo 1.3 – Chlorina.	69
<b>Cuadro 15:</b> Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el Grupo 1, sub grupo 1.3 - Lutescens.	70
<b>Cuadro 16:</b> Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los tres principales componentes empleados para discriminar el Plantel de Caracterización para el Grupo 1, sub grupo 1.3 - Lutescens.	70
<b>Cuadro 17:</b> Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el Grupo 1, sub grupo 1.4 – Striata.	72
<b>Cuadro 18:</b> Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los tres principales componentes empleados para discriminar el Plantel de Caracterización para el Grupo 1, sub grupo 1.4 – Striata.	72
<b>Cuadro 19:</b> Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el Grupo 1, sub grupo 1.5 – Tigrina.	74
<b>Cuadro 20:</b> Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los tres principales componentes empleados para discriminar el Plantel de Caracterización para el Grupo 1, sub grupo 1.5 – Tigrina.	74
<b>Cuadro 21:</b> Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el Grupo 1, sub grupo 1.6 – Xantha.	75
<b>Cuadro 22:</b> Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los tres principales componentes empleados para discriminar el Plantel de Caracterización para el Grupo 1, sub grupo 1.6 – Xantha.	75
<b>Cuadro 23:</b> Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el Grupo 6HIL 2.	77
<b>Cuadro 24:</b> Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los tres principales componentes empleados para discriminar el Plantel de Caracterización para el Grupo 6HIL 2.	77
<b>Cuadro 25:</b> Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el Grupo 3, Sub Grupo 3.1 – Tigrina.	78

<b>Cuadro 26:</b> Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los tres principales componentes empleados para discriminar el Plantel de Caracterización para el Grupo 3, Sub Grupo 3.1 – Tigrina.	78
<b>Cuadro 27:</b> Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el Grupo 2HIL 4.	79
<b>Cuadro 28:</b> Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los tres principales componentes empleados para discriminar el Plantel de Caracterización para el Grupo 2HIL 4.	79
<b>Cuadro 29:</b> Valores de caracteres agronómicos y de calidad de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) variedad comercial testigo UNA La Molina 96 observados en la presente investigación.	81
<b>Cuadro 30:</b> Distancia Euclidiana promedio de las 133 líneas mutantes superiores de cebada bajo el Criterio del experto, considerando varios caracteres simultáneamente en el estudio de 665 líneas M <sub>8</sub> desarrolladas mediante la aplicación de rayos gamma en la Variedad UNA La Molina 96.	83
<b>Cuadro 31:</b> Distancia Euclidiana promedio de las 133 líneas mutantes superiores de cebada bajo el Criterio del experto y descripción cualitativa, considerando varios caracteres simultáneamente en el estudio de 665 líneas M <sub>8</sub> desarrolladas mediante la aplicación de rayos gamma en la Variedad UNA La Molina 96.	89
<b>Cuadro 32:</b> Relación entre los caracteres evaluados y los grupos formados a partir de la presencia de mutaciones clorofílicas y número de hileras en las 132 líneas identificadas a través de la Distancia Euclidiana y el Criterio del experto.	105

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1:</b> Distribución de grupos conformados en función a las mutaciones cualitativas y cuantitativas obtenidas en la población M <sub>8</sub> desarrollada a partir de la Variedad UNA La Molina 96 con rayos gamma.	39
<b>Figura 2:</b> Variación en el color del tallo de líneas mutantes de cebada M <sub>8</sub> desarrolladas mediante irradiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.	45
<b>Figura 3:</b> Variación en el color de aurícula (hoja) de líneas mutantes de cebada M <sub>8</sub> desarrolladas mediante irradiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.	45
<b>Figura 4:</b> Variación en el número de filas/flores laterales de líneas mutantes de cebada M <sub>8</sub> desarrolladas mediante irradiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.	47
<b>Figura 5:</b> Variación en la forma de la espiga de líneas mutantes de cebada M <sub>8</sub> desarrolladas mediante irradiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.	47
<b>Figura 6:</b> Variación en el tipo de densidad de la espiga de líneas mutantes de cebada M <sub>8</sub> desarrolladas mediante irradiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.	49
<b>Figura 7:</b> Variación en el tipo de arista de líneas mutantes de cebada M <sub>8</sub> desarrolladas mediante irradiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.	49
<b>Figura 8:</b> Variación en el color de la arista de líneas mutantes de cebada M <sub>8</sub> desarrolladas mediante irradiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.	49
<b>Figura 9:</b> Variación en el tipo de barba de la arista de líneas mutantes de cebada M <sub>8</sub> desarrolladas mediante irradiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.	53
<b>Figura 10:</b> Variación en la longitud de gluma y arista de líneas mutantes de cebada M <sub>8</sub> desarrolladas mediante irradiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.	53

- Figura 11:** Variación en el color de gluma de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante irradiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96. 56
- Figura 12:** Variación en la cubierta del grano de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante irradiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96. 56
- Figura 13:** Variación en el tipo de lemma de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante irradiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96. 56
- Figura 14:** Variación en el color de la nervadura de la lemma de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante irradiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96. 57
- Figura 15:** Variación en la longitud de pubescencia de la raquilla en líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante irradiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96. 57

## INDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: Descriptores para cebada. IBPGR (1994).	115
ANEXO 2: Lista de mutaciones clorofílicas - Gustafsson (1940).	119
ANEXO 3: Variedades de cebada obtenidas por IAEA.	120
ANEXO 4: Diversos caracteres morfológicos en cebada M <sub>8</sub> desarrollados por irradiación de semillas de la variedad UNA La Molina 96.	132
ANEXO 5: Mutaciones clorofílicas en cebada M <sub>8</sub> obtenidas por irradiación de semillas de la variedad UNA La Molina 96.	139
ANEXO 6: Cebada M <sub>8</sub> con mutación clorofílica “Clorina”.	140
ANEXO 7: Cebada M <sub>8</sub> con mutación clorofílica “Striata”.	140
ANEXO 8: Esquema general de la Fitotecnia por mutaciones.	141
ANEXO 9: Estado de desarrollo de la cebada. Escala decimal de Zadoks (Z0.0 a Z9.9).	142
ANEXO 10: Actividades y evaluaciones realizadas durante el desarrollo del experimento.	143
ANEXO 11: Datos estadísticos de la cebada (Promedio del año 2010 y 2011).	144
ANEXO 12: Producción de cebada a nivel nacional. Campañas 2010 y 2011.	145
ANEXO 13: Superficie cosechada de cebada a nivel nacional. Campaña 2010 y 2011.	145
ANEXO 14: Estadística Nacional de la pobreza en el Perú a nivel de departamentos (2010) y distritos (2007).	146
ANEXO 15: Producción de cebada a nivel nacional.	147
ANEXO 16: Valor nutricional de los principales cereales destinados a la alimentación humana.	148
ANEXO 17: Escala modificada de Cobb de Severidad para evaluar roya de la hoja.	149
ANEXO 18: Escala para evaluar el porcentaje de <i>Helminthosporium</i> sp. en el área foliar.	149
ANEXO 19: Escala de evaluación de intensidad de ataque de enfermedades foliares en los cereales.	150
ANEXO 20: Resultados obtenidos en la Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología de muestras foliares.	151
ANEXO 21: Variedades de cebada generadas a través de la irradiación de semillas con rayos gamma - Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA).	152
ANEXO 22: Variedades de cebada generadas a través del uso de por lo menos una variedad mutante como progenitor, obtenida irradiando semillas con rayos gamma.	153

## RESUMEN

La cebada es un cultivo muy importante en la zona andina del Perú, debido a que después de la papa es la segunda fuente alimenticia y económica de los pobladores. Se desarrolla mayormente en zonas marginales y altitudes donde otros cultivos no pueden prosperar. Por ello es importante desarrollar variedades altamente productivas, tolerantes a factores adversos, tanto bióticos como abióticos, y con buena calidad alimenticia.

En base a lo anteriormente señalado, se realizó la presente investigación con los siguientes objetivos: caracterizar la diversidad fenotípica presente en 665 líneas mutantes de cebada en la generación M<sub>8</sub>, desarrolladas por radiación gamma en la variedad UNA La Molina 96 e identificar genotipos valiosos, iguales o superiores al material original sin irradiar dentro de la población de líneas mutantes.

Los trabajos experimentales se llevaron a cabo en los campos del Programa de Cereales y Granos Nativos desde mediados de junio a diciembre del año 2011. Se sembraron 665 líneas en un plantel de observación, aplicando las prácticas culturales de un campo comercial. Para la caracterización se emplearon los descriptores elaborados por el IPGRI (1994) específicos para el cultivo de cebada, los cuales permitieron evaluar los distintos caracteres cualitativos, cuantitativos, agronómicos y de calidad.

Las evaluaciones permitieron identificar líneas con mutaciones de clorofila de los tipos Striata, Albina, Xantha entre otros. Además se observaron mutaciones en el número de hileras, brácteas florales y demás. Para los caracteres cuantitativos se encontraron líneas muy diferentes al testigo, al igual que para los caracteres agronómicos evaluados, tales como: ciclo de vida, altura de planta y rendimiento. En forma similar para los caracteres de calidad como: contenido de proteína del grano. Por superar al testigo (material parental) o variedad comercial UNA La Molina 96 en más de 7 caracteres de los 10 evaluados, se seleccionaron las líneas mutantes CMC 6h-564 y CMC 6h-655; como líneas promisorias para estudios posteriores.

Palabras clave: Cebada, rayos gamma, descriptor, variabilidad, mutación clorofílica, carácter cuantitativo, carácter cualitativo, carácter agronómico, carácter de calidad.

## I. INTRODUCCIÓN

La cebada es un cultivo que presenta múltiples usos. Se emplea como alimento, especialmente por los pobladores de la región de la sierra sur y norte del Perú quienes la consume bajo la forma de grano pelado, tostado, perlado, hojuelas y harinas. Además, se emplea en el área ganadera cosechándose para grano, forraje henificado o se usa para pastoreo. Cabe resaltar que la producción nacional de cebada no se emplea en la industria maltera por no contar con la calidad que ésta requiere y es así que se debe importar el volumen requerido para la elaboración de malta y cerveza.

En las zonas más alejadas de nuestra sierra, afectadas por la erosión y por una topografía accidentada, se ve cómo familias de escasos recursos logran subsistir con una agricultura de autoconsumo, sin cubrir sus necesidades básicas, y en el peor de los casos, los niños y las madres gestantes se encuentran desnutridos. Por ello es fundamental incrementar la producción de cultivos capaces de prosperar en estas condiciones; siendo la cebada uno de ellos. Según INASSA (Ramírez, “AGRONOTICIAS”, 1996), la cebada aporta 82.36 g de carbohidratos, 2.09 UI de vitamina A, 0.78 mg de vitamina B1, 0.14 mg de vitamina B2, 1.03 mg de niacina, 1.14 g de fibra, entre otros. A través del Programa Juntos (PROGRAMA NACIONAL DE APOYO DIRECTO A LOS MÁS POBRES, 2011), en articulación con la ONG Caritas y un grupo de 43 lideresas del programa, se inició la experiencia piloto de preparar un concentrado de varios cereales al que llamaron “Ally Punky”, por su alto valor nutritivo; en el cual se incluye la cebada. El empleo de este producto permitió incrementar el peso de los niños en más de medio kilo, lográndose disminuir la desnutrición y favorecer el desarrollo de los niños menores de tres años.

En el Perú, la cebada se siembra sobre los 3000 m de altitud, con un rendimiento promedio nacional sobre los 1400 kg/ha. Este rendimiento debe aumentarse y se puede lograr a través de diversas formas, destacando entre ellas el desarrollo de variedades mejoradas. El mejoramiento genético de la cebada en el Perú, se inicia en la década de 1960 con una colección de variedades sembradas por los agricultores en la región andina de Perú, Ecuador y Bolivia. La cebada fue introducida al Perú en el siglo XVI, adaptándose a las condiciones del medio ambiente peruano tan variable y adverso, a la tecnología de producción característica de los andes y a los suelos marginales. La cebada fue y es destinada a ser alimento empleándose en un contexto cultural propio de la población

indígena, la cual consume la cebada con papa, maíz y granos nativos tales como la quinua y la kiwicha (Romero y Gómez, 2004).

El mejoramiento del cultivo de la cebada tiene como principales objetivos: incrementar el rendimiento, precocidad, resistencia al acame, resistencia a enfermedades y mejora de la calidad de la cebada (Poehlman, 1969). Existen diversos métodos convencionales como la selección, hibridación e inducción de mutaciones, los cuales se aplican directamente o con técnicas de la biotecnología moderna. El Organismo Internacional de Energía Atómica impulsa el desarrollo de variedades de cebada obtenidas a través del método de inducción de mutaciones en diferentes partes del mundo, tales como el empleo de rayos gamma. Uno de los pasos importantes en este método de mejoramiento genético de plantas es la selección de una variedad comercial o líneas promisorias con uno o dos defectos fácilmente visibles y evaluables. Cabe resaltar que hasta la actualidad, se han liberado 309 variedades obtenidas directamente después del proceso de inducción de mutaciones o mediante el uso de un mutante como uno de los materiales parentales en hibridación (OIEA, 2013).

En la presente investigación, se trabajó con líneas mutantes en la generación  $M_8$  desarrolladas a partir de semillas irradiadas con rayos gamma de la variedad UNA La Molina 96, habiendo sido seleccionadas en generaciones anteriores por haber manifestado caracteres diferentes (y superiores) al material parental y haberlas transferido a las progenies correspondientes, generación tras generación. Es así que se plantearon los siguientes objetivos:

- Caracterizar la diversidad fenotípica presente en 665 líneas mutantes de cebada en la generación  $M_8$ , desarrolladas por aplicación de rayos gamma a semillas de la variedad UNA La Molina 96.
- Identificar genotipos valiosos, iguales o superiores al material original sin irradiar, dentro de la población de líneas mutantes.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA.**

### **2.1 LA CEBADA**

#### **2.1.1 LA CEBADA Y SU IMPORTANCIA A NIVEL MUNDIAL**

La cebada es el cuarto cereal más importante a nivel mundial y a su vez uno de los cereales cultivados más antiguos. La cebada cobra gran importancia por su amplia adaptación ecológica, siendo un cereal que se cultiva en las cinco partes del mundo. Actualmente los diez principales países productores de cebada son: Rusia, Ucrania, Francia, Alemania, España, Australia, Canadá, Turquía, Reino Unido y Argentina (FAOSTAT, 2013).

Además en el año 2012, la cebada tuvo una producción mundial de 132.35 millones de toneladas, un rendimiento de 2684 Kg/ha y un área cosechada de 49310546 hectáreas FAOSTAT (2013).

Su empleo es como insumo para la elaboración de malta y cerveza, alimento humano y alimento animal.

#### **2.1.2 LA CEBADA EN EL PERÚ: IMPORTANCIA Y USOS**

El cultivo de la cebada en el Perú se inicia en el Siglo XVI, con la llegada de los españoles a nuestro país. Probablemente su cultivo se inició en la costa alcanzando paulatinamente su hábitat natural en los Andes, adaptándose a la gran diversidad de suelos, microclimas, métodos de explotación de la tierra y usos alimenticios característicos de la zona altoandina, mezclándose sus semillas con la de los granos andinos tales como la quinua, cañihua, tarwi, maíz, etc.

A nivel nacional, el MINAG (2011) reporta la siguiente información del cultivo de cebada a nivel nacional: siembra de 148'062 has con un rendimiento promedio de 1'359 kg/ha y una producción de 201'218 tn (ANEXO 12, ANEXO 13). Además, que los departamentos con mayor producción de cebada a Nivel Nacional para las Campañas del 2010 y 2011 (ANEXO 11) en promedio son: La Libertad (53934.5 tn), Puno (28929 tn),

Junín (26218 tn), Huancavelica (23958.5 tn) y Cuzco (22939 tn) siendo Puno y Huancavelica dos de los cinco departamentos con mayores índices de pobreza a nivel de Distritos en el Perú (INEI, 2011; ANEXO 14) en donde la cebada tiene un bajo precio en chacra que no favorece en la mejora de la calidad de vida de los agricultores y a su vez, este cereal es uno de los principales alimentos de los pobladores de estos departamentos donde la geografía y el clima no les permite tener una amplia gama de alternativas para sembrar (ANEXO 15).

Cárdenas (2012), menciona que en el Perú la cebada tiene una apreciable aceptación, sobre todo en la región altoandina por ser un cultivo rústico, de ciclo vegetativo corto, con gran capacidad de adaptación, de buen rendimiento en condiciones agrestes y por requerir un nivel tecnológico bajo. Tanto la producción como el rendimiento por hectárea de cebada en el Perú se han ido incrementando en los últimos años.

Además, este cultivo presenta una importancia estratégica en el desarrollo de la agricultura en los Andes, gracias a su notable rusticidad y resistencia a plagas y enfermedades al igual que a factores climáticos adversos (sequías, heladas, granizadas, etc), así como a su rol en la alimentación y bajo costo (Ramírez, 1996).

Gómez en el 2004 señala que la realidad del agricultor altoandino es que posee tierras de baja productividad, de reducida extensión, con escasa interconexión vial y difícil acceso a los mercados. Generalmente la producción es para el autoconsumo y cuando se tienen excedentes de producción acuden a los mercados locales. Canahua y Zea (1981) (Citado por Gómez, 2004) afirman que este cereal juega un rol muy importante en el medio rural, especialmente en el almuerzo de niños en edad escolar bajo la forma de “tostado”. Stickney, 1982 (Citado por Gómez, 2004) señala que la cebada contribuye con el 20% del total de calorías en Puno, siendo el segundo cultivo después de la papa cuyo aporte es de 21% de calorías. La colaboración entre investigadores y la empresa con responsabilidad social, productores y proveedores de servicios (organismos que proveen servicios de extensión, desarrollo comunitario, sistemas de semillas, etc.), ha permitido en el Perú un mejor desarrollo de la cebada en diferentes aspectos (ANEXO 16).

### 2.1.3 ORIGEN Y TAXONOMÍA

Vavilov ha descrito dos centros de origen para la cebada. De un centro, Etiopía y África del Norte, proceden muchas de las variedades cubiertas con aristas largas, mientras que del otro centro, China, Japón y el Tibet, proceden las variedades desnudas, aristas cortas o místicas, así como también los tipos con granos cubiertos por caperuzas. La cebada se ha cultivado desde los primeros tiempos de la humanidad y su cultivo puede haber precedido al de otros cereales (Poehlman, 1969).

La cebada presenta la siguiente clasificación taxonómica según Angiosperm Phylogeny Group (APG III, 2009):

Reino: Plantae.

División: Magnoliophyta.

Clase: Liliopsida.

Orden: Poales.

Familia: Poaceae.

Género: *Hordeum*.

Especie: *Hordeum vulgare* L.

Nombres comunes: barley (Inglés), cebada (Español), cevada (Portugués), damai (Chino), gerste (Alemania), orge (Francia).

### 2.1.4 MORFOLOGÍA – BOTÁNICA

Molina (1989) describe la planta de la siguiente forma:

#### a) **Sistema radicular:**

Consta de las siguientes partes:

- Nudo de ahijamiento o macollamiento: es el origen del tallo principal, de los tallos secundarios, hijuelos o macollos y de las raíces adventicias.
- Raíces seminales o primarias: sirven a la joven planta para anclarse al suelo y extraer de éste agua y nutrientes durante las primeras semanas de su vida. En la planta

adulta, las raíces primarias o seminales se marchitan o desaparecen, y las raíces adventicias o principales crecen en número y longitud de forma no determinable.

- Mesocotilo: su misión es transportar agua y nutrientes a la planta durante su desarrollo temprano. Su longitud dependerá de la profundidad de siembra.
- Raíces adventicias o principales: realizan la función de transporte de agua y nutrientes a la planta durante toda su vida a partir de las primeras semanas y a su vez la labor de anclaje. Son de tipo fasciculado (ramificadas) y pueden alcanzar profundidades mayores a 1 metro (dependiendo de la situación hídrica del suelo, textura y estructura, temperatura exterior e interior y la constitución genética de la variedad).

**b) El tallo y las hojas:**

Del nudo de ahijamiento o macollamiento salen el tallo principal y un número indeterminado de tallos secundarios, hijuelos o macollos. El número dependerá de la variedad y las condiciones agrometeorológicas durante la fase de ahijamiento o macollamiento.

El tallo de la cebada es lo que en botánica se denomina “caña”. Está formado por una serie de nudos o abultamientos de donde salen las hojas, que son opuestas, y presenta una serie de segmentos huecos llamados “entrenudos”, cuyo número depende de factores genéticos y agrometeorológicos.

El tallo principal procede directamente de la plúmula o tallito seminal, mientras que los tallos secundarios se derivan de yemas axilares del mismo, producidas a nivel del nudo de ahijamiento o macollamiento. Además es posible distinguir el tallo principal de los hijuelos en la fase de floración, por su mayor precocidad y altura.

En esta especie, las hojas aparte de tener la función de fotosíntesis, tienen las funciones de proteger la joven espiga en las fases iniciales de desarrollo.

La hoja de la cebada tiene dos partes claramente diferenciadas: la vaina que se inserta en el nudo y envuelve al entrenudo situado sobre él, y el limbo o lámina que es divergente del tallo. En el punto de unión entre el limbo y la vaina se encuentran dos estructuras muy características: la lígula que es una fina membrana blanquecina de borde

irregular que se halla en contacto íntimo con el tallo, y las aurículas que son dos prominencias en forma de hoz que lo envuelven cruzándose en la parte opuesta.

c) **La espiga:**

El raquis está compuesto por una serie de entrenudos, cada uno porta una triada de espiguillas unifloras. Cada flor consta de dos pequeñas glumas en la parte exterior, de forma alargada y estrecha que terminan en una arista; dos glumillas, la exterior o lemma y la interior o pálea, que posteriormente constituirán las cubiertas o “cascarilla” del grano de cebada. La lemma se prolonga en un largo apéndice, dentado en general, que es llamado “arista”. La pálea posee un surco situado longitudinalmente, en cuya parte inferior se inserta un filamento velludo llamado “raquilla”. La lemma está recorrida longitudinalmente por cinco nervios que pueden estar pigmentados y poseer espinas.

En el receptáculo formado por las glumillas se encuentran los órganos florales: tres estambres, un ovario con dos estigmas plumosos y dos pequeños órganos llamados “lodículas” con funciones relacionadas con la apertura de la flor en el momento de la antesis.

Respecto a la fertilidad de las espiguillas laterales de la cebada, podemos distinguir los siguientes grupos de variedades:

- Tríada formada por tres flores hermafroditas completamente fértiles: variedades hexásticas o de seis carreras o hileras y se puede separar en dos grupos (a) grupo típico con seis carreras o hileras, los granos laterales son sólo ligeramente más pequeños que los del centro y (b) grupo intermedio, los granos laterales son marcadamente más pequeños que los del centro (Poehlman, 1969).
- Tríada formada por una flor central hermafrodita y completamente fértil, y dos laterales de tamaño menor con estambres que pueden ser fértiles y con un ovario rudimentario: variedades dísticas o de dos carreras. Puede clasificarse en: espiguillas laterales engrosadas y de ápice puntiagudo, incluso aristado, algunas veces fértiles (Tipo *Intermedium*) o en espiguillas laterales ausentes (Tipo *Deficiens*).

La espiga tiene una función importante relacionada a su capacidad fotosintética, contribuye de forma significativa en la acumulación de asimilados (fotosintatos) en los granos, es decir, al llenado de los mismos. Como consecuencia de ello las variedades sin aristas y de tipo *Deficiens* no alcanzan producciones de grano elevadas.

Poehlman (1969) menciona que la cebada se autopoliniza normalmente. El pistilo tiene un estigma con dos ramificaciones plumosas. En los filamentos largos y finos se forman tres anteras. En los tipos de seis carreras cada espiguilla lleva una flor. En los tipos de dos carreras solamente se desarrolla una flor en la espiguilla central, y las espiguillas laterales son estériles o vestigiales. Las glumas tienen aproximadamente la mitad del tamaño de la lemma en la mayor parte de las variedades y terminan en una delgada barba.

**d) La semilla:**

El grano de cebada es un fruto seco indehisciente denominado “cariópside”. Una vez seco este grano, las paredes exteriores remanentes del ovario se unen íntimamente o se pegan con las glumillas, tenemos así un grano de cebada “normal”, “cubierto” o “vestido”. Cuando las glumillas no se pegan a la pared del ovario, para cuando el grano esté maduro, podrán desprenderse fácilmente durante la trilla por lo que se llama “grano desnudo”.

Estructuralmente se pueden distinguir en el grano las siguientes partes: las cubiertas (constituidas por lemma y pálea), el endospermo o tejido de reserva y el embrión que se encuentra situado en la parte dorsal del grano.

### **2.1.5 FENOLOGÍA**

Molina (1989) investigó la fenología de la cebada basándose en la Escala de Zadoks (1974) que se encuentra en el ANEXO 9.

**a) Germinación:**

Desde el punto de vista morfológico, la germinación comienza cuando la humedad de la semilla aumenta de 10-11 por ciento hasta 40 por ciento cuando el embrión se vuelve turgente. El crecimiento del embrión comienza a expensas de sus propias reservas

(endospermo). El primer órgano que emerge fuera del grano es la primera raicilla seminal, que aparece por la parte basal del mismo.

Desde el punto de vista bioquímico se puede decir que la degradación del endospermo comienza en la zona contigua al escutelo y procede hacia el ápice del grano. Las enzimas citolíticas que se producen en la zona escutelar son las que inician la degradación de las paredes celulares del endospermo.

**b) Crecimiento de la plántula y ahijamiento:**

A nivel del suelo se forma un engrosamiento del falso tallo llamado “nudo de ahijamiento”. A partir de este, comenzarán a surgir las raíces adventicias que constituirán el verdadero sistema radicular de la planta.

Para cuando el tallo principal posea tres o cuatro hojas desplegadas, comenzarán a desarrollarse secuencialmente los hijuelos o tallos secundarios a partir de yemas adventicias situadas en el nudo de ahijamiento.

El primordio de la espiga se encuentra ya diferenciado al momento de la aparición de la segunda hoja.

Aproximadamente, al mismo tiempo en el que tiene lugar la formación y crecimiento de los hijuelos, comienza a desarrollarse la espiga del tallo principal, apreciándose en ella, de manera sucesiva, los esbozos de las glumas, lemmas, estambres y aristas. El desarrollo de la planta en esta etapa es de suma importancia ya que en ella se determina el tamaño potencial de dos componentes principales de la cosecha: el número de espigas y el de granos por espiga.

**c) Elongación de los tallos y espiga dentro de la hoja bandera:**

Etapa en la que empiezan a crecer los entrenudos haciéndose visible el primer nudo y seguidamente los siguientes. El comienzo de la elongación de los tallos secundarios es algo posterior al del tallo principal, y algunos de ellos no culminarán la tarea de producir una espiga viable.

La aparición del extremo de la última hoja, o banderola, anuncia la próxima llegada de la llamada fase reproductiva. Una vez que el limbo de esta última hoja se ha extendido completamente comienza a detectarse una incipiente hinchazón en su vaina, llamada zurrón, buche o bota, debido al paulatino engrosamiento de la espiga. El comienzo de la fase de espigado, o emergencia de la espiga, suele darse cuando comienzan a emerger las aristas de la vaina de la hoja bandera.

Los estambres y el ovario se diferencian desde la fase donde es detectable el primer nudo. La formación de los granos de polen tiene lugar a comienzos de la hinchazón del zurrón y primeras espiguillas visibles al exterior.

**d) Emergencia de la espiga y antesis:**

El momento de la emergencia de la espiga se da cuando la espiguilla apical de la misma ha emergido completamente de la vaina de la hoja bandera y cuando se da en el 50 por ciento de la población.

La floración empieza en las florecillas del centro de la espiga y continúa tanto hacia arriba como hacia abajo de la espiga. A medida que se aproxima la antesis, los lodículos de la base del ovario se hinchan, la flor se abre y los filamentos se alargan. Las anteras se abren a medida que emergen de la flor, desparramando su polen sobre el estigma. Puede presentarse algo de fertilización cruzada si la flor se abre antes de que las anteras esparzan el polen. Durante los períodos en que las temperaturas medias son altas, las anteras suelen abrirse antes de la completa aparición de la espiga fuera de la hoja bandera. Bajo estas condiciones se presenta muy rara vez la polinización cruzada. Si las polinizaciones cruzadas artificiales se efectúan durante períodos en que las temperaturas medias son altas, la emasculación de las anteras debe llevarse a cabo al principio del desarrollo de la espiga por que el polen madura muy pronto. Se debe tener mucho cuidado para evitar mutilar la flor ya que en este estado de desarrollo es muy delicada (Poehlman, 1969).

**e) Desarrollo del grano y maduración:**

Esta fase se caracteriza por la elongación mayor o menor del cuello de la espiga y por su curvatura, siendo la única parte de la espiga que continúa creciendo después de la emergencia de ésta.

En cuanto al llenado del grano, después de la fecundación el ovario va incrementando su tamaño y rellena progresivamente la cavidad que forman las glumillas. Cuando el grano alcanza su máxima longitud, el grano en formación comienza a engrosar como consecuencia de la continua aportación de fotosintatos, procedentes de las partes verdes que aún son fotosintéticamente activas.

Una vez lleno el grano, su textura es aún blanda, casi acuosa, por ello lleva el nombre de “grano lechoso”. Comienza entonces a incrementarse simultáneamente el grosor y la densidad del grano que es la fase de “grano pastoso” hasta llegar a un máximo a partir del cual no habrá más acumulación de materia seca y habrá alcanzado la madurez fisiológica. A partir de este momento perderá humedad por lo que reducirá su peso total hasta llegar a un contenido de agua de 10 – 12 por ciento siendo el momento oportuno para ser cosechado.

### **2.1.6 REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS**

Es un cultivo poco exigente respecto al clima, por lo cual está ampliamente extendido, aunque le son favorables los climas frescos y moderadamente secos. La cebada requiere menos unidades de calor para alcanzar la madurez fisiológica, por ello alcanza altas latitudes y altitudes. En Europa llega a 70° de latitud Norte, no sobrepasando en Rusia los 66° y en América los 64°. En cuanto a la altitud, crece desde el nivel del mar hasta alcanzar los 4 000 msnm en Perú, siendo entre los diversos cereales, el que se adapta mejor a las mayores altitudes, preferiblemente con cultivares precoces (Jacobsen y Adams, 1958; Gómez, 2007).

## 2.2 GENÉTICA Y MEJORAMIENTO DE LA CEBADA

### 2.2.1 DEFINICIÓN DE MUTACIÓN

Para Bertram (2000); Burrus & Waldor (2004); Aminetzach; *et al.*, (2005); la mutación es un cambio en la secuencia de ADN de un genoma y en su mayoría causada por la radiación, los transposones, los virus y los productos químicos mutagénicos, así como también los errores que ocurren durante la replicación del ADN o la meiosis.

Para Poehlman y Allen (2005), la mutación es un cambio repentino en el material hereditario de una célula.

Brunner (1995) afirma que la inducción de mutaciones se ha convertido en un método de generación de variabilidad dentro de un cultivo. Además, ofrece la posibilidad de inducir atributos deseados que bien no se han podido expresar en la naturaleza o se han perdido durante la evolución.

### 2.2.2 TIPOS DE MUTACIÓN

Según Pierce (2002) y Rodden (2005), existen tres tipos de mutaciones en la naturaleza:

#### 1) Según las células afectadas:

En los organismos multicelulares, podemos distinguir dos grandes categorías de mutaciones: las mutaciones somáticas y mutaciones de línea germinal.

- **Somáticas:** Surgen en los tejidos somáticos por lo que se transmitirán a otras células a través del proceso de mitosis y se obtendrán células genéticamente idénticas (clones). Muchas mutaciones somáticas no tienen ningún efecto evidente en el fenotipo del organismo, ya que la función de la célula mutante (incluso de la propia célula) se sustituye por la de las células normales. Se caracterizan por no ser heredables.

- **Germinal:** Surgen en las células sexuales (células encargadas de producir gametos). Este tipo de mutaciones se pueden heredar a futuras generaciones. A diferencia de las mutaciones somáticas, las mutaciones de células germinales a menudo no afectan a los progenitores. Por el contrario, afectan a la descendencia de la planta y los cambios o mutaciones son heredables a partir de entonces.

2) **Según la cantidad del material genético afectado:**

a) **Cromosómicas:**

- **Delección cromosómica:** Es la pérdida de una gran parte del cromosoma, normalmente se da de dos formas:
  - El cromosoma se rompe durante la interfase del ciclo celular y la pieza rota se pierde cuando la célula se divide.
  - Cuando parte de los cromosomas se han perdido debido a la desigualdad de los pasos durante la meiosis.
- **Duplicación cromosómica:** Es una mutación en la que parte del cromosoma se ha duplicado o copiado más de una vez. Este tipo de duplicación se da en la región inmediatamente adyacente al segmento original, se llamará “duplicación en tándem”. Si el segmento duplicado se encuentra a cierta distancia del segmento original, ya sea en el mismo cromosoma o en otro, se llamará “duplicación de desplazados”. Cuando la duplicación se invierte, se le llama “duplicación inversa”.
- **Inversión cromosómica:** Se da cuando un segmento de un cromosoma se invierte 180°, en consecuencia, el orden de los genes cambia. Para que tenga lugar una inversión, el cromosoma debe romperse en dos lugares.

Los individuos heterocigotos también exhiben recombinación entre los genes por efecto de la inversión.

- **Traslocación cromosómica:** Implica el movimiento de material genético entre cromosomas no homólogos o dentro del mismo cromosoma. Puede ser de dos tipos:

- **Traslocación recíproca:** Intercambio equitativo en el que cada cromosoma termina con una parte del otro. Esta forma es la más común.
- **Desplazamiento no recíproco:** Intercambio desigual en el que uno de los cromosomas gana una sección, pero el otro cromosoma no, lo que resulta en una eliminación.

Se afirma que las translocaciones pueden desempeñar un papel importante en la evolución de los cariotipos.

**b) Génicas:**

Se da cuando ocurre la sustitución de bases. Por lo general, sólo una base está involucrada, aunque a veces, tanto la base y su complemento cambian. Este tipo de mutación se divide a su vez en dos categorías:

- **Transición:** Cuando una base de purina es sustituida por otra purina o cuando una pirimidina es sustituida por otra pirimidina.
- **Transversión:** Cuando una purina sustituye una pirimidina o viceversa.

**c) Genómicas:** De acuerdo al número de cromosomas, se pueden dar dos casos:

- **Euploidia:** Cada especie tiene un número típico de cromosomas en función de su cariotipo.

Por su origen los euploides pueden presentar:

- **Autopoliploidia:** Es el resultado de errores que se producen en la meiosis o la mitosis que da origen a juegos adicionales de cromosomas, todos procedentes de la misma especie. La no disyunción temprana de todos los cromosomas durante la mitosis en el embrión  $2n$ , por ejemplo, duplicaría el número de cromosomas y produciría un autotetraploide ( $4n$ ).
- **Alopoliploidia:** Se origina por la hibridación entre dos especies; el poliploide resultante porta conjuntos de cromosomas derivados de dos o más especies.

- **Aneuploidía:** Son los cambios en el número de cromosomas del individuo.
- **Nulisómica:** Es la pérdida de dos miembros de un par homólogo de cromosomas. Se representa como  $2n-2$ , donde “n” se refiere al número haploide de cromosomas.
- **Monosómica:** Es la pérdida de un cromosoma individual, representado como  $2n-1$ .
- **Trisómico:** Es la ganancia de un cromosoma individual, representado como  $2n+1$ .
- **Tetrasomía:** Es la ganancia de los dos cromosomas homólogos, representado como  $2n+2$ . Más de una mutación aneuploide puede ocurrir en el mismo individuo.

### 3) **Según su origen:**

#### a) **Mutaciones naturales o espontáneas:**

Se caracteriza porque ocurre sin ningún tipo de causa externa. Es un hecho natural, normal. Debido a que la mayor parte de la cadena de ADN no codifica información relevante, la mutación espontánea es relativamente desapercibida. Pero cuando se produce una mutación en un gen, la función del gen puede ser modificada o alterada. Esos cambios pueden resultar en efectos secundarios no deseados.

La mayoría de las mutaciones espontáneas se producen como consecuencia de errores cometidos durante la replicación. Hay tres fuentes principales de error durante la replicación:

- Bases no concordantes que se pasan por alto durante las pruebas de corrección.
- Cadenas erradas que conducen a deleciones o inserciones.
- Cambios químicos espontáneos o naturales que causan errores en la interpretación de las bases durante la replicación, lo que resulta en sustituciones o eliminaciones.

#### b) **Mutaciones inducidas provocadas por agentes mutagénicos:**

Las mutaciones inducidas por la exposición a algún agente exterior son producidas por productos químicos o por radiación. Además de los productos químicos que causan mutaciones, son también mutagénicos las fuentes de la radiación, los rayos X y la luz solar. Un mutágeno es cualquier factor que provoca un aumento en la tasa de mutación.

Micke y Donini (1993), afirman que la inducción de mutaciones requiere del uso de buenas variedades comerciales o material de mejoramiento promisorio que tenga uno o dos defectos.

Para Poehlman (1969), existen dos tipos de mutaciones, dominantes o recesivas, pero estas últimas son las más comunes. Las mutaciones dominantes de los genes generalmente producen un efecto inmediato en un individuo. El efecto de una mutación recesiva de los genes generalmente no se manifiesta hasta que dos genes recesivos se unen en un individuo como resultado de segregaciones. Los grados de mutación de los genes individuales son variables, y un determinado gen puede tender a mutar más frecuentemente en una dirección que en otra. Como resultado de esto, ciertos tipos mutantes dentro de una población de plantas se pueden encontrar con mayor frecuencia que otros. Otras mutaciones producen efectos tan ligeros, que las plantas mutantes pasan inadvertidas. Por ejemplo, una mutación en uno o varios genes para un carácter de naturaleza cuantitativa, como el rendimiento o el tamaño de planta, podría producir un efecto tan pequeño sobre la planta mutante, que dichos efectos no serían visibles y serían muy difíciles de determinar. Sin embargo, el efecto acumulativo de un gran número de dichas mutaciones, aún cuando los efectos sean muy pequeños para cada gen mutante, podría cambiar el comportamiento de adaptación de una variedad.

### 2.2.3 AGENTES MUTAGÉNICOS

Según Pierce (2002) y Rodden (2005), los agentes mutagénicos se pueden clasificar de la siguiente forma:

1) **Mutágenos químicos:** Son productos químicos que causan cambios permanentes en la cadena del ADN. Existen muchos tipos de mutágenos químicos tales como:

- **Análogos de base:** Son productos químicos con estructuras similares a las de cualquiera de las cuatro bases del ADN estándar. Una base analógica “5-bromouracilo” es casi idéntica a la base timina por lo que se empareja con la adenina. Por lo tanto, ambos de 5 y 2 bromouracilo aminopurina puede producir mutaciones de transición.

- **Agentes alquilantes:** Son sustancias químicas que donan grupos alquilo. Estos agentes incluyen los grupos metilo ( $\text{CH}_3$ ) y etilo ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2$ ), que se añadirán a las bases de los nucleótidos a través de algunos productos químicos. El uso de la *azida sódica* es un agente químico que de por sí no es mutagénico sino que necesita de la vía de la síntesis de L-cisteína para transformarse en el metabolito mutagénico “azido-alanina”; su uso ha tenido efecto en algunas plantas cultivadas, como la cebada, arveja, trigo y arroz. En la cebada, la azida sódica induce esencialmente sustituciones de bases, en su mayor parte transiciones. El *Etilmetano sulfonato* (EMS) es otro agente mutagénico que añade un grupo etilo a la guanina y produce 6-etilguanina, que se empareja con la timina. El *gas mostaza* es otro agente alquilante que altera los pares de bases con un complemento errado, causando así la mutación. El *ácido nitroso* produce exclusivamente mutaciones de transición. La *hidroxilamina* es un modificador de bases muy específico.

- **Formas muy reactivas de oxígeno:** Algunas formas de oxígeno, llamadas “radicales libres”, son extraordinariamente reactivos, es decir, reaccionan fácilmente con otros productos químicos. Estos átomos de oxígeno pueden dañar el ADN directamente (al provocar roturas de la cadena) o puede convertirlo en nuevas bases no deseadas. Los radicales libres de oxígeno se producen normalmente en el cuerpo como un producto del metabolismo, pero la mayoría de las veces, no causa ningún problema. Ciertas exposiciones como al humo, alta radiación, la contaminación y los herbicidas, aumentan el número de radicales libres hasta niveles peligrosos.

Las formas reactivas del oxígeno (incluyendo los radicales superóxido, peróxido de hidrógeno y radicales hidroxilo) que se producen en el curso del metabolismo aeróbico normal, así como por la radiación, la capa de ozono, peróxidos y algunas drogas pueden producir daños e inducir mutaciones al producir cambios químicos en el ADN.

- **Agentes intercalantes:** Muchos tipos diferentes de productos químicos se acúan entre las bases adyacentes del ADN distorsionando la estructura tridimensional de la hélice causando inserciones y deleciones de nucleótidos en la replicación. Estas inserciones y deleciones frecuentes pueden producir mutaciones de cambio, a menudo severas. Son ejemplos los productos químicos con estructuras de anillo plano tales como *proflavin*, *naranja de acridina*, *bromuro de etidio* y las *dioxinas* producen las mutaciones de forma intercalada.

## 2) **Radiación:**

La radiación daña el ADN de dos formas. En primer lugar, la radiación puede romper las hebras de la doble hélice y/o producir la anulación de los lazos entre los azúcares y fosfatos. Si sólo una hebra se rompe, el daño es fácilmente reparable pero, cuando los dos filamentos están rotos, una gran parte del cromosoma se puede perder; y es la causa de algunos defectos. En segundo lugar, la radiación causa la mutación a través de la formación de dímeros (enlaces no deseados entre dos bases apiladas una encima de la otra). Los dímeros de timina pueden ser reparados, pero si el daño es grande, la célula muere.

Las altas energías de los *rayos X*, los *rayos gamma* y los *rayos cósmicos* son capaces de penetrar los tejidos y dañar el ADN. Estas formas de radiación, llamadas “radiación ionizante”, desalojan a los electrones de los átomos estables produciendo radicales libres y iones reactivos, que luego modificarán las estructuras de las bases y romperán los enlaces fosfodiéster del ADN. La radiación ionizante también produce con frecuencia roturas en la doble hebra del ADN. Los intentos de reparar estas roturas pueden producir mutaciones en el cromosoma.

La *luz ultravioleta* tiene menos energía que la radiación ionizante y no expulsa electrones, sin embargo es altamente mutagénico. Las bases purina y pirimidina fácilmente absorben la luz UV, lo que resulta en la formación de enlaces químicos entre las pirimidinas adyacentes en la misma cadena de ADN y en la creación de estructuras denominadas dímeros de pirimidina.

Poehlman (1969) menciona que desde 1928 se sabe que pueden inducirse mutaciones en las plantas mediante varias formas de irradiación. Este conocimiento llevó a la utilización extensiva de las mutaciones inducidas por radiación en los estudios genéticos con plantas. Las descripciones de experimentos realizados en Suecia, en los que se indujeron mutaciones mediante Rayos X para una mayor resistencia de: paja, precocidad, calidad y otras características útiles agrónomicamente en la cebada, estimularon el interés sobre el posible uso de las irradiaciones como un instrumento tanto para el fitogenetista práctico como para el genetista teórico. Este método se basa en el principio de que se puede aumentar la proporción de mutaciones exponiendo plantas o semillas a las

radiaciones. La mutación ocurre en el tejido somático y afecta solamente a partes específicas de la planta. En el embrión dormante de una semilla, se encuentran ya tres o cuatro hojas diferenciadas, así como las células de las que se originarán los hijuelos o macollos individuales. Si se presenta una mutación en una de estas células, puede afectar solamente al hijuelo o macollo que se desarrolle en dicha célula. Una mutación dominante producirá un efecto inmediato en ese hijuelo, pero la progenie de su autofecundación segregará plantas con el carácter mutante.

Es así que la producción artificial de mutaciones en la cebada mediante el uso de los Rayos X se dio a conocer por la estación agrícola experimental de Missouri en 1928. Las mutaciones aparecidas en las plántulas se sometieron a observación y algunas de ellas resultaron letales para las plantas. Ninguna tuvo valor práctico para el fitomejorador. El conocimiento de que podrían inducirse mutaciones útiles para el fitogenetista dedicado al mejoramiento de la cebada mediante irradiaciones, fue señalado por la estación agrícola experimental de la Asociación Sueca de Semillas, en Svalöf, Suecia. Los estudios realizados en este lugar demostraron la presencia de mutaciones inducidas de utilidad, respecto a caracteres tales como: altura de paja, precocidad o maduración tardía, resistencia de paja, propiedades químicas, características de cervecería, contenido de proteínas, peso de mil granos y capacidad de macollamiento. De estas observaciones surgió la posibilidad de emplear las irradiaciones como un nuevo instrumento en el mejoramiento de la cebada (Poehlman, 1969).

#### **2.2.4 IMPORTANCIA DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA CEBADA**

Para Poehlman (1969), el fitomejoramiento 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.

Además, 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, 1996).

## **2.2.5 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 sometidos a diversos tipos de estrés, para mejorar la calidad del grano (Romero y Gómez; 2000). En el ANEXO 3 se observan las variedades generadas por IAEA a través de la inducción de mutaciones.

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

- a) 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.
- b) 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 (ANEXO 8).

## **2.2.6 LIMITACIONES DEL EMPLEO DE LA INDUCCIÓN DE MUTACIONES EN EL MEJORAMIENTO**

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

1. La mayor parte de las mutaciones que se presentan, son indeseables y no tienen valor para el fitomejorador. Muchas de ellas son letales.
2. 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.
3. La estabilidad de una línea mutante es todavía desconocida.
4. 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.

## **2.2.7 ESTRUCTURAS PARA TRATAR CON AGENTES MUTAGÉNICOS**

Se puede tratar semillas, tejidos organizados, células, etc. dependiendo del sistema reproductivo de la planta.

## **2.2.8 CARACTERES MUTADOS EN PLANTAS**

Existen antecedentes en diversas partes del mundo en el mejoramiento de diversos cultivos que se resumen a continuación:

- Caracteres agronómicos y de calidad mejorados en cebada (*Hordeum vulgare* L.) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*), obtenidos a través de inducción de mutaciones con rayos gamma (Gómez; *et al.*; 2009).
- Tolerancia al herbicida metribuzin y resistencia a la antracnosis de la especie forrajera Lupino azul (*Lupinus angustifolius* L.) encontrados en las variedades: Tanjil-AZ-33 y Tanjil-AZ-55 (Si; Buirchell; & Sweetingham; 2009).
- Cambios morfológicos en el frijol chino (*Vigna radiata* L.) en: forma y tamaño de la hoja, hábito de la planta, forma y tamaño de las flores, tamaño de la vaina; días a la

floración, a la madurez; rendimiento; color, tamaño y forma de la semilla (Auti; & Apparao; 2009).

- Mejora en el contenido del aceite de maní (*Arachis hypogaea* L.) a través de mutagénesis inducida (Badigannavar & Mondal; 2009).
- Cambios morfológicos en el girasol (*Helianthus annuus* L.) en: altura de planta, tallo, hojas e inflorescencia. También se logró un aumento del ácido oleico (70%) y una disminución de los ácidos linoleicos (20%) siendo estos cambios deseables (Jambhulkar & Shitre; 2009).
- Cambios morfológicos en la soja (*Glycine max* (L.) Merrill) en: altura de planta, color de la flor, esterilidad, forma de la hoja, número de vainas por planta, color de las semillas y maduración temprana o tardía, Variedad: 'VLS-2' (Manjaya; 2009).
- Tolerancia a la salinidad en el cultivo de arroz en las variedades: 'Jucarito - 104' y 'Amistad - 82' (González; *et al.*; 2009).

## **2.2.9 APLICACIÓN DE LAS MUTACIONES EN PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO Y LOGROS RESALTANTES**

Kharkwal y Shu (2009), afirman que el uso de la mutagénesis en los programas de mejoramiento ha originado en todo el mundo el lanzamiento de más de 2700 variedades vegetales mutantes. Gran parte de ellas (incluyendo cereales, legumbres, oleaginosas, tubérculos y ornamentales) se obtuvieron en países en desarrollo con un enorme y positivo impacto económico. Los resultados más significativos en los últimos años son los siguientes:

**a) ASIA:** China, India y Japón son tres de los países que liberaron el mayor número de variedades mutantes en el mundo.

- **China:** Desarrollo de variedades de soja mutante con: alto rendimiento, buena calidad de grano, resistencia a insectos y enfermedades, tolerancia a salinidad y estrés hídrico. También se han generado más de 35 variedades de maní mutante cultivándose en el 20 por ciento de la superficie total de este cultivo.

- **India:** La primera variedad mutante de algodón obtenida por inducción de rayos X resultó ser tolerante a la sequía. El mayor número de variedades mutantes se dio en plantas ornamentales (119), leguminosas (85) y en cereales (74).

- **Japón:** Más de 200 variedades mutantes han sido generadas a través de la irradiación gamma, mutagénesis química y variaciones somatoclonales.
- **Tailandia:** Se han generado dos variedades aromáticas de arroz inducidas por rayos gamma.
- **República de Corea:** Se han liberado 15 variedades de ajonjolí con un mayor rendimiento (más del doble, aumentando de 283 kg/ha a 720 kg/ha), con alto contenido de aceite, resistencia a Phytophthora, diversas plagas y de buena calidad culinaria.
- **Bangladesh:** Se han liberado más de 40 variedades mutantes pertenecientes a más de 12 cultivos.

b) **EUROPA:** Las mutaciones inducidas se han trabajado mayormente en cebada y trigo duro, plantas de propagación vegetativa y en cultivos hortícolas.

- **Finlandia:** Se obtuvo la variedad mutante ‘Balder’ de cebada de alto rendimiento, mayor rendimiento bajo condiciones de sequía, mejor germinación y mayor peso de 1000 granos.
- **Alemania:** Se liberó la variedad mutante ‘Trumpf’ que se sembró en más del 70 por ciento de la superficie total destinada al cultivo de cebada.
- **Italia:** La variedad mutante ‘Creso’ de trigo duro ocupó un tercio del área destinada a la siembra de trigo duro.

c) **AMÉRICA DEL NORTE:**

- **EE.UU.:** Es uno de los países pioneros en la explotación de la inducción de mutaciones para el fitomejoramiento. La variedad mutante de trigo ‘Stadler’ presenta una maduración temprana, es resistente a la roya, al carbón y posee una mejor adaptación. La variedad mutante de cebada ‘Lutero’ presenta un aumento del 20 por ciento en el rendimiento. La variedad mutante de frejol ‘Sanilac’ obtenida por irradiación de rayos gamma presenta alto rendimiento. Las variedades mutantes de Pomelo ‘Star Ruby’ y ‘Río Red’ han sido obtenidas con neutrones térmicos y ocupa el 75 por ciento del área destinada al pomelo en Texas.
- **Canadá:** Se han generado variedades mutantes con bajo contenido de ácido erúico (menos de 30  $\mu\text{m/g}$ ) y glucosinolatos en el cultivo de colza.

- **México:** Se han producido las variedades de trigo 'Centauro' y 'Plus del Bajío' que han sido generadas a partir de la variedad mutante 'Salamanca' irradiada con 500 Gy. Estas variedades mostraron un mayor rendimiento y tolerancia al acame. También se han producido dos variedades de soja 'Héctor' y 'Esperanza' a partir de la irradiación de semillas de la variedad 'Suaqui 86' con 150 Gy.

d) **AMÉRICA LATINA:**

- **Argentina:** 'Colorado' es una variedad mutante de maní con alto rendimiento y contenido de grasas, inducida por rayos X, y ocupó más del 80 por ciento de la superficie en la década del 70. 'Puita INTA-CL' es un mutante de arroz con alto rendimiento y resistencia a herbicidas. Fue lanzado en el 2005 y ocupó más del 18 por ciento de la superficie dedicada a este cultivo.

- **Cuba:** 'Gines' es el primer mutante de arroz liberado por mutagénesis in vitro utilizando radiaciones de protones, esta variedad muestra un mejor rendimiento bajo condiciones salinas y fue introducido en zonas rurales con éxito. También la variedad mutante de tomate 'Maybel' ha mostrado un rendimiento muy alto bajo condiciones de sequía.

- **Perú:** 'Centenario' es un mutante de cebada con alto rendimiento (presenta un incremento del rendimiento en un 37 por ciento). Esta variedad se siembra en forma comercial en un 20 por ciento del área nacional. Además de la cebada, se ha liberado la variedad de kiwicha 'Centenario (MSA-011)' es una variedad mutante que presenta alto rendimiento, precocidad (45 días), tolerancia a la salinidad, amplia adaptabilidad, mejor color, mejor tamaño de grano y en consecuencia mejor precio en el mercado; ha logrado cubrir el 40 por ciento de los campos destinados al cultivo de kiwicha.

e) **AUSTRALIA:** La variedad mutante de arroz 'Amaroo' ha cubierto del 60 al 70 por ciento de la superficie destinada a este cultivo. Las variedades mutantes 'Tanjil-AZ-33' y 'Tanjil-AZ-55' de lupino son muy tolerantes ante el herbicida Metribuzin en comparación al material parental. Recientemente a las técnicas de mutación también se han integrado otras tecnologías tales como: técnicas moleculares, técnicas de marcadores moleculares de alto rendimiento o técnicas de detección de mutaciones. Las técnicas de mutación son cada vez más poderosas y efectivas en el cultivo de diversas variedades.

f) **ÁFRICA:**

- **Egipto:** Como resultado de la introducción de las dos variedades semienanas ‘Giza 176’ (1989) y ‘Saja 101’ (1997) en Egipto, el rendimiento promedio del arroz aumentó a 8.9 tn/ha en comparación con el resto del mundo que produce 3.8 tn/ha. ‘Giza 176’ ha logrado convertirse en la variedad líder por tener un elevado rendimiento de 10 tn/ha.
- **Sudán:** Las mutaciones genéticas comenzaron en Sudán hace 20 años aproximadamente aplicándose a cultivos como: algodón, caña de azúcar, ajonjolí, plátano, tomate, maní y cereales. Un cultivar de plátano mutante ‘Albeely’ fue lanzado en el 2003, destacando por su mayor rendimiento (incremento en 40 por ciento) y calidad comparado con los cultivares ya existentes. ‘Barberton-B-30-3’ es una variedad de maní resistente a la sequía. Se está buscando generar variedades de algodón resistentes a la “mancha angular” (*Xanthomonas campestris* p.v. *malvacearum*) y a “fusarium”.
- **Ghana:** Más de dos décadas se ha aplicado la mutación inducida para lograr la mejora de los cultivos de este país. Se han irradiado estacas de yuca con rayos gamma obteniéndose la variedad ‘Tek bankye’, una variedad mutante con alto contenido de materia seca (40 por ciento). También se han irradiado yemas vegetativas de cacao: ‘Amelonado’ (P30), ‘Trinitario’ (K.5) y ‘Alto amazonas’ (T85/799) resistentes a CSSV.

## 2.3 CARACTERIZACIÓN

### 2.3.1 DEFINICIÓN

La caracterización es el registro de aquellos caracteres que son altamente heredables, visibles al ojo y que se expresan en todos los ambientes (CIMMYT / IBPGR, 1991).

También se puede definir la caracterización como la descripción de la variación que existe en una colección de germoplasma, en términos de características morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad, es decir características cuya expresión es poco influenciada por el ambiente (Hinnum, 1995). La caracterización debe permitir diferenciar a las accesiones de una especie. La evaluación comprende la descripción de la variación existente en una colección para atributos de importancia agronómica con alta influencia del ambiente tales como el rendimiento (IICA, 2010).

El objetivo principal de la caracterización es la identificación de las accesiones, mientras que el de la evaluación es conocer el valor agronómico de los materiales (IICA, 2010).

Para la caracterización y evaluación se utilizan descriptores, que son caracteres considerados importantes y/o útiles en la descripción de una muestra. Los estados de un descriptor son los diferentes valores que pueden asumir el descriptor, pudiendo ser un valor numérico, una escala, un código o un adjetivo calificativo (IICA, 2010).

### **2.3.2 IMPORTANCIA**

A través de la caracterización se puede describir y dar a conocer el valor de un determinado germoplasma. También se logra la identificación taxonómica correcta para: diferenciar géneros y especies, descripción morfológica, evaluación de caracteres y del valor agronómico, estimaciones de la variabilidad fenotípica y las relaciones entre determinadas características (Sevilla & Holle, 2004; Querol, 1988).

El valor de las colecciones de recursos fitogenéticos reside en la utilización que se haga con ellas para producir nuevos cultivares, domesticar nuevas especies y desarrollar nuevos productos para el beneficio de las actividades productivas. Las colecciones deben proveer a los mejoradores de variantes genéticas, genes o genotipos que les permitan responder a los nuevos desafíos planteados por los sistemas productivos, siendo para ello imprescindible conocer las características del germoplasma conservado. La colecta y conservación de recursos fitogenéticos, sin que esté acompañada de la información sobre sus características, convierte a las colecciones en simples depósitos de materiales, sin mayor utilidad (IICA, 2010).

En el Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos en el mundo (FAO, 1998), también se resalta que los recursos genéticos son de escasa utilidad a menos que vayan acompañados de información adecuada. En los informes de los países se cita este punto como uno de los obstáculos más importantes para utilizar los recursos fitogenéticos en los programas de mejoramiento.

### **2.3.3 RELACIÓN CON EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE PLANTAS**

La caracterización permite la discriminación relativamente fácil entre diversos fenotipos. Generalmente son caracteres altamente heredables que pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes (IPGRI, 2003).

Desde el punto de vista del mejoramiento genético, la información sobre caracteres morfológicos y agronómicos es insustituible, ya que incorpora variantes en estos caracteres en muchos casos el objetivo de los programas de mejoramiento (IICA, 2010).

### **2.3.4 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 Bioversity International (Inicialmente llamado IBPGR: International Board for Plant Genetic Resources, luego llamado IPGRI). 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).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAL GENÉTICO

a) **Testigo / material parental:** Variedad UNA La Molina 96, tiene una altura de 100 cm en promedio, crece desde el nivel del mar hasta los 3600 msnm, presenta buen potencial de rendimiento, es semiprecoz, presenta hábito primaveral, espiga a los 60 – 70 días, madura a los 110 – 130 días, presenta 6 hileras, posee una espiga ligeramente inclinada con densidad intermedia. El grano es mediano, redondeado, con cáscara medianamente gruesa y de color claro a amarillo oscuro dependiendo de las condiciones climáticas. Es resistente a la Roya morena, Roya amarilla, tolerante a Manchas foliares (*Cochliobolus sativus* y *Pyrenophora graminea*) y tolerante al acame o tumbado. (AGROENFOQUE, 1997). Este material se distribuyó en el campo bajo siete repeticiones para analizar los caracteres cuantitativos, cualitativos, agronómicos y de calidad. Finalmente se consideró el promedio de cada una de las evaluaciones como resultado.

b) 665 líneas mutantes  $M_8$  seleccionadas en la generación  $M_2 - M_3$  por diversas características morfológicas y fisiológicas diferentes al material parental. Las líneas mutantes fueron generadas empleando irradiación con rayos Gamma en la variedad UNA La Molina 96.

#### 3.2 MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO EMPLEADOS

- Semillas.
- Paletas de plástico, tarjetas membretadas.
- Fertilizantes (úrea, fostado diamónico) y pesticidas.
- Bolsas de papel kraft, regla graduada y cámara digital.
- Herramientas de campo (lampa de mano, barreta).
- Cordel, wincha, yeso, rafia y carrizos.
- Bombas de mochila, tractor e implementos.
- Trilladora.
- Balanza tipo Schopper de ¼ de litro.
- Equipo Infratek 1255 Food & Feed Analyser.

- Equipo Seedburo 801 Count – A – Par (contador de granos).
- Equipo Mettler Toledo modelo Al 204 (Balanza analítica).
- Máquina clasificadora Glabaserei.
- Zarandas de 2,8 y 2,52 mm para granos de dos hileras y de 2,78 y 2,38 mm para granos de seis hileras.

### **3.3 DESCRIPTORES DEL IBPGR PARA CEBADA**

Los descriptores empleados fueron específicos para el cultivo de cebada y fue elaborado por el IPGRI (1994). Se encuentran en el ANEXO 1.

### **3.4 ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO**

#### **3.4.1 CAMPO EXPERIMENTAL**

El experimento en su fase de campo, se condujo en el Programa de Cereales y Granos Nativos de la UNALM, en el Distrito de la Molina, provincia de Lima y Departamento de Lima, cuya ubicación es la siguiente:

- Latitud sur 12° 04' 40.35''
- Longitud Oeste 76° 56' 34.72''
- Altitud 244 m.s.n.m.

#### **3.4.2 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO**

Se manejó la generación M<sub>8</sub> bajo las condiciones de un campo comercial de cebada (ANEXO 10).

##### **1) Preparación del terreno:**

Considerando el historial de campo (siembra de maíz Chala), se pasó la grada de puntas y se hizo el surcado para luego efectuar el riego de machaco. Para cuando el suelo ya contaba con humedad a punto (luego de 15 días), se aró y luego se pasó la rastra de discos (para desterronar el suelo), grada cruzada (para un buen mullido) y la niveladora.

**2) Instalación:**

Haciendo uso de una rastra de puntas se procedió a realizar el surcado del terreno con un distanciamiento de 0,40 m entre surcos. Con el terreno convenientemente surcado, se marcaron los bloques, calles y parcelas haciendo uso de una wincha, cordel, estacas y yeso.

**3) Siembra:**

La siembra se realizó en suelo seco. Se distribuyeron las semillas en las parcelas respectivas y debidamente identificadas. Se depositaron las semillas en línea continua en el fondo de surco. La dosis de semillas empleada para el experimento fue de 200 Kg/ha.

**4) Fertilización:**

La dosis de fertilización usada fue: 70 – 70 – 00 de nitrógeno y fósforo. Las fuentes empleadas fueron Úrea y Fosfato diamónico.

El abonamiento nitrogenado provino de la úrea y se fraccionó en dos partes tal y como se observa en el Cuadro 1. La primera parte, se incorporó junto al fosfato diamónico en el fondo de surco antes de la siembra, y la otra fracción de úrea se aplicó a los 35 días aproximadamente, después del segundo riego cuando las plantas estaban iniciando el macollamiento.

**Cuadro 1: Dosis de fertilizantes empleados en el experimento.**

<b>Elemento</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
En la siembra	50	70	00
En macollaje	20	00	00

FUENTE: *Elaboración propia (2011).*

**5) Control de malezas:**

El terreno antes de ser preparado, estaba altamente infestado por grama china (*Sorghum halapense*) y su control se hizo desde este momento de la preparación del suelo, mediante el recojo de rizomas expuestos por el paso de la maquinaria. Durante el desarrollo del cultivo, el control de la grama china fue de forma manual de acuerdo a su incidencia en campo.

También se identificaron otras malezas de hoja ancha desde la instalación del cultivo, tales como: *Nycandra physaloides* L., *Fumaria capreolata*, *Amaranthus hybridus* L., *Portulaca oleracea*, etc. Su control se realizó solo con una aplicación de herbicida cuando la cebada presentaba más de diez hojas, empleándose 2,4 – D salamina “Hedonal” a 1,5 L/ 200 L de agua.

**6) Riegos:**

Se realizó un total de siete riegos los cuales fueron cada quince a veinte días aproximadamente de acuerdo a las necesidades del cultivo, al clima y a la disponibilidad de agua. El último riego fue cuando el cultivo se encontraba en estado de grano lechoso.

**7) Control fitosanitario:**

Se realizó la aplicación de “Confidor” 150 cc en 200 L de agua para el control de pulgones y, para controlar los insectos raspadores se empleó “Estermin” 350 cc en 200 L de agua. Solamente se realizó una aplicación y fue cuando hubo mayor incidencia de estas plagas (estadio de buche o bota). También se controló la presencia de “Oidium” con una sola aplicación de “Bayletón” 150 cc en 200 L de agua, luego de una evaluación de incidencia (estadio de macollamiento – encañado).

**8) Rouging:**

Se procedió a la eliminación de plantas que no guardaban semejanza con el genotipo evaluado y plantas de otra especie como el trigo. Esta labor se realizó principalmente durante el espigado por ser más fácil la diferenciación de las plantas ajenas al cultivo de cebada.

**9) Corte o segado (cosecha):**

El segado se hizo de forma manual con ayuda de una hoz, para cuando la planta ya había alcanzado la madurez de cosecha (grano duro). Luego de cortar las plantas de cada parcela, se formaron gavillas y se colocó debajo el sobre membretado para diferenciar un material del otro.

**10) Trilla:**

Se empleó una trilladora estacionaria. Los granos se recibieron en bolsas membretadas, se retiraron impurezas o material inerte tales como pajas y luego se cerraron.

#### 11) **Limpieza de las semillas:**

Con ayuda de guantes de goma se procedió a frotar las semillas para retirar las aristas y luego se pasó por una venteadora para que con el viento sean eliminadas las pajillas y aristas y así tener las semillas limpias para los posteriores análisis de calidad.

### 3.5 **EVALUACIONES**

#### 3.5.1 **CARACTERES AGRONÓMICOS**

a) **Altura de planta (cm):** Con la ayuda de una regla de madera graduada a 1.5 m, se midió la altura de 4 plantas maduras de cada línea, desde la superficie del suelo hasta el extremo del ápice de la espiga sin considerar la longitud de las aristas. El valor registrado fue el promedio.

b) **Días a la floración o espigado (días):** Se contabilizó el número de días transcurridos desde la fecha del primer riego hasta el día donde el 50 por ciento aproximadamente de las espigas de cada parcela habían emergido. Cada parcela se evaluó de forma independiente, tomando de referencia al testigo.

c) **Porcentaje de acame (%):** Se tomó en forma porcentual el área afectada por plantas acamadas o caídas dentro de cada parcela en función al total de plantas en la parcela.

d) **Rendimiento (kg/ha):** Los granos obtenidos en cada parcela se pesaron y luego este resultado se llevó a kilogramos por hectárea.

#### 3.5.2 **RESPUESTA A ENFERMEDADES**

a) **Roya de la hoja:** Se registraron dos valores: la severidad (valor numérico del porcentaje de infección,) y respuesta de la roya de la hoja (simbología para el tipo de infección) tomando como muestra diez hojas de cada parcela registrando el valor más alto

(ANEXO 17). Para fines del análisis se transformaron estos dos valores de acuerdo a la Escala de Cobb modificada por Peterson (Cuadro 2).

**b) Oidiosis:** Se evaluó el porcentaje de infección en función al área cubierta por el hongo en el haz de la hoja. Se registró el valor más alto (del cinco al cien) de diez hojas tomadas al azar. Cuando la hoja no estaba cubierta por el hongo se registraba el valor de “T” (tolerante). La evaluación fue semejante a la evaluación de la roya. Se usó la escala que se presenta en el ANEXO 17.

**c) Manchas foliares:**

Se evaluaron diez hojas al azar en forma similar a la evaluación de la Oidiosis, registrándose dos valores. El primero para indicar en qué parte de la planta (ubicación) se encontró el daño y el segundo para indicar el porcentaje afectado, (ANEXO 18, ANEXO 19 y ANEXO 20).

**Cuadro 2: Valores constantes (coeficientes de infección) asignados a los diferentes tipos de respuesta del hospedero ante la infección de las royas de los cereales (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei* y *Puccinia hordei* L.).**

Respuesta del hospedero	Simbología usada en la bibliografía	Simbología usada en campo M <sub>8</sub>	Valor constante asignado a cada respuesta del hospedero (coeficiente de infección)	Descripción
Inmune	I	T	0	Infección no visible en las plantas.
Resistente	R	Tr	0.2	Áreas necróticas con uredias diminutas o sin ellas.
Moderadamente resistente	MR	Ts	0.4	Pequeñas uredias rodeadas de áreas necróticas.
Moderadamente susceptible	MS	MS	0.8	Uredias de tamaño medio rodeadas de áreas cloróticas.
Susceptible	S	S	1	Uredias grandes sin necrosis o clorosis.

FUENTE: Stubbs et al. 1986.

### 3.5.3 CARACTERES DE CALIDAD

a) **Contenido de proteína:** Se tomó una muestra de la cosecha de cada parcela. Para la determinación de este valor se empleó el equipo INFRA TECK 1255 Food & Feed Analyzer. Este análisis se realizó en el Laboratorio de calidad del Programa de Cereales y Granos Nativos.

b) **Peso hectolítrico:** Se empleó una balanza para Peso hectolítrico tipo SCHOPPER de ¼ de litro. Este peso fue llevado a tablas especiales que dan directamente el peso por hectolitro correspondiente a un kg/hl. Este análisis también se realizó en el Laboratorio del Programa de Cereales y Granos nativos.

c) **Peso de 1000 granos:** Se tomó una muestra al azar y con ayuda del contador de granos marca SEEDBURO 801 COUNT-A-PAR, se contó 500 granos que se pesaron en una balanza analítica o balanza de precisión marca METTLER TOLEDO modelo AL204, el valor obtenido se multiplicó por dos para tener el valor final de 1000 granos. Este valor se expresó en gramos.

d) **Porcentaje de granos de primera (clasificación por tamaño):** Se pesaron 100 granos de la cosecha de cada parcela. Mediante una Máquina clasificadora de granos eléctrica de marca GLBASEREI que presenta zarandas especiales que clasifican los granos en 5 minutos. Se consideraron de “primera” los granos retenidos en las dos primeras zarandas, cuyas ranuras tienen un ancho de 2,8 y 2,5 mm en el caso de espigas de dos hileras, y de 2,78 y 2,38 mm para las espigas de seis hileras. El dato obtenido se expresó en porcentaje, por ello se emplearon 100 granos.

### 3.5.4 DETERMINACIÓN DE MUTACIONES CLOROFÍLICAS

Durante las primeras semanas, luego de la emergencia de la plántula, se realizó la evaluación de la presencia de mutaciones clorofílicas de acuerdo a la clasificación realizada por Gustafsson (ANEXO 2).

### **3.5.5 DETERMINACIÓN DE MUTACIONES MORFOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS**

Para el registro de los cambios en la morfología de la hoja, espigas y granos, se emplearon los descriptores de cebada del IBPGR (IPGRI, 1994) que se encuentran en el ANEXO 1.

### **3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL**

El material se estudió bajo un sistema de “parcelas de observación”, sin repeticiones a excepción del testigo que fue sembrado siete veces en diferentes lugares (cada 100 parcelas). Las parcelas experimentales tuvieron 2 metros de largo y estaban constituidas por 2 surcos. Ambos surcos separados por 0.40 m, siendo el área total de la parcela de 1.6 m<sup>2</sup>.

### **3.7 ANALISIS DE LA INFORMACION:**

Para el análisis de la información obtenida de una caracterización, se puede partir desde gráficas descriptivas y niveles muy sencillos suficientes para la publicación de catálogos de uso general y llegar al uso de técnicas estadísticas multivariadas y de modelización (Querol, 1988).

#### **3.7.1 ANALISIS MULTIVARIADO:**

En la caracterización de recursos fitogenéticos, el análisis multivariado incluye un conjunto de métodos de análisis de datos que consideran un gran número de mediciones en cada accesión del germoplasma. Franco e Hidalgo (2003), señalan además que permite la descripción de las accesiones o líneas tomando en cuenta simultáneamente varias características sin dejar de considerar la relación existente entre ellas.

Las técnicas multivariadas son de dependencia y de interdependencia, siendo el análisis cluster una de las técnicas de interdependencia. Para esta última técnica al no poder identificarse las variables como dependientes o independientes, todas las variables

son analizadas simultáneamente en un esfuerzo por encontrar una estructura subyacente para el conjunto total de variables o sujetos (Hair *et al.*, 2001).

### **3.7.2 ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP):**

El análisis de componentes principales permite transformar un conjunto de datos “X”, en el cual existen variables correlacionadas, en nuevas variables independientes “Y”, de modo que cada “Y” sea una combinación lineal de las variables “X” originales. Construyéndose un nuevo conjunto de variables (componentes principales), los cuales son ortogonales entre sí, por tanto no están correlacionados y se interpretan independientemente uno del otro. La contribución individual de un carácter a un componente principal está expresada por el coeficiente de regresión del componente con respecto a ese carácter (Crisci & López, 1983).

Los componentes deben ser interpretados independientemente unos de otros, ya que contienen una parte de la varianza que no está expresada en otro componente principal (Franco e Hidalgo, 2003).

El ACP es una herramienta útil para analizar los datos que se generan de la caracterización y evaluación preliminar del germoplasma, permitiendo conocer la relación existente entre las variables cuantitativas consideradas y la semejanza entre las accesiones (Franco e Hidalgo, 2003).

Desde el punto analítico, este método se basa en la transformación de “un conjunto de variables cuantitativas originales” en “otro conjunto de variables independientes no correlacionadas”, llamadas “componentes principales”. Los componentes deben ser interpretados independientemente unos de otros, ya que contienen una parte de la varianza que no está expresada en otro componente principal (Pla, 1986; López e Hidalgo, 1994a).

### **3.7.3 DISTANCIA EUCLIDIANA:**

Legendre *et al.* (1985), define la Distancia Euclidiana como la medida más común que se aplica en la taxonomía numérica y mide la semejanza entre individuos, la cual se

puede definir como la “relación entre puntos en un espacio Euclidiano”, y por ello puede ser calculado por la fórmula de Pitágoras y es presentada de manera general como:

$$D_{jk} = \left( \sum_{i=1}^n (X_{ij} - X_{jk})^2 \right)^{1/2}$$

Donde:

$D_{jk}$  : Distancia Euclidiana entre los individuos “j” y “k”.

$X_{ij}$  : Valor del i-ésimo carácter en el individuo “j”.

$X_{jk}$  : Valor del j-ésimo carácter en el individuo “k”.

N : Número de caracteres.

El coeficiente de la Distancia Euclidiana va a formar los grupos o conglomerados a través de los métodos de Ligamiento completo, Ligamiento promedio o Lineal avanzado. Al utilizar las distancias como medida de proximidad entre las entidades, se debe recordar que las distancias más pequeñas indican mayor similitud y las de mayor valor, menor similitud (Hair *et al*, 2001).

### 3.7.4 IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS SUPERIORES A TRAVÉS DEL CRITERIO DEL EXPERTO

Una vez identificadas las líneas superiores a través de la Distancia Euclidiana, se procederá a contabilizar las líneas que cumplan con el Criterio del experto. De esta forma se estará haciendo una selección rigurosa de las líneas más valiosas para el fitomejorador.

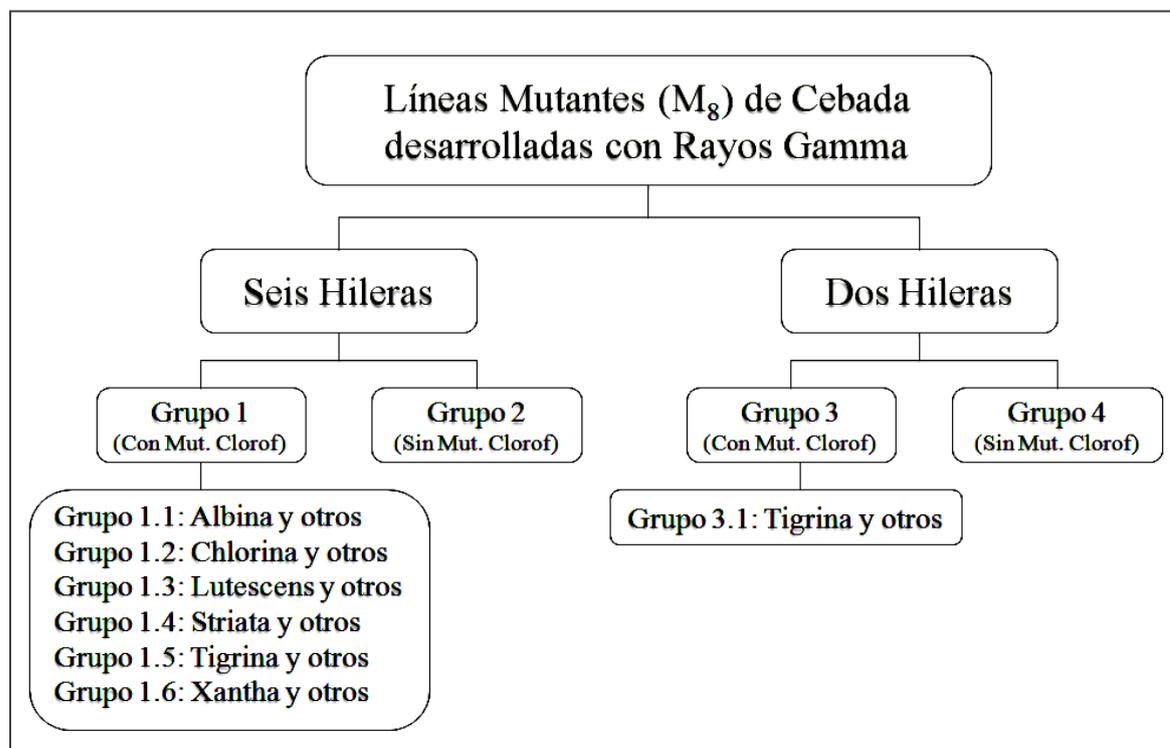
**Cuadro 3: Valores de caracteres agronómicos y de calidad de cebada (*Hordeum vulgare* L.) objetivos del plan de mejoramiento para condiciones del Perú.**

Criterio del mejorador	Altura de planta (cm)	Espigado (días)	Acame (%)	Valor Roya hoja	Valor Oídio	Valor mancha moteada	Rendimiento (Kg/ha)	Peso Hectolítrico (Kg/Hl)	Contenido de proteína (%)	Peso de mil granos (g)
Valores	Mínimo: 90 Máximo 120	Máximo 75	Máximo 5	Máximo 20	Máximo 20	Máximo 20	Mínimo 4500	Mínimo: para 2H:83 para 6H: 79	Mínimo alim. 12 Malta: 10.5-12.5	Mínimo 50

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La información recopilada en la presente investigación se presentará en función a los objetivos planteados. Debido a la gran cantidad de datos recolectados, estos se presentan considerando el tipo de características cualitativas o cuantitativas. La información de los caracteres cualitativos fue dividida en dos grupos, en función al tipo de inflorescencia de la cebada: seis hileras (93,994 por ciento) y dos hileras (5,856 por ciento), donde dos hileras es una mutación de la inflorescencia de 6 hileras (tipo parental). Por otro lado los datos cuantitativos se presentarán considerando nueve grupos, en función a las mutaciones clorofílicas en mayor proporción observadas para los caracteres agronómicos y de calidad (Figura 1).

**Figura 1: Distribución de grupos conformados en función a las mutaciones cualitativas y cuantitativas obtenidas en la población  $M_8$  desarrollada a partir de la Variedad UNA La Molina 96 con rayos gamma.**



- **OBJETIVO 1: Caracterizar la diversidad fenotípica presente en 665 líneas mutantes de cebada en la generación M<sub>8</sub>, desarrolladas por aplicación de rayos gamma a semillas de la variedad UNA La Molina 96.**

#### **4.1 CARACTERES CUALITATIVOS**

##### **4.1.1 MUTACIONES CLOROFÍLICAS**

De las 665 líneas estudiadas, 256 líneas (38,59 por ciento) mostraron presencia de mutaciones de clorofila. En este grupo, el espectro o tipo de mutaciones identificadas fueron: Albinas, Xanthas, Chlorinas, Lutescens, Striatas, Tigrinas, Xanthalbas, Alboxanthas y Alboviridis. En algunas líneas mutantes se apreciaron uno, dos y hasta tres tipos de mutaciones de clorofila (ANEXO 5, ANEXO 6 y ANEXO 7).

En el Grupo de 6 hileras se encontró frecuencias de mutación para albina de 0,0933 por ciento, para Striata de 1,706 por ciento, para Alboxantha de 0,00058 por ciento, para Xanthalba de 0,0011 por ciento, para Chlorina de 0,1452 por ciento, para Lutescens de 0,0052 por ciento, para Tigrina de 0,2516 por ciento, para Alboviridis de 0,00029 por ciento y Xantha de 0,03236 por ciento. Por otro lado en el grupo de las espigas de 2 hileras se encontró para Tigrina 0,0055 por ciento y para Chlorina 0,0166 por ciento (Cuadro 4).

Vila (2007) estudiando la generación M<sub>3</sub> de esta misma población, con 56 520 plantas, informa la presencia de plantas: Albinas, Xanthas, Chlorinas, Striatas, Maculatas y Tigrinas. Se puede señalar que la gran mayoría de estas mismas mutaciones fueron observadas en la generación M<sub>8</sub>. Las diferencias en las frecuencias se deben al diferente tamaño de las poblaciones estudiadas. El mismo autor indicó que la frecuencia de mutación clorofílica Striata fue igual a  $9,554 \times 10^{-6}$  por ciento y que la mutación clorofílica albina fue la más común con  $3,821 \times 10^{-5}$  por ciento. En cambio, Prasad (1996) registró 0,7 por ciento como frecuencia de mutación clorofílica para el tipo Striata en diversas variedades de cebada M<sub>2</sub> siendo también la mutación clorofílica Albina la más común con 33,9 por ciento.

**Cuadro 4: Espectro de frecuencia de mutaciones de clorofila observadas en líneas mutantes de cebada en generación  $M_8$  desarrolladas a partir de la variedad UNA La Molina 96, empleando radiación gamma (250 Gy). La Molina 2011**

Grupo de cebada	Mutación clorofílica	Nº de mutantes	Nº de plantas en total	Frecuencia de mutación (por ciento)	Nº de líneas de mutantes con algún tipo de mutación
Cebada 6 hileras	Albina	32	342958	0,0093306	10
	Alboviridis	1	342958	0,0002916	1
	Striata	5852	342958	1,7063314	184
	Alboxantha	2	342958	0,0005832	1
	Xanthalba	4	342958	0,0011663	1
	Chlorina	498	342958	0,1452073	53
	Lutescens	18	342958	0,0052485	18
	Tigrina	863	342958	0,2516343	61
	Xantha	111	342958	0,0323655	6
Cebada 2 hileras	Tigrina	19	342958	0,0055400	3
	Chlorina	57	342958	0,0166201	3

*\*Total de plantas sin mutación clorofílica: 204236. Total de plantas testigo (promedio de 7 parcelas):444. FUENTE: Elaboración propia (2011).*

#### 4.1.2 MUTACIONES MORFOLOGICAS

Las mutaciones morfológicas presentes en las líneas  $M_8$  se presentan para los Grupos de 6 hileras y 2 hileras en los Cuadros 5 y 6; respectivamente. Es importante señalar que las frecuencias que se indicarán a lo largo del texto fueron calculadas considerando el número total de plantas con presencia de la mutación morfológica evaluada en relación al total de plantas en campo, sin considerar el número de líneas mutantes (ANEXO 4).

##### 4.1.2.1 MUTACIONES EN EL TALLO

###### a) Color de tallo:

Aberg y Wiebe (1945) afirman que el color púrpura del tallo, es causado por la presencia de antocianina y se correlaciona estrechamente con el mismo color que se encuentra en las vainas de las hojas y las aurículas.

**Cuadro 5: Espectro y frecuencia de mutaciones en caracteres morfológicos observados en líneas mutantes del Grupo de 6 hileras de cebada en generación M<sub>8</sub> desarrolladas a partir de la variedad UNA La Molina 96, empleando radiación gamma (250 Gy). La Molina 2011.**

Partes de la planta	Característica mutada	Descriptor	N° plantas mutantes	N° plantas total	Frecuencia Mutación (%)	N° Líneas con la mutación
Tallo	Color	<i>PMM=Púrpura en la mitad o más del tallo.</i>	515	342958	0,15016	1
Espiga	N° hileras/flores laterales	<i>6h,FL.LL.DU.: 6 hileras, flores laterales con llenado desuniforme.</i>	293	342958	0,08543	1
		<i>6h,FL.LL.U. A.FC.FL.MO: 6 hileras, flores laterales con llenado uniforme, aristas de flores centrales y laterales modificadas.</i>	1302	342958	0,37964	2
	Densidad de espiga	<i>D: Densa.</i>	2514	342958	0,73303	6
	Tipo de arista	<i>C: Corta.</i>	17493	342958	5,10062	32
		<i>ACS: Arista con caperuza sésil.</i>	669	342958	0,19507	1
		<i>ACE: Arista con caperuza elevada.</i>	633	342958	0,18457	1
		<i>MC: Arista muy crespa.</i>	1483	342958	0,43241	4
Color de arista	<i>OND: Arista ondeda.</i>	3738	342958	1,08993	8	
Tipo de barba (arista)	<i>AM: Amarillo.</i>	41196	342958	12,01197	86	
Envolturas florales	Long. de gluma y arista	<i>RU: Rugosa.</i>	769	342958	0,22423	2
		<i>GL.I.G.: Gluma igual al tamaño del grano.</i>	71541	342958	20,85999	136
	Color de gluma	<i>GL.DO.G.: Gluma igual al doble del tamaño del grano.</i>	3059	342958	0,89195	9
Granos	Tipo de cubierta (grano)	<i>P: Púrpura.</i>	515	342958	0,15016	1
	Tipo de lemma	<i>GD: Grano desnudo.</i>	2428	342958	0,70796	5
	Color de nervadura (lemma)	<i>SDN: Sin dientes</i>	1052	342958	0,30674	2
	Long. Pubescencia de raquilla	<i>CC: Con color (antocianina).</i>	2649	342958	0,7724	5
		<i>C: Corto.</i>	6054	342958	1,76523	12

Promedio de plantas testigo: 444 plantas.

**Cuadro 6: Espectro y frecuencia de mutaciones en caracteres morfológicos observados en líneas mutantes del Grupo de 2 hileras de cebada en generación M<sub>8</sub> desarrolladas a partir de la variedad UNA La Molina 96, empleando radiación gamma (250 Gy). La Molina 2011**

Partes de la planta	Característica mutada	Descriptor	Nº plantas mutantes	Nº plantas total	Frecuencia Mutación (%)	Nº Líneas con la mutación
Tallos	Color	<i>PB: Púrpura (basal).</i>	471	342958	0,13733	1
		<i>PMM: Púrpura (la mitad o más).</i>	4989	342958	1,4547	12
Hoja	Color de aurícula	<i>PP: Púrpura pálido.</i>	8366	342958	2,43937	20
		<i>P: Púrpura.</i>	2634	342958	0,76802	7
		<i>PO: Púrpura oscuro.</i>	183	342958	0,05336	1
Espiga	Nº hileras/flores laterales	<i>2h,FL.E.: 2 hileras, flores laterales estériles (grandes o pequeñas).</i>	10151	342958	2,95984	28
		<i>2h,FL.VA.: 2 hileras, flores laterales vacías.</i>	3958	342958	1,15408	9
		<i>2h,FL.LL.DU.A.MC.FL.: 2 hileras, flores laterales con llenado desuniforme y aristas más cortas que flores laterales.</i>	1107	342958	0,32278	2
	Forma de espiga	<i>2HR: Dos hileras, espiga recta.</i>	11968	342958	3,48964	32
		<i>2HE: Dos hileras, espiga erectoide..</i>	3248	342958	0,94705	7
	Densidad de espiga	<i>L: Laxa.</i>	8141	342958	2,37376	22
		<i>D: Densa.</i>	2405	342958	0,70125	6
Color de arista	<i>AM: Amarilla.</i>	5647	342958	1,64656	16	
Envolturas florales	Long. de gluma y arista	<i>GL.I.G.: Gluma igual al tamaño del grano.</i>	3313	342958	0,96601	10
		<i>GL.DO.G.: Gluma igual al doble del tamaño del grano.</i>	3473	342958	1,01266	7
		<i>GL.MA.DO.G.: Gluma igual a más del doble del tamaño del grano.</i>	505	342958	0,14725	1
	Color de gluma	<i>P: Púrpura.</i>	4931	342958	1,43779	12
<i>ROS: Rosado.</i>		4251	342958	1,23951	10	
Granos	Tipo de cubierta (grano)	<i>GD: Grano desnudo.</i>	5337	342958	1,55617	12
	Tipo de lemma	<i>SDN: Sin dientes.</i>	4811	342958	1,4028	11
	Color de nervadura (lemma)	<i>CC: Con color (antocianina).</i>	11306	342958	3,29661	26
	Long. pubescencia de raquilla	<i>C: Corto.</i>	9279	342958	2,70558	23

Promedio de plantas testigo: 444 plantas

Esta característica se utiliza en la descripción de las variedades de la misma manera como en el caso de vainas de las hojas y aurículas. Además, es fácilmente influenciado por las condiciones ambientales y por consiguiente tiene un uso limitado en un programa de clasificación (Molina, 1989; Aberg & Wiebe, 1945).

Dentro del experimento realizado, el “color de tallo” se evaluó en el estado de encañado (Z.3.0) y se partió del color original del material parental “verde”. De las 665 líneas estudiadas, en la Figura 2 se observan 14 líneas que mostraron mutaciones en el color de tallo. En el Grupo de 6 hileras se observó una mutación a: “púrpura en la mitad o más del tallo” (PMM), en una línea, con una frecuencia de mutación de 0,15016 por ciento (Cuadro 5). Por otro lado en el Grupo de 2 hileras se encontraron dos tipos de mutaciones para color de tallo “púrpura en más de la mitad” (PMM) con una frecuencia de 1,4547 por ciento y “púrpura basal” (PB) con una frecuencia de 0,13733 por ciento; presente en 12 líneas mutantes y en una línea mutante respectivamente (Cuadro 6).

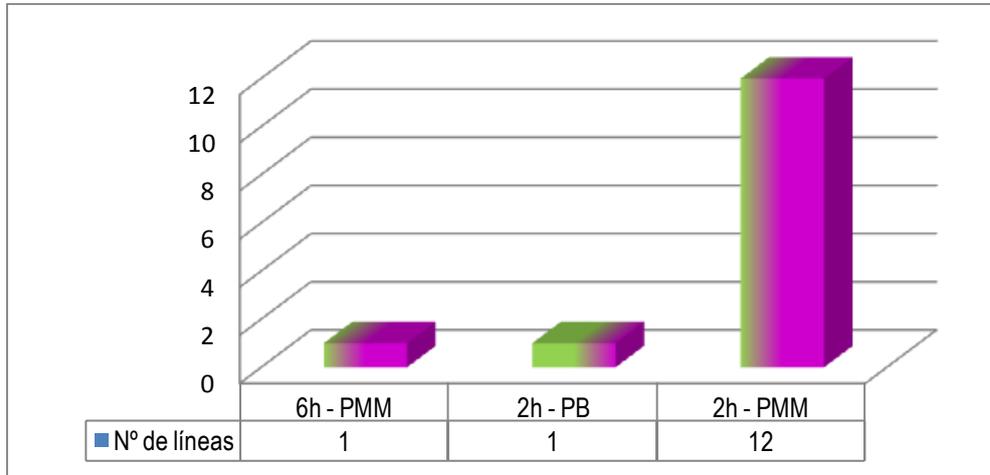
#### **4.1.2.2 MUTACIONES EN LAS HOJAS**

##### **a) Color de aurícula:**

Aberg y Wiebe (1945) afirman que al parecer la pigmentación es más pronunciada después de períodos de clima frío prolongado que después de períodos de temperatura moderada. Bajo ciertas condiciones ambientales y durante ciertas etapas del desarrollo de la planta, el color puede ser casi rojo. Los colores púrpura, púrpura oscuro o su ausencia total, también son útiles para la descripción. Sin embargo, el color púrpura pálido, que es típico de la mayoría de variedades de cebada, es de poca utilidad en las variedades distintivas.

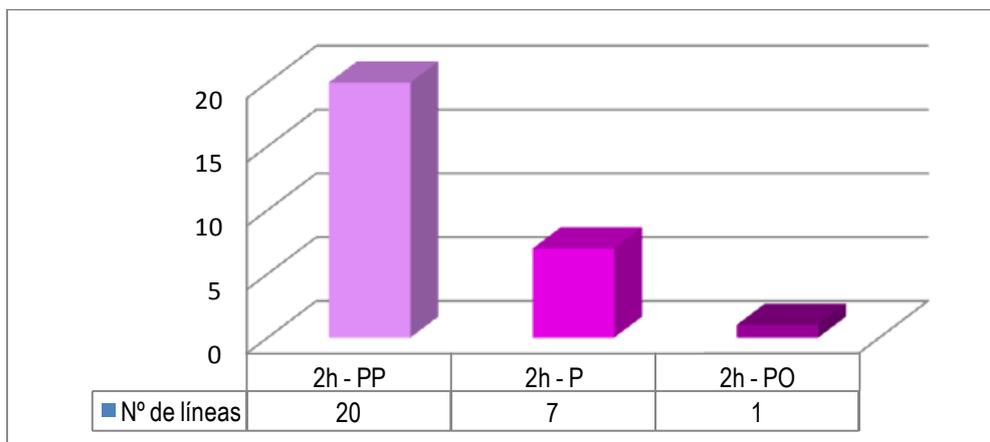
Para el experimento desarrollado, el descriptor “color de aurícula” se evaluó al estado de encañado (Z.3.0) y se observó en el material parental aurículas de color “verde” (V). En la Figura 3 se observa que las plantas mutantes presentaron modificaciones al color “púrpura pálido” (PP), “púrpura” (P) o “púrpura oscuro” (PO); observándose estas modificaciones sólo en el Grupo de 2 hileras. La primera mutación estuvo presente en 20 líneas, la segunda en siete líneas y la última en una línea de un total de 665 líneas registradas (Cuadro 5).

**Figura 2: Variación en el color del tallo de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante radiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.**



-PB: Púrpura (basal).  
 -PMM: Púrpura en la mitad o más del tallo.  
 \*Testigo: Verde.

**Figura 3: Variación en el color de aurícula (hoja) de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante radiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.**



-PP: Púrpura pálido.  
 -P: Púrpura.  
 -PO: Púrpura oscuro.  
 \*Testigo: Verde.

Las frecuencias observadas, considerando la población total  $M_8$ , fueron para el color de aurícula “púrpura pálido” (2,43937 por ciento), color “púrpura” (0,76802 por ciento) y color “púrpura oscuro” (0,05336 por ciento).

#### 4.1.2.3 MUTACIONES EN LA ESPIGA

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

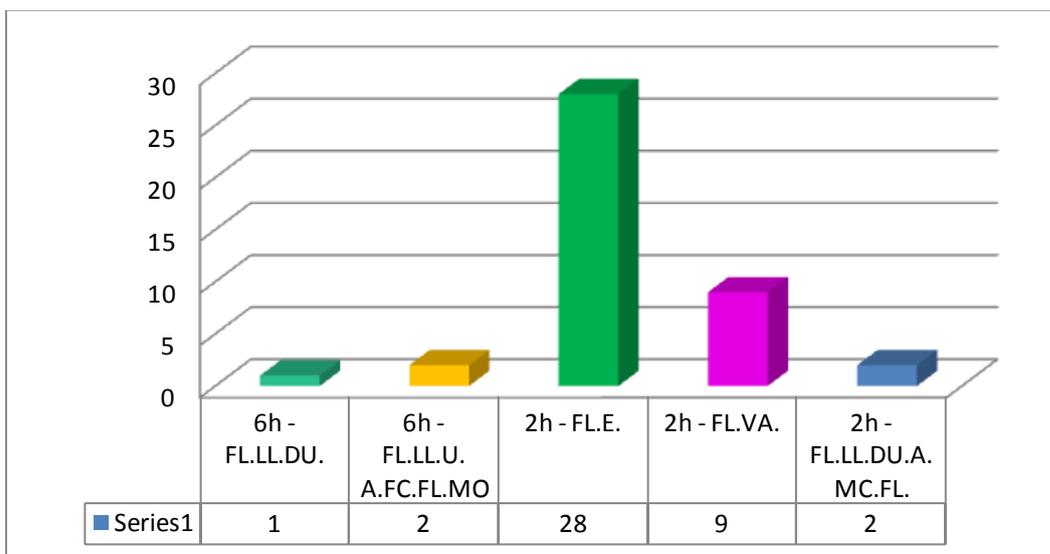
a) **Número de filas/flores laterales:**

Aberg y Wiebe (1945) afirman que todas las florecillas centrales son fértiles, los floretes laterales o bien son todos masculinos o asexuados. Por ello los floretes en las filas centrales tienen capacidad de desarrollar semillas viables. Se clasifican en dos grupos: (1) el grupo “típico” cuyas flores laterales constan de lemma, palea, raquilla, y reducción de partes sexuales (no viables) y (2) el grupo “deficiens” con flores laterales reducidas que presentan lema, palea y rara vez raquilla, pero sin partes sexuales.

De acuerdo a la Figura 4, en el Grupo de 6 hileras se observaron “flores laterales con llenado desuniforme” (6h, FL.LL.DU.) para una sola línea con una frecuencia de mutación de 0,08543 por ciento; además también se registró la modificación a “flores laterales con llenado uniforme, aristas de flores centrales y laterales modificadas” (6h, FL.LL.U. A.FC.FL.MO), este cambio en las aristas se observó en las espigas de dos líneas mutantes y con una frecuencia general de 0,37964 por ciento (Cuadro 4).

Además, en el Grupo de 2 hileras se encontraron tres modificaciones las cuales fueron: “flores laterales estériles” (grandes o pequeñas; 2h, FL.E.) en 28 líneas con una frecuencia de 2,95984 por ciento; “flores laterales vacías” (2h, FL.VA.) en nueve líneas con 1,15408 por ciento y “flores laterales con llenado desuniforme y aristas más cortas que flores laterales” (2h, FL.LL.DU.A.MC.FL) en dos líneas con una frecuencia de 0,32278 por ciento (Cuadro 5).

**Figura 4: Variación en el número de filas/flores laterales de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante radiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.**



-6h,FL.LL.DU.: Seis hileras, flores laterales con llenado desuniforme.

-6h,FL.LL.U. A.FC.FL.MO: Seis hileras, flores laterales con llenado uniforme, aristas de flores centrales y laterales modificadas.

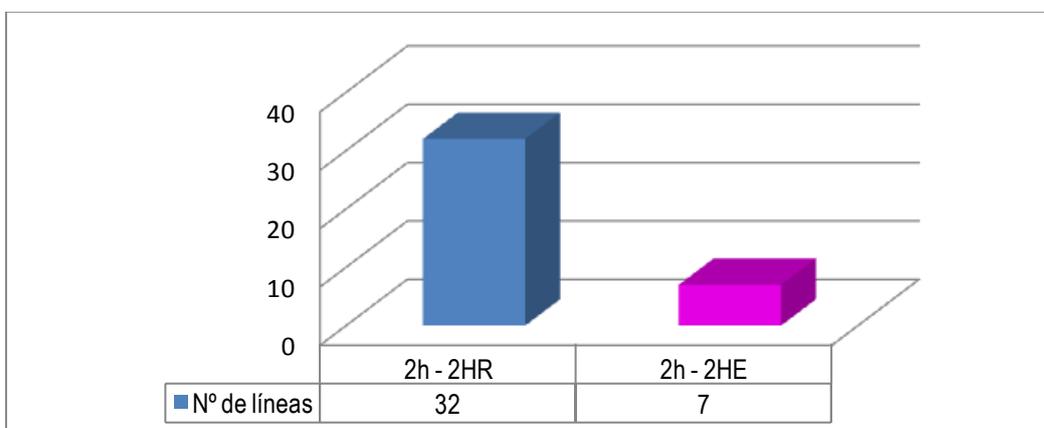
-2h,FL.LL.DU.A.MC.FL.: Dos hileras, flores laterales con llenado desuniforme y aristas más cortas que flores laterales.

-2HR: Dos hileras, espiga recta.

-2HE: Dos hileras, espiga erectoide.

\*Testigo: Seis hileras, flores laterales con llenado uniforme, arista de flores centrales y laterales uniformes.

**Figura 5: Variación en forma de la espiga de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante radiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.**



-2HR: Dos hileras, espiga recta.

-2HE: Dos hileras, espiga erectoide.

\*Testigo: Seis hileras, espiga recta.

**b) Forma de la espiga:**

En el caso de la forma de la espiga, se sabe que el tipo “erectoides” presenta una apariencia compacta o semicompacta causada por la reducción de la longitud de los entrenudos del raquis (Hagberg 1958; Persson & Hagberg, 1969). Además, estas plantas presentan una altura de dos tercios de una planta normal. Su fecundidad es parcial y su vigor reducido (Persson, 1969).

El material parental presenta una forma de espiga ligeramente curvada. Dentro de la población analizada (Figura 5), se identificó en el Grupo de 2 hileras “espigas rectas” (2HR) en 32 líneas mutantes y “espigas erectoides” (2HE) en siete líneas mutantes. El primero con una frecuencia general de 3,48964 por ciento y el segundo con una frecuencia de 0,94705 por ciento respectivamente (Cuadro 5).

**c) Densidad de la espiga:**

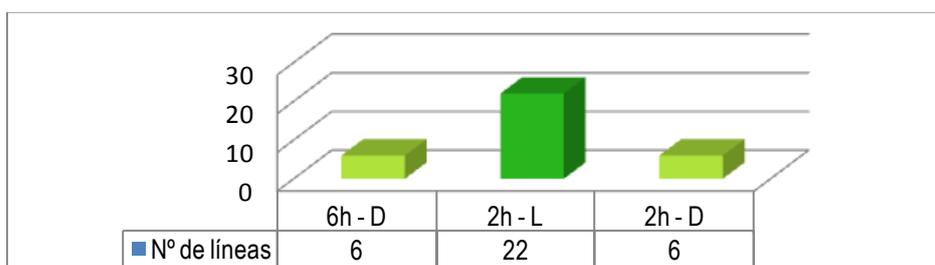
Larsson (1985) afirma que las espigas con densidad laxa son débiles y cortas (3/4 menor a lo normal) y además, las espiguillas se reducen, las semillas son pequeñas y delgadas y tienen un endospermo encogido (xenia) heterocigótica.

De las evaluaciones realizadas, se observa en la figura 6 que el descriptor “densidad de la espiga” se modificó de “intermedia” (INT) en el material parental a: “laxa” (L) y “densa” (D). En el Grupo de 6 hileras se encontraron espigas densas en seis líneas mutantes y con una frecuencia general de 0,73303 por ciento (Cuadro 4). En el Grupo de 2 hileras se encontraron los siguientes cambios: de espiga “intermedia” a “laxa” en 22 líneas mutantes y a “densa” en seis líneas mutantes. Las frecuencias fueron de 2,37376 y 0,70125 por ciento respectivamente (Cuadro 5).

**d) Tipo de arista:**

La mayoría de las variedades que presentan “aristas largas” son llamadas así porque sus aristas miden 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 y Wiebe, 1945).

**Figura 6: Variación en el tipo de densidad de la espiga de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante radiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.**



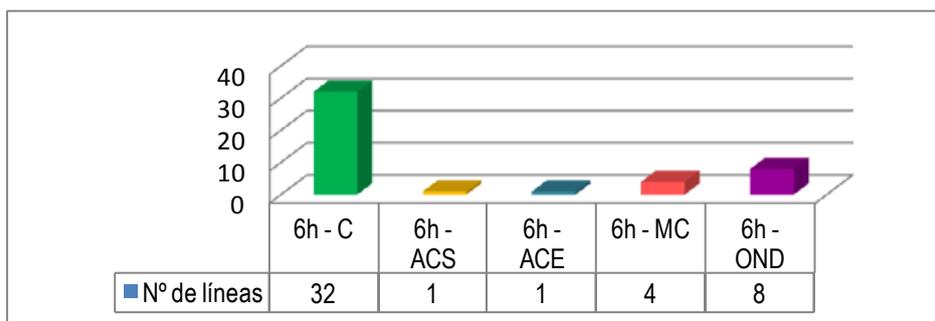
-6h - D: Seis hileras, densa.

-2h - L: Dos hileras, laxa.

-2h - D: Dos hileras, densa.

\*Testigo: Seis hileras, intermedia.

**Figura 7: Variación en el tipo de arista de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante radiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.**



-C: Corta.

-ACS: Arista con caperuza sésil.

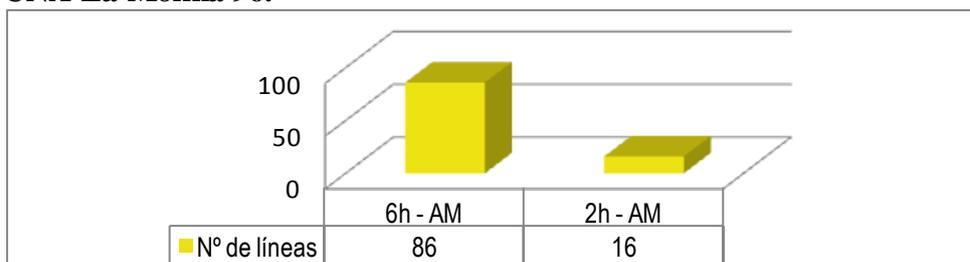
-ACE: Arista con caperuza elevada.

-MC: Arista muy crespa.

-OND: Arista ondeada.

\*Testigo: Arista larga.

**Figura 8: Variación en el color de la arista de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante radiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.**



-AM: Amarillo.

\*Testigo: Verde.

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 arista corta y mútica se encuentran en las cebadas de invierno (Aberg y Wiebe, 1945).

Las cebadas con arista tipo "caperuza" son encontradas en cebadas de invierno o primaverales. La caperuza se encuentra sobre un pequeño segmento de arista corta o sésil, unido directamente a la lemma. La caperuza puede tener un apéndice corto o puede ser más pequeño y apenas distinguirse. Este carácter es bastante estable bajo todas las condiciones climáticas por lo que se emplea en la clasificación de cebadas (Aberg y Wiebe, 1945).

De acuerdo al experimento realizado, el descriptor "tipo de arista" se modificó de "arista larga" (L) en el material parental a: "arista corta" (C) en 32 líneas mutantes, "arista acampanada de caperuza sésil" (ACS) en una línea mutante, "arista acampanada de caperuza elevada" (ACE) en una línea mutante, "arista muy crespada" (MC) en cuatro líneas mutantes y "arista ondeada" (OND) en ocho líneas mutantes. Estos cambios sólo fueron observados en el Grupo de 6 hileras (Cuadro 4). Las frecuencias generales fueron de 5,10062 por ciento, 0,19507 por ciento, 0,18457 por ciento, 0,43241 por ciento y de 1,08993 por ciento respectivamente.

e) **Color de arista:**

El descriptor "color de arista" se modificó de "verde" (V) a "amarillo" (AM), al estado de desarrollo del grano (Z.7.0 - 8.0). Esta mutación se observó en los Grupos de 6 y 2 hileras.

De acuerdo a la Figura 8, en el Grupo de 6 hileras se observó la mutación a color "amarillo" en 86 líneas con una frecuencia de mutación de 12,01197 por ciento y en el Grupo de 2 hileras en 16 líneas mutantes con una frecuencia de 1,64656 por ciento.

f) **Tipo de barba de la arista:**

En la mejora de la cebada, un considerable énfasis está puesto en la obtención de aristas sin barbas algunas de las cuales se cultivan comercialmente. Como muchos de los cruces son utilizados en la producción de variedades de aristas lisas, se escogen como progenitores a una variedad áspera aristada y otra lisa aristada. Los híbridos resultantes ocasionalmente tienen aristas con barba tipo intermedia. El grupo rugoso tiene barba en toda la longitud de las aristas, mientras que en las variedades lisas las aristas no presentan barba a excepción de algunas puntas de las aristas. La parte lisa de la arista en variedades intermedias es siempre al lado del grano e incluye una tercera parte a la mitad de la longitud de la arista (Aberg y Wiebe, 1945).

Entonces, de las evaluaciones realizadas, observamos en la Figura 9 que el descriptor “tipo de barba de la arista” se modificó de “intermedio” (INT) en el material parental a “rugoso” (RU) en los mutantes. Este cambio sólo se observó en dos líneas del Grupo de 6 hileras con una frecuencia general de 0,22423 por ciento.

#### **4.1.2.4 MUTACIONES EN ENVOLTURAS FLORALES**

Las evaluaciones de estas características fueron hechas a partir del estadio de antesis (Z.6.0) al estadio de maduración final (Z.9.0).

a) **Longitud de gluma y arista:**

Aberg y Wiebe (1945) afirman que la longitud real de la gluma sin su arista no puede ser utilizada con mucho éxito, pero su longitud en relación con la de la semilla es a veces útil para describir una variedad. En estos casos se expresa como una fracción de la longitud de la semilla.

El descriptor “longitud de gluma y arista” se modificó de “longitud de gluma menor al grano” (GL.ME.G.) en el material parental a: “longitud de gluma igual al tamaño del grano” (GL.I.G.), “longitud de gluma igual al doble del tamaño del grano” (GL.DO.G.) o “longitud de gluma igual a más del doble del tamaño del grano” (GL.MA.DO.G.).

Analizando la Figura 10, observamos que en el Grupo de 6 hileras se encontraron las mutaciones de “longitud de gluma igual al tamaño del grano” (GL.I.G.) en 136 líneas con una frecuencia general de mutación de 20,85999 por ciento y el de “longitud de gluma igual al doble del tamaño del grano” (GL.DO.G.) en nueve líneas con una frecuencia de 0,89195 por ciento (Cuadro 4). En el Grupo de 2 hileras se observó la mutación de “longitud de gluma igual al tamaño del grano” (GL.I.G.) en 10 líneas con una frecuencia de mutación de 0,96601 por ciento, “longitud de gluma igual al doble del tamaño del grano” (GL.DO.G.) en siete líneas con una frecuencia de 1,01266 por ciento y “longitud de gluma igual a más del doble del tamaño del grano” (GL.MA.DO.G.) observada en una línea mutante con una frecuencia de 0,14725 por ciento (Cuadro 5).

**b) Color de gluma:**

El color púrpura que se encuentra en las glumas y aristas es similar al encontrado en las vainas de las hojas y las aurículas y se debe al pigmento antocianina. Es posible distinguir variedades con una fuerte expresión de color de aquellos en los que todo el color está ausente (Aberg y Wiebe, 1945).

El descriptor “color de gluma” se modificó de “verde” (V) a: “púrpura” (P) o “rosado” (ROS), se evaluó al estado de desarrollo del grano (Z.7.0 – 8.0).

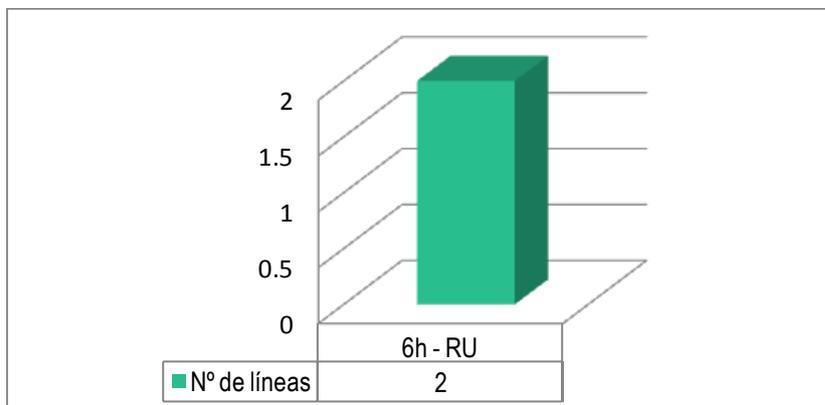
De acuerdo a la Figura 11, en el Grupo de 6 hileras se observó la mutación de color “purpura” (P) en una línea con una frecuencia de 0,15016 por ciento (Cuadro 4). En el Grupo de 2 hileras se identificaron 12 líneas con glumas de color “purpura” (P) que dieron una frecuencia general de 1,43779 por ciento y 10 líneas con las glumas de color “rosado” (ROS) con una frecuencia de 1,23951 (Cuadro 5).

#### **4.1.2.5 MUTACIONES EN EL FRUTO / SEMILLA:**

**a) Cubierta del grano:**

La distinción entre variedades de grano desnudo (la lemma y la palea no están adheridas a la cariósipide), y variedades cubiertas, donde sí se adhieren, se realiza sin dificultad. Este carácter es estable bajo todos los ambientes y se utiliza para clasificar variedades y en su descripción (Aberg y Wiebe, 1945).

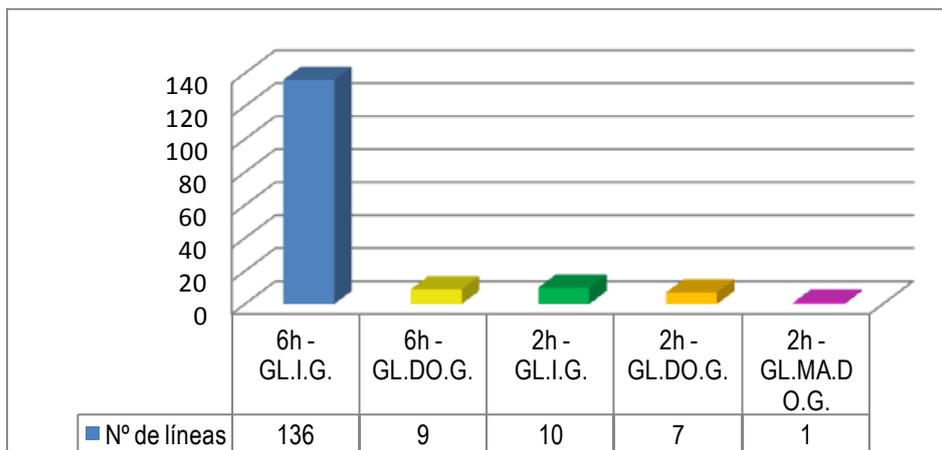
**Figura 9: Variación en el tipo de barba de la arista de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante radiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.**



-RU: *Rugosa*.

\*Testigo: *Intermedia*.

**Figura 10: Variación en la longitud de gluma y arista de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante radiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.**



-GL.I.G.: *Gluma igual al tamaño del grano.*

-GL.DO.G.: *Gluma igual al doble del tamaño del grano.*

-GL.MA.DO.G.: *Gluma igual a más del doble del tamaño del grano.*

\*Testigo: *Gluma menor al tamaño del grano.*

Es así que en las observaciones del experimento realizado se aprecia que el descriptor “cubierta del grano” se modificó de “grano cubierto” (GC) en el material parental a “grano desnudo” (GD), realizándose las evaluaciones en el estado de maduración del grano (Z.9.0).

De acuerdo a la Figura 12, en el Grupo de 6 hileras se encontró “grano desnudo” (GD) en cinco líneas con una frecuencia de mutación de 0,70796 por ciento (Cuadro 4) y en el Grupo de 2 hileras se observaron “granos desnudos” en 12 líneas mutantes que dieron una frecuencia de 1,55617 por ciento (Cuadro 5).

**b) Tipo de lemma:**

Aberg y Wiebe (1945) afirman que en caso la lemma cuente con la presencia de dientes, éstos se encuentran principalmente sobre el nervio del ápice de la lemma. Hay cinco nervios en cada lema: el nervio medio está situado en el centro del lado dorsal y casi siempre no presenta dientes; dos nervios laterales junto al nervio medio, y dos nervios marginales situados cerca de los márgenes de la lemma, que en la mayoría de variedades no son tan fuertemente dentados que los laterales.

El descriptor “tipo de lemma” se evaluó en maduración del grano (Z.9.0) y la mutación observada fue de lemma “con dientes” (CDN) en el material parental a lemma “sin dientes” (SDN) en los mutantes.

Tal y como se observa en la Figura 13, en el Grupo de 6 hileras se encontraron dos líneas con tipo de lemma “sin dientes” con una frecuencia de 0,30674 por ciento (Cuadro 4). En el Grupo de 2 hileras se observaron 11 líneas “sin dientes” también y que dio lugar a una frecuencia de 1,40284 por ciento (Cuadro 5).

**c) Color de la nervadura de la lemma:**

El descriptor “color de la nervadura de la lemma” se modificó o mutó de “nervadura sin color” (SC) a “nervadura con color” (CC). La información se evaluó en el estado de desarrollo del grano (Z.7.0 – 0.8).

En la Figura 14, podemos observar que en el Grupo de 6 hileras, cinco líneas presentaron “nervaduras con color” con la frecuencia de 0,77243 por ciento (Cuadro 4). En

el Grupo de 2 hileras se observaron estas mutaciones en 26 líneas con una frecuencia de 3,29661 por ciento (Cuadro 5).

**d) Longitud de pubescencia en la raquilla:**

La longitud de la pubescencia de la raquilla está altamente correlacionada con la longitud de los pelos en las glumas y los bordes del raquis. Es un caracter muy útil para la identificación de variedades, tanto en el campo y al momento del trillado. Con respecto a este caracter, las variedades se dividen en dos grupos: aquellos con los pelos largos y los que tienen pelos cortos. Las muestras que presentan pelos largos presentan pelos largos, rectos, no ramificados y tienden a estar en un patrón paralelo; en cambio, en el grupo de pelo corto, se observan los pelos torcidos o bifurcados y tienden a superponerse entre sí mostrando una apariencia peluda (Aberg y Wiebe, 1945).

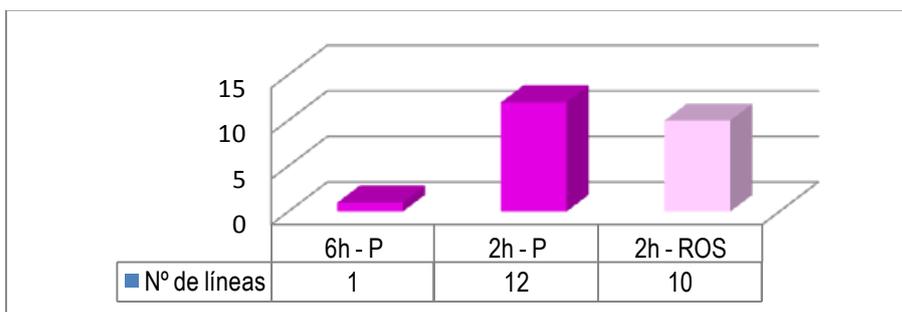
El descriptor “longitud de pubescencia en la raquilla” se modificó de corto” (C) a “largo” (L), se evaluó en el estado de maduración del grano (Z.9.0).

De acuerdo a la Figura 15, en el Grupo de 6 hileras se identificaron 12 líneas con esta mutación y la frecuencia fue de 1,76523 por ciento (Cuadro 4). En el Grupo de 2 hileras se observó una mutación igual en 23 líneas con una frecuencia de 2,70558 por ciento (Cuadro 5).

De los quince descriptores evaluados, se observa que todos presentaron modificaciones o mutaciones, las cuales fueron observadas a partir de la generación  $M_2$  y se mantienen hasta la generación  $M_8$ , a excepción de “color de lemma”, que recién fue detectado en esta generación.

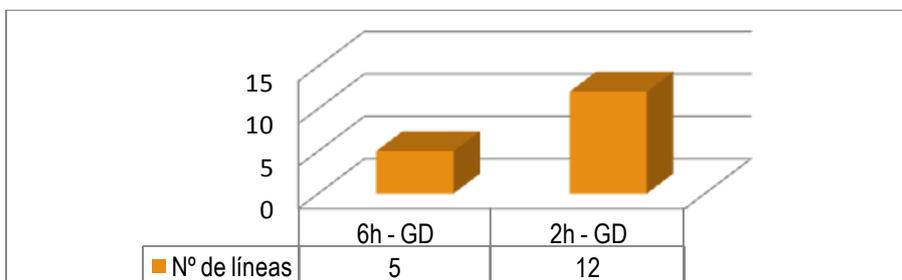
Estas modificaciones o mutaciones en su mayoría fueron identificables a simple vista y se dieron en diversas partes de la planta tales como en el tallo, hoja, espiga, envolturas florales y en la semilla.

**Figura 11: Variación en el color de gluma de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante radiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.**



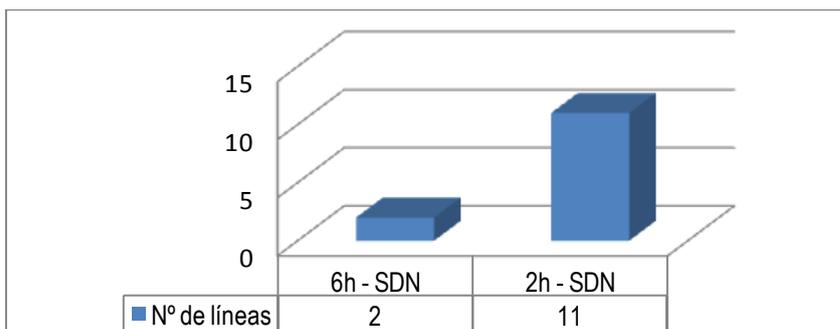
-P: Púrpura.  
 -ROS: Rosado.  
 \*Testigo: Verde.

**Figura 12: Variación en la cubierta del grano de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante radiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.**



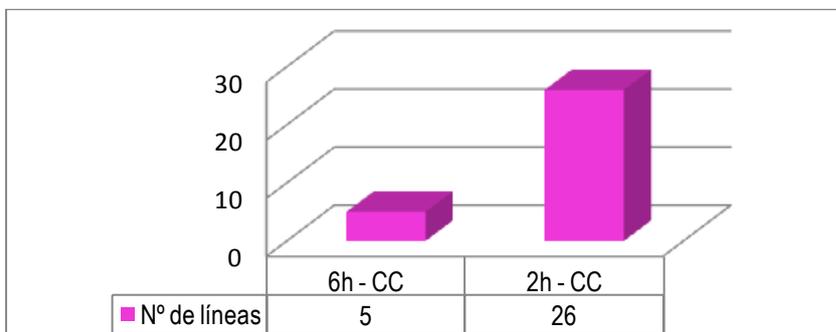
-GD: Grano desnudo.  
 \*Testigo: Grano cubierto.

**Figura 13: Variación en el tipo de lemma de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante radiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.**



-SDN: Sin dientes.  
 \*Testigo: Con dientes.

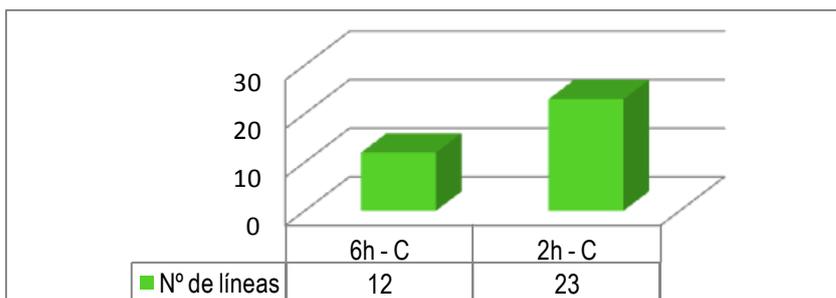
**Figura 14: Variación en el color de la nervadura de la lemma de líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante radiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.**



-CC: Con color (antocianina).

\*Testigo: Sin color.

**Figura 15: Variación en la longitud de la pubescencia de la raquilla en líneas mutantes de cebada  $M_8$  desarrolladas mediante radiación gamma (250 Gray) a partir del material parental UNA La Molina 96.**



-C: Corta.

\*Testigo: Largo.

## 4.2 CARACTERES CUANTITATIVOS

Los caracteres cuantitativos deben ser evaluados a partir de la generación M<sub>3</sub> hacia adelante, por lo tanto los valores observados en esta generación M<sub>8</sub> que fueron significativamente diferentes (en la mayoría de los casos fue una diferencia superior o inferior al 20 por ciento del valor del testigo) fueron considerados como mutaciones.

Además, las 665 líneas se agruparon en función del número de hileras y de la presencia de mutaciones clorofílicas tal y como se muestra en la Figura 1. Es así que dentro de los grupos con espigas de seis hileras consideramos el Grupo 1-6HIL que presenta diversas mutaciones de clorofila (1.1.-Albina, 1.2.-Chlorina, 1.3.-Lutescens, 1.4.-Striata, 1.5.-Tigrina y 1.6.-Xantha) y el Grupo 2-6HIL sin mutaciones de Clorofila. Dentro de los grupos con espigas de dos hileras se encuentran el Grupo 3-2HIL con mutaciones de clorofila (3.1.-Tigrina) y el Grupo 4-2HIL sin mutaciones de clorofila. Los grupos con mutaciones de clorofila se subdividieron en nuevos grupos en función al tipo de mutación de clorofila tal como se describe en el Cuadro 7.

**Cuadro 7: Clasificación del material evaluado en función al número de hileras y a la presencia de determinada mutación clorofílica.**

<b>Grupos de estudio con mutación clorofílica.</b>	<b>N° de líneas mutantes.</b>
<b><i>Grupo 1-6HIL</i></b>	
-Grupo 1.1.-Albina y otros.	12
-Grupo 1.2.-Chlorina y otros.	12
-Grupo 1.3.-Lutescens y otros.	5
-Grupo 1.4.-Striata y otros.	177
-Grupo 1.5.-Tigrina y otros.	40
-Grupo 1.6.-Xantha y otros.	7
<b><i>Grupo 3-2HIL</i></b>	
-Grupo 3.1. Tigrina y otros	3

#### 4.2.1 MUTACIONES DE CARACTERES AGRONÓMICOS:

Los valores del testigo se obtuvieron del promedio de las siete repeticiones, distribuidas en diferentes posiciones del campo experimental (cada 100 parcelas). Para considerar como diferentes determinadas líneas, se calculó el diez por ciento superior e inferior de altura de planta y de días al espigado (Cuadro 8) y para los caracteres porcentaje de acame y rendimiento un 20 por ciento superior e inferior de diferencia.

**Cuadro 8: Valores promedios de caracteres agronómicos de material parental variedad UNA La Molina 96.**

Caracteres evaluados		Altura de planta (cm)	Espigado (días)
TESTIGO (promedio)	UNA La Molina 96	98.0	76.0
Rango considerado como no variación	10 por ciento inferior	88	60
	10 por ciento superior	108	91

Caracteres evaluados		Acame (%)	Rendimiento (Kg/ha)
TESTIGO (promedio)	UNA La Molina 96	62.0	4246
Rango considerado como no variación	20 por ciento inferior	49	3396
	20 por ciento superior	74	5095

##### a) ALTURA DE PLANTA

Registros de la variedad UNA La Molina 96 mencionan que este material genético presenta una altura promedio de 90 cm. En el presente experimento, el testigo mostró una altura promedio de 98 cm, por lo que se consideró como diferentes a todas aquellas plantas con 10 por ciento de diferencia (Cuadro 8). Las líneas que presentaron una reducción en la altura fueron las que presentaron valores menores a 88 cm las cuales manifestaron una frecuencia de mutación de 2,126 por ciento y las líneas que presentaron un incremento en la altura de planta fueron valores superiores a 107 cm mostrando una frecuencia de mutación de 7,989 por ciento.

**b) DIAS AL ESPIGADO**

La literatura menciona que la variedad UNA La Molina 96 espiga entre los 60 a 70 días aproximadamente. En el presente experimento, el testigo tuvo un valor promedio de días al espigado de 76 días, por lo que se consideró como diferentes a todas aquellas plantas con 10 por ciento de diferencia (Cuadro 8). Las líneas que manifestaron un incremento para el carácter días al espigado presentaron valores superiores a 86 días mostrando una frecuencia de mutación de 5,987 por ciento y las líneas que manifestaron una reducción presentando valores menores a 66 días mostraron una frecuencia de mutación de 0,198 por ciento.

**c) PORCENTAJE DE ACAME**

El acame o caída de plantas al suelo es un problema grave en el cultivo de cebada asociado a la altura de planta o a la calidad de la paja. Es así que en el presente experimento, el testigo UNA La Molina 96 mostró un valor de 62 por ciento de acame o tumbado (Cuadro 8), considerando este valor se identificaron como diferentes aquellas líneas con valores menores y mayores al 20 por ciento del valor promedio del testigo encontrándose que las líneas con porcentaje de acame mayores al 74 por ciento mostraron un 31,15 por ciento de frecuencia de mutación y las líneas con un porcentaje de acame menor al 49 por ciento tuvieron una frecuencia del 16,506 por ciento.

**d) RENDIMIENTO (kg/ha)**

Para el carácter rendimiento de grano (kg/ha), el testigo presentó en promedio 4246 kg/ha bajo las condiciones experimentales de la presente investigación (Cuadro 8). Observando los diversos grupos, podemos identificar diversos valores para el carácter evaluado pero para ser consideradas como diferentes se contabilizó cuales eran mayores y menores al 20 por ciento del valor del testigo. Las líneas que mostraron rendimientos menores a 3396 kg/ha presentaron una frecuencia de mutación de 32,374 por ciento y las líneas que mostraron rendimientos mayores a 5095 kg/ha presentaron una frecuencia de 9,413 por ciento.

#### 4.2.2 MUTACIONES DE RESISTENCIA / TOLERANCIA A ENFERMEDADES:

UNA La Molina 96 es resistente a la roya amarilla, la enfermedad más importante del Perú y que afecta principalmente al cultivo de cebada en las regiones de la sierra. Considerando que el presente experimento se realizó bajo condiciones de costa, se presenta en el Cuadro 9 la respuesta del material parental o testigo sin irradiar a las enfermedades que se desarrollaron durante la conducción del experimento y que fueron: Roya de la hoja (*Puccinia hordei*), Oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) y Mancha moteada (*Cochliobolus sativus*) que son enfermedades propias de la costa y a su vez se muestra los rangos para considerar una líneas como posible no mutante.

**Cuadro 9: Valores observados como respuesta a la presencia de enfermedades del material parental o testigo sin irradiar UNA La Molina 96.**

Caracteres evaluados		Valor Roya Morena	Valor Oídio	Valor Mancha foliar
TESTIGO (promedio)	UNA La Molina 96	8.0	17.0	27.0
Rango considerado como no variación	20 por ciento inferior	6.4	13.4	32.4
	20 por ciento superior	9.6	20.4	21.6

##### a) ROYA DE LA HOJA:

El material parental UNA La Molina 96 tuvo un valor promedio de 8 para el Coeficiente de infección en esta enfermedad (Cuadro 9). Las evaluaciones realizadas permitieron identificar líneas que podrían considerarse como diferentes al material parental por presentar valores del Coeficiente de infección menores o mayores al 20 por ciento del valor mostrado por el testigo. Es así que las líneas que presentaron valores menores a siete mostraron una frecuencia de mutación del 62,068 por ciento y las líneas que presentaron valores mayores a nueve mostraron una frecuencia de 32,089 por ciento.

**b) OÍDIO:**

Bajo las condiciones experimentales de la presente investigación, el testigo UNA La Molina 96 presentó un valor del Coeficiente de infección de 17 en promedio (Cuadro 9). Es así que dentro de las diversas líneas evaluadas, se consideró como mutante a aquellas líneas que mostraron un incremento o reducción del 20 por ciento del valor promedio del testigo. Entonces, las líneas con valores del Coeficiente de infección mayores a 20 mostraron una frecuencia de mutación de 43,06 por ciento y las líneas con valores menores a 14 mostraron una frecuencia de mutación de 34,973 por ciento.

**c) MANCHA MOTEADA:**

Para la enfermedad mancha moteada, el testigo presentó un valor promedio del Coeficiente de infección de 27 (Cuadro 9) y para considerar como diferentes las demás líneas, se calculó cuáles fueron las que presentaron valores menores y mayores al testigo en un 20 por ciento. Es así que se obtuvo la siguiente información: las líneas con valores menores a 22 presentaron una frecuencia de mutación de 47,497 por ciento y las líneas que presentaron valores mayores a 32 mostraron una frecuencia de mutación de 24,238 por ciento.

Es de suma importancia la resistencia / tolerancia genética de la cebada a enfermedades en el Perú debido a que los agricultores que siembran cebada, en su mayoría, tienen muy poca capacidad económica y no les es accesible comprar pesticidas por lo que una variedad resistente será la solución más factible para este contexto. Además de ello, es importante considerar que el no empleo de fungicidas disminuye los costos de producción y contamina menos el medio ambiente.

**4.2.3 MUTACIONES DE CARACTERES DE CALIDAD:**

Los valores de los caracteres de calidad del testigo UNA La Molina 96 sin irradiar se presentan en el Cuadro 10 y fueron los que se evaluaron en el presente experimento.

**Cuadro 10: Caracteres de calidad del testigo UNA La Molina 96.**

Caracteres evaluados		Peso hectolítrico (kg/hl)	Granos de primera (%)	Contenido de proteína (%)	Peso de mil granos (g)
TESTIGO (promedio)	UNA La Molina 96	66.0	97.6	10.5	56.8
Rango considerado como no variación	20 por ciento inferior	52.8	8.4	12.6	44.8
	20 por ciento superior	79.2	12.6	8.4	67.2

**a) PESO HECTOLÍTRICO:**

Esta característica se encuentra fuertemente relacionada con el grado de calidad del grano (tamaño de grano, forma, contenido de almidón, etc). En cuanto al presente experimento, el material parental presentó un valor promedio de 66 kg/hl (Cuadro 10) y para considerar las demás líneas como diferentes, debieron presentar valores superiores o inferiores al valor promedio del testigo en 20 por ciento. De esta forma, se identificaron líneas mayores a 79,2 kg/hl presentando una frecuencia de mutación de 0,250 por ciento. Dentro de la población evaluada no se identificaron líneas menores a 52,8 kg/hl.

**b) GRANOS DE PRIMERA (GRANULOMETRÍA)**

Es una medida relacionada con el tamaño del grano y su grado de llenado. Para el carácter granos de primera, el testigo presentó un valor promedio de 97,6 por ciento de granos de primera (Cuadro 10). Para considerar como diferentes determinadas líneas, se identificaron cuáles fueron las que presentaron valores menores y mayores al 20 por ciento del valor promedio del testigo. Es así que se las líneas con valores menores a 78,1 por ciento mostraron una frecuencia de mutación de 0,577 por ciento y en el caso de las líneas con valores mayores al 100 por ciento no se identificó ninguna línea.

**c) CONTENIDO DE PROTEÍNA DEL GRANO**

Para el carácter contenido de proteínas, el testigo presentó un valor promedio de 10,5 por ciento (Cuadro 10). Y para identificar como diferentes cierto número de líneas, debían ser superiores o inferiores en 20 por ciento al valor promedio del testigo. Así es que se identificaron líneas superiores a 12,6 por ciento con una frecuencia de mutación de

5,422 por ciento y las líneas inferiores a 8,5 por ciento presentaron una frecuencia de 0,077 por ciento.

**d) PESO DE MIL GRANOS**

Otro carácter importante para la industria es el peso de mil granos. Se puede apreciar que el testigo tuvo un peso de 56,8 gramos en promedio (Cuadro 10). Se observaron valores superiores e inferiores al testigo pero para considerarlos como diferentes debieron ser mayores o menores al valor promedio del testigo en un 20 por ciento. De esta forma, las líneas menores a 44,8 gramos mostraron una frecuencia de mutación de 3,993 por ciento y las líneas mayores a 67,2 gramos tuvieron una frecuencia de mutación de 1,850 por ciento.

Los estándares establecidos por la industria maltera deben cumplir los siguientes valores: peso de mil granos mayor a 50 gramos, clasificación de granos de primera mayor a 95 por ciento, peso hectolítrico mayor o igual a 70 kg/hl y valor de contenido de proteína en base seca entre 10 y 12 por ciento para malta.

De los resultados anteriormente descritos, podemos observar que dentro de los caracteres agronómicos, la frecuencia de mutación más alta se dio para el carácter rendimiento, específicamente en el grupo de las líneas superiores al 20 por ciento del valor del testigo y la frecuencia de mutación más baja se dio para el carácter espigado en el grupo menor en 20 por ciento del valor del testigo.

Para las evaluaciones de enfermedades, se observó que la frecuencia de mutación más alta se encontró en la enfermedad “roya de la hoja” en el grupo de líneas con valores menores al 20 por ciento del testigo y la menor frecuencia de mutación se dio para la enfermedad “mancha moteada” para los valores menores al 20 por ciento del valor promedio del testigo.

Y para los caracteres de calidad se observó que el mayor valor de frecuencia de mutación se dio para el carácter contenido de proteínas para el grupo con valores mayores al 20 por ciento y el valor más bajo de la frecuencia de mutación fue de cero para los

caracteres peso hectolítrico (grupo con valores menores a 52,8 kg/hl) y porcentaje de granos de primera (grupo con valores mayores a 100 por ciento).

Sağel, *et al.*, (2009), lograron obtener una variedad de garbanzo ‘Taek-Sagel’ a partir de la irradiación de tres variedades parentales (Ak-71114, Akcin y ILC482) con ocho diferentes dosis de rayos Gamma (entre 50 y 400 Gy). Esta variedad presenta mejor contenido de proteínas (23,3 por ciento, superando a los testigos que presentaban valores entre 21,4 y 23,0 por ciento) y mejor rendimiento (18,6 kg/ha, superando a los testigos que presentaban valores entre 17,75 y 21,28 kg/ha).

Gómez, *et al.*, (2009), irradiaron con rayos gamma la variedad de cebada ‘Buenavista’ con 200 y 300 Gy obteniendo la variedad ‘Centenario’ que presentó mejoras respecto al contenido de proteínas (superior al testigo en 0,93 por ciento), peso de mil granos (superior al testigo en 1,28 gramos) y peso hectolítrico (superior al testigo en 5,8 kg/hl). Además, se logró acortar su ciclo de vida y obtener mejor resistencia a la roya amarilla por lo que es una variedad adecuada para las zonas altoandinas del Perú.

Patnaik (2009), luego de irradiar doce variedades de arroz con 200, 250 y 300 Gy, en la generación M<sub>4</sub> obtuvo mutantes con una reducción en el tamaño de planta en la variedad ‘Dubraj’ en más de 50 cm y en la variedad ‘Kalajeera’ fue de 30 cm. Además, se obtuvieron mutantes con floración temprana a partir de tres variedades: ‘Chinikamini’ (menor en 1 a 10 días), ‘Kalajeera’ (menor en 1 a 6 días) y ‘Kalanamak’ (menor en 1 a 21 días).

Das y Bhagwat (2009), irradiaron la variedad ‘C-306’ de avena con 200, 300 y 400 Gy obteniéndose siete líneas que presentaron una mejora en el valor del peso de mil granos, superando al testigo en un rango de 0,4 a 2,7 gramos. Se afirma que pudo ser debido a un aumento del tamaño del grano por factores genéticos o a una maduración del grano bajo condiciones favorables. También, estos mutantes presentaron una floración temprana entre 12 a 20 días antes que el material parental (75 días), y se obtuvieron dos líneas con un porcentaje mayor de proteínas en comparación al testigo (superiores en un rango de 0,65 y 1,78 por ciento).

Luego de irradiar semillas de soja ‘VLS-2’ con 250 Gy, Manjaya (2009) obtuvo el mutante M-60 de porte bajo con mayor contenido de proteína (41.7 por ciento) que superó al material parental ‘VLS-2’ en 2 por ciento. Además, obtuvo el mutante M-17 que presentaba un mayor rendimiento por planta en comparación al testigo (superior en 4.8 gramos).

- **OBJETIVO 2: Identificación de genotipos valiosos, iguales o superiores al material original sin irradiar, dentro de la población de líneas mutantes.**

Este objetivo se determinó considerando en primer lugar el grado de variación causado por la aplicación del agente mutagénico en la línea pura o material testigo variedad UNA La Molina 96, para lo cual se aplicó el Análisis de componentes principales, empleando los datos de caracteres cuantitativos evaluados en la investigación presente, siguiendo el procedimiento descrito por Franco e Hidalgo (2003) y usando el software MINITAB 14. Posteriormente se hizo la determinación de la Distancia Euclidiana para seleccionar las líneas con caracteres más cercanos al de la variedad objetivo de este plan de mejora empleando inducción de mutaciones. Ambos procedimientos están descritos en detalle en la sección Materiales y Métodos.

#### **4.3 DETERMINACIÓN DEL GRADO DE VARIABILIDAD Y CONTRIBUCIÓN DE LOS CARACTERES ESTUDIADOS AL GRADO DE VARIACIÓN**

Este estudio se realizó empleando el Análisis de componentes principales considerando cada grupo y sub grupos mutantes del experimento.

a) **GRUPO 1: 6HIL**

- **Sub Grupo 1.1 – Albina:**

En este sub grupo de mutación, conformado por 12 líneas, se identificaron tres componentes con valores mayores a uno, que explican el 75,9 por ciento de la variación fenotípica observada en este plantel. El componente 1 (peso de mil granos) explica el 45,2

**Cuadro 11: Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el grupo 1, sub grupo 1.1 – Albina.**

Componentes	Eigenvalues	Proporción de la Variancia Total (por ciento)	Variancia acumulativa (por ciento)
1	4.9671	45.2	45.2
2	2.094	19	64.2
3	1.2861	11.7	75.9
4	0.7855	7.1	83
5	0.6838	6.2	89.2
6	0.653	6	95.2
7	0.3079	2.8	98
8	0.1367	1.2	99.2
9	0.0574	0.5	99.7
10	0.0265	0.3	100
11	0.0019	0	100
<b>Total</b>		100	

**Cuadro 12: Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los tres principales componentes empleados para discriminar el plantel de caracterización para el grupo CMC 6h – Albina.**

Descriptor	PC1	PC2	PC3
Altura de planta (cm)	-0.341	-0.321	-0.157
Espigado (días)	0.072	-0.094	<b>-0.715</b>
Acame (%)	0.331	0.174	0.156
Valor Roya hoja	-0.134	<b>0.602</b>	-0.176
Valor Oidio	0.301	-0.244	-0.429
Valor mancha moteada	-0.319	-0.261	-0.266
Rendimiento (Kg/ha)	-0.017	-0.551	0.388
Peso Hectolítico (Kg/Hl)	0.381	-0.171	-0.048
Granos de primera (%)	0.406	0.104	-0.043
Contenido de proteína (%)	0.286	-0.059	0.008
Peso de mil granos (g)	<b>0.408</b>	-0.144	0.016

por ciento de la variación fenotípica, el componente 2 (valor de roya de la hoja) el 19 por ciento y el componente 3 (días al espigado) explica el 11,7 por ciento (Cuadro 11).

El cálculo de la correlación entre los principales componentes (Cuadro 12) y los caracteres evaluados en el estudio (valor “r”) permitieron identificar los caracteres asociados con los componentes responsables de la mayor variación fenotípica observada. Existe una correlación positiva alta del componente 1 con peso de mil granos. El componente 2 tiene una correlación positiva alta con valor de roya de la hoja. El componente 3 tiene una correlación negativa más alta con días al espigado.

- **Sub Grupo 1.2– Chlorina:**

En este sub grupo de mutación, conformado por 12 líneas, se identificaron tres componentes con valores mayores a uno, que explican el 86,3 por ciento de la variación fenotípica observada en este plantel. El componente 1 (rendimiento) explica el 36,8 por ciento de la variación fenotípica, el componente 2 (porcentaje de acame) el 27,5 por ciento, el componente 3 (valor de roya de la hoja) explica el 12,6 por ciento y el componente 4 (peso de mil granos) explica el 9,4 por ciento (Cuadro 13).

El cálculo de la correlación entre los principales componentes (Cuadro 14) y los caracteres evaluados en el estudio (valor “r”) permitieron identificar los caracteres asociados con los componentes responsables de la mayor variación fenotípica observada. Existe una correlación positiva alta del componente 1 con el rendimiento. El componente 2 tiene una correlación negativa alta con el porcentaje de acame. El componente 3 tiene una correlación negativa más alta con el valor de la roya de la hoja. El componente 4 tiene una correlación negativa más alta con el peso de mil granos.

- **Sub Grupo 1.3 - Lutescens:**

En este sub grupo de mutación, conformado por cinco líneas, se identificaron dos componentes con valores mayores a uno, que explican el 94,6 por ciento de la variación fenotípica observada en este plantel. El componente 1 (porcentaje de acame) explica el 43,9 por ciento de la variación fenotípica, el componente 2 (días al espigado y valor de

**Cuadro 13: Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el Grupo 1, sub grupo 1.2 – Chlorina.**

Componentes	Eigenvalues	Proporción de la Variancia Total (por ciento)	Variancia acumulativa (por ciento)
1	4.0524	36.8	36.8
2	3.0153	27.5	64.3
3	1.3878	12.6	76.9
4	1.0365	9.4	86.3
5	0.6258	5.7	92
6	0.4225	3.8	95.8
7	0.2349	2.2	98
8	0.1498	1.3	99.3
9	0.056	0.5	99.8
10	0.0154	0.2	100
11	0.0036	0	100
<b>Total</b>		100	

**Cuadro 14: Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los cuatro principales componentes empleados para discriminar el plantel de caracterización para el grupo 1, sub grupo 1.3 – Chlorina.**

Descriptor	PC1	PC2	PC3	PC 4
Altura de planta (cm)	0.324	-0.095	0.433	-0.312
Espigado (días)	0.392	0.207	0.193	0.346
Acame (%)	0.053	<b>-0.486</b>	0.107	0.252
Valor Roya hoja	-0.118	0.177	<b>-0.707</b>	-0.078
Valor Oídio	0.226	0.333	-0.013	0.344
Valor mancha moteada	-0.324	0.376	0.206	-0.100
Rendimiento (Kg/ha)	<b>0.408</b>	-0.187	-0.280	-0.041
Peso Hectolítrico (Kg/Hl)	0.351	0.287	-0.257	-0.299
Granos de primera (%)	0.214	0.394	0.049	0.434
Contenido de proteína (%)	-0.305	0.374	0.254	-0.184
Peso de mil granos (g)	0.374	0.126	0.098	<b>-0.522</b>

**Cuadro 15: Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el grupo 1, sub grupo 1.3 - Lutescens.**

Componentes	Eigenvalues	Proporción de la Variancia Total (por ciento)	Variancia acumulativa (por ciento)
1	4.8267	43.9	43.9
2	3.4535	31.4	75.3
3	2.1246	19.3	94.6
4	0.431	3.9	98.5
5	0.1641	1.5	100
6	0	0	100
7	0	0	100
8	0	0	100
9	0	0	100
10	0	0	100
11	0	0	100
<b>Total</b>		100	

**Cuadro 16: Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los tres principales componentes empleados para discriminar el plantel de caracterización para el grupo 1, sub grupo 1.3 - Lutescens.**

Descriptor	PC1	PC2	PC3
Altura de planta (cm)	-0.214	0.367	0.353
Espigado (días)	0.110	<b>-0.439</b>	0.356
Acame (%)	<b>-0.446</b>	0.074	-0.010
Valor Roya hoja	-0.039	<b>0.439</b>	-0.329
Valor Oídio	0.431	-0.147	-0.016
Valor mancha moteada	0.152	0.346	0.422
Rendimiento (Kg/ha)	0.399	0.257	-0.041
Peso Hectolítrico (Kg/Hl)	0.150	-0.093	<b>-0.583</b>
Granos de primera (%)	0.303	-0.329	0.250
Contenido de proteína (%)	-0.421	-0.146	0.110
Peso de mil granos (g)	0.288	0.360	0.216

roya de la hoja) el 31,4 por ciento y el componente 3 (peso hectolítrico) el 19.3 por ciento (Cuadro 15).

El cálculo de la correlación entre los principales componentes (Cuadro 16) y los caracteres evaluados en el estudio (valor “r”) permitieron identificar los caracteres asociados con los componentes responsables de la mayor variación fenotípica observada. Existe una correlación negativa alta del componente 1 con el porcentaje de acame. El componente 2 tiene una correlación negativa alta con los días al espigado y el valor de roya de la hoja. El componente 3 tiene una correlación negativa alta con el peso hectolítrico.

- **Sub Grupo 1.4 – Striata:**

En este sub grupo de mutación, conformado por 177 líneas, se identificaron cuatro componentes con valores mayores a uno, que explican el 63,7 por ciento de la variación fenotípica observada en este plantel. El componente 1 (peso de mil granos) explica el 25,6 por ciento de la variación fenotípica, el componente 2 (valor de mancha moteada) el 16,6 por ciento, el componente 3 (valor de Oídio) explica el 11,4 por ciento y el componente 4 (altura de planta) explica el 10,1 por ciento (Cuadro 19).

En este sub grupo de mutación, conformado por 177 líneas, se identificaron cuatro componentes con valores mayores a uno, que explican el 63,7 por ciento de la variación fenotípica observada en este plantel. El componente 1 (peso de mil granos) explica el 25,6 por ciento de la variación fenotípica, el componente 2 (valor de mancha moteada) el 16,6 por ciento, el componente 3 (valor de Oídio) explica el 11,4 por ciento y el componente 4 (altura de planta) explica el 10,1 por ciento (Cuadro 17).

El cálculo de la correlación entre los principales componentes (Cuadro 18) y los caracteres evaluados en el estudio (valor “r”) permitieron identificar los caracteres asociados con los componentes responsables de la mayor variación fenotípica observada. Existe una correlación positiva alta del componente 1 con peso de mil granos. El componente 2 tiene una correlación positiva alta con el valor de la mancha moteada. El componente 3 tiene la correlación más alta con el valor de oídio. El componente 4 una correlación positiva alta con altura de planta

**Cuadro 17: Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el grupo 1, sub grupo 1.4 – Striata.**

Componentes	Eigenvalues	Proporción de la Variancia Total (por ciento)	Variancia acumulativa (por ciento)
1	2.8204	25.6	25.6
2	1.8177	16.6	42.2
3	1.2565	11.4	53.6
4	1.1149	10.1	63.7
5	0.8605	7.8	71.5
6	0.708	6.5	78
7	0.6161	5.6	83.6
8	0.6043	5.5	89.1
9	0.473	4.3	93.4
10	0.4152	3.8	97.2
11	0.3133	2.8	100
<b>Total</b>		100	

**Cuadro 18: Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los cuatro principales componentes empleados para discriminar el plantel de caracterización para el grupo 1, sub grupo 1.4 – Striata.**

Descriptor	PC1	PC2	PC3	PC4
Altura de planta (cm)	0.266	-0.029	-0.198	<b>0.651</b>
Espigado (días)	0.154	0.502	0.375	0.149
Acame (%)	-0.393	-0.011	-0.080	0.123
Valor Roya hoja	-0.066	0.500	-0.259	-0.272
Valor Oidio	0.110	0.150	<b>0.757</b>	-0.122
Valor mancha moteada	0.056	<b>0.504</b>	-0.142	0.129
Rendimiento (Kg/ha)	0.392	-0.006	-0.052	0.308
Peso Hectolítrico (Kg/Hl)	0.396	-0.166	0.074	0.143
Granos de primera (%)	0.347	0.047	-0.325	-0.427
Contenido de proteína (%)	-0.350	0.372	-0.118	0.324
Peso de mil granos (g)	<b>0.423</b>	0.228	-0.158	-0.177

- **Sub grupo 1.5 – Tigrina:**

En este sub grupo de mutación, conformado por 40 líneas, se identificaron cuatro componentes con valores mayores a uno, que explican el 71.4 por ciento de la variación fenotípica observada en este plantel. El componente 1 (peso de mil granos) explica el 23,9 por ciento de la variación fenotípica, el componente 2 (porcentaje de contenido de proteínas) el 19,7 por ciento, el componente 3 (días al espigado) el 14,4 por ciento y el componente 4 (peso hectolítrico) explica el 13,4 por ciento (Cuadro 19).

El cálculo de la correlación entre los principales componentes (Cuadro 20) y los caracteres evaluados en el estudio (valor “r”) permitieron identificar los caracteres asociados con los componentes responsables de la mayor variación fenotípica observada. Existe una correlación positiva alta del componente 1 con el peso de mil granos. El componente 2 tiene una correlación negativa alta con el porcentaje de contenido de proteínas. El componente 3 tiene una correlación negativa alta con días al espigado. El componente 4 una correlación negativa más alta con el peso hectolítrico.

- **Sub Grupo 1.6– Xantha:**

En este sub grupo de mutación, conformado por siete líneas, se identificaron tres componentes con valores mayores a uno, que explican el 88,6 por ciento de la variación fenotípica observada en este plantel. El componente 1 (valor de la mancha moteada) explica el 50,9 por ciento de la variación fenotípica y, el componente 2 (porcentaje de acame) el 26 por ciento y el componente 3 (peso de mil granos) el 11,7 por ciento (Cuadro 21).

El cálculo de la correlación entre los principales componentes (Cuadro 22) y los caracteres evaluados en el estudio (valor “r”) permitieron identificar los caracteres asociados con los componentes responsables de la mayor variación fenotípica observada. Existe una correlación positiva alta del componente 1 con el valor de la mancha moteada. El componente 2 tiene una correlación positiva alta con el porcentaje de acame. El componente 3 tiene una correlación negativa alta con el peso de mil granos.

**Cuadro 19: Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el grupo 1, sub grupo 1.5– Tigrina.**

Componentes	Eigenvalues	Proporción de la Variancia Total (por ciento)	Variancia acumulativa (por ciento)
1	2.6242	23.9	23.9
2	2.169	19.7	43.6
3	1.5893	14.4	58
4	1.4761	13.4	71.4
5	0.8156	7.5	78.9
6	0.7223	6.5	85.4
7	0.474	4.3	89.7
8	0.403	3.7	93.4
9	0.3813	3.5	96.9
10	0.1861	1.7	98.6
11	0.159	1.4	100
<b>Total</b>		100	

**Cuadro 20: Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los cuatro principales componentes empleados para discriminar el plantel de caracterización para el grupo 1, sub grupo 1.5 – Tigrina.**

Descriptor	PC1	PC2	PC3	PC4
Altura de planta (cm)	0.262	0.062	0.418	-0.131
Espigado (días)	0.148	0.002	<b>-0.621</b>	0.181
Acame (%)	-0.472	0.205	0.158	0.211
Valor Roya hoja	-0.261	-0.230	-0.053	-0.473
Valor Oídio	0.225	-0.153	-0.554	-0.251
Valor mancha moteada	0.282	-0.428	0.205	0.272
Rendimiento (Kg/ha)	0.000	0.557	-0.133	-0.128
Peso Hectolítrico (Kg/Hl)	0.346	-0.058	0.173	<b>-0.545</b>
Granos de primera (%)	0.316	0.121	-0.034	0.451
Contenido de proteína (%)	-0.086	<b>-0.567</b>	0.006	0.160
Peso de mil granos (g)	<b>0.512</b>	0.211	0.119	0.045

**Cuadro 21: Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el grupo 1, sub grupo 1.6 – Xantha.**

Componentes	Eigenvalues	Proporción de la Variancia Total (por ciento)	Variancia acumulativa (por ciento)
1	5.6034	50.9	50.9
2	2.8583	26	76.9
3	1.285	11.7	88.6
4	0.6347	5.8	94.4
5	0.4229	3.8	98.2
6	0.1641	1.5	99.7
7	0.0316	0.3	100
8	0	0	100
9	0	0	100
10	0	0	100
11	0	0	100
<b>Total</b>		100	

**Cuadro 22: Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los tres principales componentes empleados para discriminar el plantel de caracterización para el grupo 1, sub grupo 1.6 – Xantha.**

Descriptor	PC1	PC2	PC3
Altura de planta (cm)	-0.388	-0.200	-0.088
Espigado (días)	-0.309	-0.234	0.364
Acame (%)	0.137	<b>0.507</b>	0.044
Valor Roya hoja	-0.397	-0.106	0.052
Valor Oidio	0.349	-0.233	0.230
Valor mancha moteada	<b>0.399</b>	-0.017	0.182
Rendimiento (Kg/ha)	-0.377	0.243	0.138
Peso Hectolítrico (Kg/Hl)	0.115	-0.493	-0.128
Granos de primera (%)	0.057	-0.476	0.358
Contenido de proteína (%)	0.365	-0.036	-0.174
Peso de mil granos (g)	-0.067	-0.231	<b>-0.759</b>

**b) GRUPO 6HIL 2**

Este grupo, sin mutaciones en clorofila pero sí en otras características, está conformado por 373 líneas, en las cuales se identificaron cuatro componentes con valores mayores a uno, que explican el 60,4 por ciento de la variación fenotípica observada en este plantel. El componente 1 (peso de mil granos) explica el 23,7 por ciento de la variación fenotípica, el componente 2 (porcentaje de contenido de proteínas) el 15,2 por ciento, el componente 3 (valor de mancha moteada) el 12 por ciento y el componente 4 (valor de oídio) el 9,5 por ciento (Cuadro 23).

El cálculo de la correlación entre los principales componentes (Cuadro 24) y los caracteres evaluados en el estudio (valor “r”) permitieron identificar los caracteres asociados con los componentes responsables de la mayor variación fenotípica observada. Existe una correlación positiva alta del componente 1 con peso de mil granos. El componente 2 tiene una correlación negativa más alta con el porcentaje de contenido de proteína. El componente 3 tiene una correlación positiva más alta con el valor de la mancha moteada. El componente 4 tiene una correlación positiva con el valor del oídio.

**c) GRUPO 3: 2HIL**

• **Sub Grupo 3.1. – Tigrina:**

En este sub grupo con mutación de clorofila, conformado por tres líneas con espigas de 2 hileras, se identificaron tres componentes con valores mayores a uno, que explican el 91,9 por ciento de la variación fenotípica observada en este plantel. El componente 1 (porcentaje de granos de primera) explica el 60,6 por ciento de la variación fenotípica y el componente 2 (valor de roya de la hoja) el 31,3 por ciento (Cuadro 25).

El cálculo de la correlación entre los principales componentes (Cuadro 26) y los caracteres evaluados en el estudio (valor “r”) permitieron identificar los caracteres asociados con los componentes responsables de la mayor variación fenotípica observada. Existe una correlación positiva alta del componente 1 con el porcentaje de granos de primera. El componente 2 tiene una correlación negativa alta con la presencia de roya de la hoja.

**Cuadro 23: Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el grupo 2-6HIL.**

Componentes	Eigenvalues	Proporción de la Variancia Total (por ciento)	Variancia acumulativa (por ciento)
1	2.6043	23.7	23.7
2	1.6755	15.2	38.9
3	1.3143	12	50.9
4	1.0543	9.5	60.4
5	0.9562	8.7	69.1
6	0.8124	7.4	76.5
7	0.7285	6.6	83.1
8	0.6298	5.8	88.9
9	0.5209	4.7	93.6
10	0.3726	3.4	97
11	0.3313	3	100
<b>Total</b>		100	

**Cuadro 24: Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los cuatro principales componentes empleados para discriminar el plantel de caracterización para el grupo 2 - 6HIL.**

Descriptor	PC1	PC2	PC3	PC4
Altura de planta (cm)	0.172	-0.092	0.409	-0.544
Espigado (días)	0.385	0.004	-0.101	0.252
Acame (%)	-0.260	-0.150	-0.532	-0.290
Valor Roya hoja	-0.180	0.424	0.260	0.073
Valor Oídio	0.319	-0.080	-0.192	<b>0.561</b>
Valor mancha moteada	-0.089	-0.315	<b>0.634</b>	0.292
Rendimiento (Kg/ha)	0.419	0.329	0.049	0.040
Peso Hectolítrico (Kg/Hl)	0.332	0.142	0.097	-0.309
Granos de primera (%)	0.293	-0.384	-0.115	-0.127
Contenido de proteína (%)	-0.209	<b>-0.556</b>	0.083	0.105
Peso de mil granos (g)	<b>0.445</b>	-0.314	-0.016	-0.166

**Cuadro 25: Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el grupo 3, sub grupo 3.1 – Tigrina.**

Componentes	Eigenvalues	Proporción de la Variancia Total (por ciento)	Variancia acumulativa (por ciento)
1	6.6676	60.6	60.6
2	3.4374	31.3	91.9
3	0.895	8.1	100
4	0	0	100
5	0	0	100
6	0	0	100
7	0	0	100
8	0	0	100
9	0	0	100
10	0	0	100
11	0	0	100
<b>Total</b>		100	

**Cuadro 26: Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los dos principales componentes empleados para discriminar el plantel de caracterización para el grupo 3, sub grupo 3.1 – Tigrina.**

Descriptor	PC1	PC2
Altura de planta (cm)	0.336	-0.262
Espigado (días)	0.332	0.033
Acame (%)	-0.382	0.073
Valor Roya hoja	0.015	<b>-0.539</b>
Valor Oidio	0.215	0.410
Valor mancha moteada	-0.381	0.081
Rendimiento (Kg/ha)	-0.194	-0.340
Peso Hectolítrico (Kg/Hl)	0.140	0.499
Granos de primera (%)	<b>0.383</b>	-0.015
Contenido de proteína (%)	0.364	0.064
Peso de mil granos (g)	0.320	-0.304

**Cuadro 27: Eigenvalues y proporción de la variación fenotípica explicado por caracteres cuantitativos para el grupo 4: 2HIL.**

Componentes	Eigenvalues	Proporción de la Variancia Total (por ciento)	Variancia acumulativa (por ciento)
1	5.0372	45.8	45.8
2	1.5011	13.6	59.4
3	1.1233	10.3	69.7
4	0.9098	8.2	77.9
5	0.5738	5.2	83.1
6	0.5364	4.9	88
7	0.4198	3.8	91.8
8	0.3271	3	94.8
9	0.2321	2.1	96.9
10	0.2023	1.9	98.8
11	0.1371	1.2	100
<b>Total</b>		100	

**Cuadro 28: Valor de la correlación "r" entre los descriptores y los tres principales componentes empleados para discriminar el plantel de caracterización para el grupo 4: 2HIL**

Descriptor	PC1	PC2	PC3
Altura de planta (cm)	0.177	-0.176	<b>0.767</b>
Espigado (días)	0.342	0.106	0.321
Acame (%)	0.034	<b>-0.737</b>	-0.107
Valor Roya hoja	-0.300	0.210	0.273
Valor Oídio	0.274	0.475	-0.083
Valor mancha moteada	-0.352	0.091	0.063
Rendimiento (Kg/ha)	0.357	0.176	0.086
Peso Hectolítrico (Kg/Hl)	-0.311	-0.025	0.437
Granos de primera (%)	<b>0.376</b>	-0.061	0.072
Contenido de proteína (%)	-0.300	0.304	0.023
Peso de mil granos (g)	0.325	0.090	-0.092

**d) GRUPO 4: 2HIL**

En este grupo de cebadas con espigas de 2 hileras sin mutación clorofílica, conformado por 36 líneas de 2 hileras, se identificaron tres componentes con valores mayores a uno, que explican el 69,7 por ciento de la variación fenotípica observada en este plantel. El componente 1 (porcentaje de granos de primera) explica el 45,8 por ciento de la variación fenotípica, el componente 2 (porcentaje de acame) el 13,6 por ciento y el componente 3 (altura de planta) explica el 10,3 por ciento (Cuadro 27).

El cálculo de la correlación entre los principales componentes (Cuadro 28) y los caracteres evaluados en el estudio (valor “r”) permitieron identificar los caracteres asociados con los componentes responsables de la mayor variación fenotípica observada. Existe una correlación positiva alta del componente 1 con el porcentaje de granos de primera. El componente 2 tiene una correlación negativa alta con la presencia de acame. El componente 3 tiene una correlación positiva más alta con el valor de altura de planta.

#### **4.4 IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS MUTANTES VALIOSAS PARA EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO**

Es importante resaltar que los programas de mejoramiento trabajan en la etapa final del programa de mejora con las líneas que logran superar al material parental, ya sea en los componentes del rendimiento, en la morfología de la planta, en aspectos fisiológicos o en la resistencia/ tolerancia a enfermedades y/o caracteres de calidad. Fue difícil determinar que genotipos de cebada son los más apropiados, ya que fueron muchos los caracteres evaluados al mismo tiempo. Por lo tanto, se realizó una “selección simultánea” de varios caracteres agronómicos, para lo cual se calculó la Distancia Euclidiana entre cada valor observado y el Criterio del experto para este programa de mejora. Los datos de cada carácter se estandarizaron para que variaran entre cero y uno, de acuerdo con Kantardzic (2003). El Criterio del experto utilizado en esta investigación se resume en el Cuadro 32, en el cual se presentan los valores máximos para: altura de la planta, espigado, acame, valores de roya de la hoja, valores de oídio, valores de mancha moteada y los valores mínimos para: rendimiento, peso de milgranos, granos de primera, peso hectolítrico y contenido de proteína.

En el Cuadro 29 se presentan los valores promedios que presentó el testigo sin irradiar para realizar las comparaciones respectivas.

**Cuadro 29: Valores de caracteres agronómicos y de calidad de cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad comercial testigo UNA La Molina 96 observados en la presente investigación.**

Material	Altura de planta (cm)	Espigado (días)	Acame (%)	Valor Roya	Valor Oidiosis	Valor Heminthosporium	Rendimiento (kg/ha)	Peso Hectolítico (kg/hl)	Contenido de proteína (%)	Peso de mil granos (g)
Testigo UNALM 96	98	76	62	8	17	27	4246	66	10.5	56.8

Aplicada la Distancia Euclidiana se consideró que los valores más pequeños identifican líneas con uno o más caracteres más parecidos al Criterio del experto (Cuadro 3) y lo contrario ocurre con los valores más grandes. Los resultados cuantitativos de las 133 líneas con los valores más bajos de la Distancia Euclidiana, se presentan en el Cuadro 30, las cuales fueron identificadas como las mejores y representan aproximadamente el 20 por ciento de la población. Las líneas que cumplieron con el Criterio del Experto fueron resaltadas. Mientras que en el Cuadro 31 se observan los caracteres morfológicos de cada una de las 133 líneas seleccionadas. En este caso, los caracteres que presentaron resultados diferentes al valor del Testigo fueron resaltados. Cabe señalar que a través de la fórmula de la Distancia Euclidiana, también se identificó al testigo UNA La Molina 96 como uno de los materiales genéticos de mejores resultados por lo que se confirma que cumple con los requerimientos del fitomejorador.

Considerando los resultados obtenidos es importante tener presente que los programas de mejoramiento trabajan con las poblaciones (líneas) que logran superar al material parental, ya sea en los componentes del rendimiento o en la morfología de la planta u otros caracteres, como los evaluados en el presente experimento.

## **1. Altura de planta:**

García L. (1997) afirma que el fitomejorador busca plantas con una altura entre 100 a 120 cm, ideales para las condiciones de la sierra peruana; 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).

Dentro del veinte por ciento superior de los valores obtenidos a través de la Distancia Euclidiana (Cuadro 30), se encontraron 80 líneas que cumplieron con el “criterio del experto” por presentar valores en un rango de 100 a 120 cm (Cuadro 3). En el caso del testigo, este tuvo una altura promedio de 98 cm (Cuadro 29) pudiéndose considerar que se encontraba dentro del rango del “criterio del experto”.

## **2. Días al espigado:**

Este carácter es de gran importancia ya que un valor bajo indicará que la planta no se verá expuesta totalmente a: periodos calurosos o fríos en la etapa de polinización y fecundación, a ataques de insectos o enfermedades, sequía y, a su vez este material puede ser usado como cultivo de rotación asociándolo con leguminosas o gramíneas, para lograr más de dos cultivos por año. Cabe resaltar que la duración del periodo vegetativo y en consecuencia la fecha del espigado, pueden verse afectados por la temperatura, la duración del día, altitud, humedad del suelo, fertilidad del suelo y la variedad (Poehlman, 1969).

El rango para días al espigado es considerado como bueno cuando la planta presenta valores entre 60 a 75 días. Dentro del material seleccionado (Cuadro 30), se encontraron tres líneas mutantes (CM6h-322, CM6h-564 y CM6h-565) que cumplieron con el “criterio del experto” (Cuadro 3) por ser menores a 75 días, encontrándose en un rango de 68 a 70 días, superando al testigo que tuvo un valor promedio de 76 días (Cuadro 29) siendo muy cercano al “criterio del experto”.

**Cuadro 30. Distancia Euclidiana promedio de las 133 líneas mutantes superiores de cebada bajo el Criterio del experto, considerando varios caracteres simultáneamente en el estudio de 665 líneas M<sub>8</sub> desarrolladas mediante la aplicación de rayos gamma en la Variedad UNA La Molina 96.**

Valor Distancia Euclidiana	Orden ascendente de Distancia Euclidiana	Nº Origen M7 LM 09	Altura de planta (cm)	Espigado (días)	Acame (%)	Valor Roya	Valor Oidium	Valor Heminthosporium	Rendimiento (Kg/ha)	Peso Hectolítrico (Kg/Hl)	Contenido de proteína (%)	Peso de mil granos (g)
1.221568	1	CM6h-546	105	92	30	0.1	20	10	7075	71	10.2	65.4
1.254843	2	CM6h-549	105	89	30	4	40	5	7731	74	9.7	64.7
1.261852	3	CM6h-718	100	85	15	20	10	30	6863	64	10.7	56.8
1.365785	4	CM6h-658	104	84	55	0.02	20	10	6656	69	11.1	50.2
1.369304	5	CM6h-253	91	83	10	0.1	40	30	5838	69	9.9	54.8
1.373395	6	CM6h-757	94	79	45	0.02	1	20	5638	63	10.4	55.6
1.379710	7	CM6h-548	109	94	55	0.1	30	20	7600	70	10.7	60.4
1.384741	8	CM6h-535	103	95	5	0.1	40	20	7038	67	9.9	62.7
1.386776	9	CM2h-557	117	91	0	0.1	30	30	5550	74	11.8	67.5
1.397154	10	CM6h-722	100	87	35	20	20	30	6494	62	10.9	55.6
1.397742	11	CM6h-225	98	84	15	10	20	10	5250	66	10.3	53.8
1.400127	12	CM6h-545	110	88	20	0.02	30	10	5994	69	9.7	64.9
1.404292	13	CM6h-465	95	86	55	16	20	40	6113	67	10.8	56.4
1.414633	14	CM6h-565	98	68	10	0.1	20	10	4163	71	10.4	54.3
1.415359	15	CM6h-726	105	84	40	8	20	20	5913	66	10	58.4
1.419974	16	CM6h-469	97	84	30	5	10	40	5338	68	9.8	59.2
1.420124	17	CM6h-24	105	85	30	4	20	30	5681	64	10.4	60
1.433354	18	CM6h-724	104	84	20	10	20	30	5294	64	11	57.1
1.436447	19	CM6h-564	110	68	0	0.1	20	30	4181	71	12.4	58.2
1.442263	20	CM6h-721	102	87	20	30	10	40	6019	62	10.9	56.5
1.442828	21	CM6h-536	104	94	5	0.2	40	10	6156	72	9.2	66.2
1.444483	22	CM6h-468	102	85	25	0.1	20	40	4988	67	10.9	59
1.448691	23	CM6h-252	90	84	15	8	40	30	5056	65	10.9	55
1.454996	24	CM6h-8	90	86	30	0.1	30	30	4713	65	11.6	56.4

Valor Distancia Euclidiana	Orden ascendente de Distancia Euclidiana	Nº Origen M7 LM 09	Altura de planta (cm)	Espigado (días)	Acame (%)	Valor Roya	Valor Oidium	Valor Heminthosporium	Rendimiento (Kg/ha)	Peso Hectolítrico (Kg/Hl)	Contenido de proteína (%)	Peso de mil granos (g)
1.455246	25	CM6h-624	106	89	20	10	40	40	5988	68	11.6	55.4
1.456443	26	CM6h-119	106	84	30	16	10	20	5094	68	10.4	54.8
1.457684	27	CM6h-181	98	83	30	0.1	50	40	5219	70	10.7	61.3
1.458315	28	CM6h-662	94	83	40	4	1	10	4556	69	10.5	52.6
1.461234	29	CM6h-322	94	70	30	0.1	5	30	4263	69	10.1	54.2
1.462184	30	CM2h-202	111	83	3	20	40	10	4750	67	10.8	72.4
1.464229	31	CM6h-464	95	86	15	0.1	20	20	4425	66	10.3	59.8
1.464256	32	CM6h-542	111	105	15	5	40	10	8731	70	10.2	64.2
1.464341	33	CM6h-636	100	84	30	1	20	30	4619	68	10.9	56.4
1.471143	34	CM6h-620	105	87	25	8	40	30	5106	70	10.7	60
1.475368	35	CM6h-618	103	84	50	4	40	40	5669	68	10.7	60.2
1.475475	36	CM6h-462	97	88	30	0.1	30	40	5206	67	10.6	57.6
1.475746	37	CM6h-743	97	84	45	0.1	10	30	5519	65	9.8	56.2
1.482658	38	CM6h-23	100	84	35	8	10	20	5150	61	10.1	60.7
1.484192	39	CM6h-532	103	95	20	5	20	30	5306	66	10.5	60.8
1.484962	40	CM6h-631	100	91	45	10	30	30	5263	69	12	54.6
1.485065	41	CM6h-232	94	83	55	16	10	10	5375	65	10.3	51.8
1.486116	42	CM6h-746	100	84	35	20	20	20	4988	65	10.5	56.6
1.488145	43	CM6h-670	92	83	20	0.02	1	10	3956	69	10.5	53.9
1.490681	44	CM6h-19	105	85	10	8	10	20	5263	64	9.8	56.4
1.492707	45	CM6h-728	106	88	40	0.1	20	30	5675	65	10.3	58
1.492979	46	CM6h-269	103	83	20	30	50	20	6206	70	10	51.6
1.496540	47	CM6h-185	97	84	50	0.1	20	10	4931	67	10.5	53.2
1.498181	48	CM6h-635	102	84	20	10	20	30	4275	69	10.9	56.6

Valor Distancia Euclidiana	Orden ascendente de Distancia Euclidiana	Nº Origen M7 LM 09	Altura de planta (cm)	Espigado (días)	Acame (%)	Valor Roya	Valor Oidium	Valor Heminthosporium	Rendimiento (Kg/ha)	Peso Hectolítrico (K g/Hl)	Contenido de proteína (%)	Peso de mil granos (g)
1.498654	49	CM6h-230	96	83	55	8	10	10	4906	68	10.1	54
1.499232	50	CM6h-378	92	83	35	0.02	50	30	5369	68	10.2	54.2
1.499824	51	CM2h-723	107	82	5	10	30	10	4019	63	12	77.6
1.505040	52	CM6h-278	96	95	0	4	50	60	7406	70	10.7	52.8
1.507984	53	CM6h-16	105	88	20	0.1	30	50	5881	63	10.4	60.5
1.509061	54	CM6h-541	102	94	0	0.1	40	10	5163	69	9.7	65.7
1.509959	55	CM6h-371	104	87	1	4	30	50	4875	70	11	56.6
1.513586	56	CM6h-717	102	88	65	10	30	40	6769	64	11.1	55.4
1.515790	57	CM6h-205	95	84	50	0.1	20	10	4400	66	10.2	61.8
1.518311	58	CM6h-661	101	84	30	4	10	30	4550	69	10.2	54.6
1.519078	59	CM6h-655	105	84	3	4	10	20	4575	68	10	54.4
1.520818	60	CM6h-533	94	95	70	0.1	40	20	5906	68	10.4	64.9
1.520833	61	CM6h-475	100	86	50	5	10	40	4913	67	10.7	57.6
1.526509	62	CM6h-263	100	86	30	4	40	20	5563	65	10	53.6
1.527928	63	CM6h-255	95	83	7	0.1	50	10	5038	68	9.8	53.9
1.530464	64	CM6h-748	101	88	20	0.2	30	20	5406	63	9.8	56.4
1.530488	65	CM6h-455	106	86	20	0.1	40	30	5088	67	10.6	56.6
1.531704	66	CM6h-247	100	85	25	16	40	30	5006	65	10.8	55.9
1.531893	67	CM6h-284	95	84	0	0.02	40	10	4238	70	10.1	55.4
1.532398	68	CM6h-457	100	92	3	0.1	40	50	5575	68	10.1	59.8
1.535091	69	CM6h-377	96	84	0	0.1	40	30	4825	64	10.5	55.1
1.536636	70	CM6h-250	96	83	45	30	10	30	4531	71	10.2	54.8
1.537124	71	CM6h-427	97	84	25	0.1	10	20	4163	67	10	57
1.538076	72	CM6h-626	102	90	40	0.1	30	30	5038	68	10.7	55.2

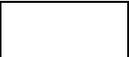
Valor Distancia Euclidiana	Orden ascendente de Distancia Euclidiana	Nº Origen M7 LM 09	Altura de planta (cm)	Espigado (días)	Acame (%)	Valor Roya	Valor Oidium	Valor Heminthosporium	Rendimiento (Kg/ha)	Peso Hectolítrico (kg/hl)	Contenido de proteína (%)	Peso de mil granos (g)
1.538950	73	CM6h-196	98	84	10	10	30	40	4513	66	10.4	57.2
1.540028	74	CM6h-376	100	86	20	0.02	40	50	6075	62	10.4	54.4
1.541486	75	CM6h-663	100	84	15	0.1	5	30	3913	70	10.6	55.1
1.541504	76	CM2h-558	117	95	0	8	30	20	4594	74	11.6	66.4
1.542040	77	CM6h-249	99	86	60	20	20	20	4800	67	11	56.6
1.545932	78	CM6h-433	92	84	60	0.1	5	40	4281	70	10.6	58.8
1.546139	79	CM6h-731	97	84	45	10	20	20	4888	62	10.8	54.2
1.551017	80	CM6h-460	96	86	8	20	40	20	4831	65	9.9	58.4
1.551210	81	CM6h-725	100	85	60	0.1	20	20	5594	62	10.4	54.7
1.552213	82	CM6h-544	100	93	85	0.02	20	10	5638	70	10.4	64
1.553178	83	CM6h-550	110	94	35	0.02	40	5	5238	73	9.8	66.6
1.555993	84	CM6h-26	110	92	5	50	30	40	6294	63	10.1	78.8
1.558471	85	CM6h-637	103	86	80	1	10	40	5125	72	11.8	57.4
1.558823	86	CM6h-622	102	88	65	0.1	50	30	5856	69	10.7	58.4
1.561955	87	CM6h-638	107	84	35	10	20	40	4438	69	10.8	57.8
1.563060	88	CM6h-547	96	94	55	0.02	30	10	5213	72	9.3	62.6
1.566224	89	CM6h-580	97	79	3	0.02	5	40	3400	67	11.9	56.6
1.566584	90	CM6h-262	103	86	30	0.1	40	10	5144	68	9.7	55.2
1.567250	91	CM6h-754	96	84	75	0.02	1	20	5444	65	10.1	54.3
1.576905	92	CM6h-370	97	84	25	0.1	30	30	4194	66	10.4	56.1
1.577271	93	CM6h-639	103	84	40	4	40	40	4506	70	11	57.6
1.577696	94	CM6h-641	103	88	55	8	40	30	5381	71	10.2	55.4
1.577755	95	CM6h-613	98	84	30	4	20	40	4031	68	10.5	57.9
1.578680	96	CM6h-20	105	86	20	24	20	30	4094	65	11.8	59.3

Valor Distancia Euclidiana	Orden ascendente de Distancia Euclidiana	Nº Origen M7 LM 09	Altura de planta (cm)	Espigado (días)	Acame (%)	Valor Roya	Valor Oidium	Valor Heminthosporium	Rendimiento (Kg/ha)	Peso Hectolítrico (kg/hl)	Contenido de proteína (%)	Peso de mil granos (g)
1.580537	97	CM6h-226	93	83	40	0.1	20	10	4213	70	9.6	53
1.582802	98	CM6h-466	98	86	70	0.1	20	40	5300	67	10.2	57.2
1.583052	99	CM6h-551	112	94	70	0.1	40	10	6325	71	10.3	62.2
1.585500	100	CM2h-353	120	88	1	20	5	20	4288	64	11.5	78.9
1.586760	101	CM6h-191	104	85	50	0.1	30	10	3838	68	10.6	74.6
1.586845	102	CM6h-753	102	84	65	8	1	10	5125	65	9.8	56.3
1.587544	103	CM6h-123	98	85	65	8	20	10	4556	67	10.7	55.5
1.588645	104	<b>TESTIGO</b>	98	76	62	8	17	27	4246	66	10.5	56.8
1.588731	105	CM6h-231	90	84	65	30	20	10	4988	65	11.2	48.8
1.589122	106	CM6h-115	98	84	50	40	10	30	4606	69	10.4	55
1.590124	107	CM6h-540	103	95	75	0.1	50	20	6325	71	10.4	62.8
1.590465	108	CM6h-245	99	86	30	50	30	30	5163	66	10.6	53.8
1.592541	109	CM6h-642	99	86	35	4	40	40	4775	66	10.4	56.8
1.593890	110	CM6h-669	103	84	65	0.1	6	30	4600	67	11.6	53.4
1.595070	111	CM6h-186	95	83	30	0.1	20	10	4238	66	9.7	53.3
1.597488	112	CM6h-229	93	84	60	5	20	10	4394	66	10.7	51.6
1.598521	113	CM6h-543	116	103	50	4	50	10	7888	70	10.7	62.2
1.599553	114	CM6h-285	85	81	0	4	20	40	3031	70	11.5	55.7
1.599683	115	CM2h-350	119	87	20	0.1	20	40	4113	68	12	78.2
1.599870	116	CM6h-630	100	83	40	0.1	20	30	3844	72	10.5	54.4
1.600679	117	CM6h-456	108	86	3	4	40	50	4994	66	10.7	57.8
1.600813	118	CM6h-49	95	88	40	8	40	50	5131	64	10.7	57.9
1.601768	119	CM6h-30	100	82	50	10	20	20	4444	61	11.1	56.2
1.602207	120	CM6h-664	107	84	65	0.1	10	10	4563	67	10.8	56

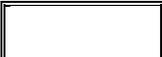
Valor Distancia Euclidiana	Orden ascendente de Distancia Euclidiana	Nº Origen M7 LM 09	Altura de planta (cm)	Espigado (días)	Acame (%)	Valor Roya	Valor Oidium	Valor Heminthosporium	Rendimiento (Kg/ha)	Peso Hectolítrico (kg/hl)	Contenido de proteína (%)	Peso de mil granos (g)
1.603899	121	CM6h-578	94	84	80	0.02	1	30	4881	70	10	55.3
1.604020	122	CM6h-9	110	85	20	10	40	40	5000	64	11.2	56
1.604850	123	CM6h-15	105	85	30	0.1	20	50	4763	64	10.8	55.5
1.604901	124	CM6h-445	95	84	10	0.1	50	20	4606	66	10.1	53.4
1.607129	125	CM6h-653	102	84	70	0.02	20	10	4575	68	10.7	54.8
1.608657	126	CM6h-694	96	84	70	0.1	10	30	4106	67	12.1	57.4
1.609177	127	CM6h-625	107	86	30	0.1	20	30	4475	69	10.1	54.4
1.609555	128	CM6h-114	103	83	40	10	20	20	4219	68	10.4	52.9
1.609732	129	CM6h-745	106	84	35	4	10	40	4444	66	10	59
1.609879	130	CM6h-720	97	91	35	30	30	30	4875	63	11.5	54.4
1.609908	131	CM6h-105	100	85	30	0.02	30	20	4113	66	10.4	55.6
1.611049	132	CM6h-634	106	89	55	10	20	30	4638	69	11.6	53.8
1.612872	133	CM6h-42	100	85	30	10	30	30	4113	64	10.8	58.4

Leyenda de los resultados presentados:

 *Muestra que cumple con Criterio del Experto.*

 *Muestra que no cumple con Criterio del Experto.*

**TESTIGO** Variedad UNA La Molina 96

 *Muestra con alto contenido de proteínas.*

**Cuadro 31. Distancia Euclidiana promedio de las 133 líneas mutantes superiores de cebada bajo el Criterio del experto y descripción cualitativa, considerando varios caracteres simultáneamente en el estudio de 665 líneas M<sub>8</sub> desarrolladas mediante la aplicación de rayos gamma en la Variedad UNA La Molina 96.**

Orden dentro de las 666 líneas	Nº Origen M7 LM 09	Dist .Euclidiana	orden ascendente de Dist. Euclid.	Tipo de mutación cloroflica	Color tallo joven	Color aurícula	Nº filis/flores laterales	Forma de espiga	Densidad de espiga	Tipo arista	Color nervadura en lema	Barbas de arista	Longitud de gluma y arista	Color de gluma	Tipo de lema	Color de arista	Longitud de pelos en raquilla	Cubierta del grano	Color de lema
470	CM6h-546	1.221568	1	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
473	CM6h-549	1.254843	2	Chlorina	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
626	CM6h-718	1.261852	3	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
567	CM6h-658	1.365785	4	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
241	CM6h-253	1.369304	5	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
665	CM6h-757	1.373395	6	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
472	CM6h-548	1.37971	7	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
459	CM6h-535	1.384741	8	-	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	2	2	3	1
480	CM2h-557	1.386776	9	-	1	1	1	2	3	3	2	5	6	5	2	2	1	3	1
630	CM6h-722	1.397154	10	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
213	CM6h-225	1.397742	11	Albina	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
469	CM6h-545	1.400127	12	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
397	CM6h-465	1.404292	13	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
488	CM6h-565	1.414633	14	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
634	CM6h-726	1.415359	15	Chlorina, Tigrina	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
401	CM6h-469	1.419974	16	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
24	CM6h-24	1.420124	17	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
632	CM6h-724	1.433354	18	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
487	CM6h-564	1.436447	19	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	1	3	1
629	CM6h-721	1.442263	20	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
460	CM6h-536	1.442828	21	-	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	2	2	3	1
400	CM6h-468	1.444483	22	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
240	CM6h-252	1.448691	23	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1

Orden dentro de las 666 líneas	Nº Origen M7 LM 09	Dist. Euclidiana	orden ascendente de Dist. Euclid.	Tipo de mutación cloroflica	Color tallo joven	Color aurícula	Nº filas/flores laterales	Forma de espiga	Densidad de espiga	Tipo arista	Color nervadura en lema	Barbas de arista	Longitud de gluma y arista	Color de gluma	Tipo de lema	Color de arista	Longitud de pelos en raquilla	Cubierta del grano	Color de lema
8	CM6h-8	1.454996	24	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
533	CM6h-624	1.455246	25	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
118	CM6h-119	1.456443	26	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
178	CM6h-181	1.457684	27	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
571	CM6h-662	1.458315	28	Chlorina, Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
290	CM6h-322	1.461234	29	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
194	CM2h-202	1.462184	30	-	1	1	1	2	3	3	1	5	6	5	2	6	1	3	1
396	CM6h-464	1.464229	31	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
466	CM6h-542	1.464256	32	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
545	CM6h-636	1.464341	33	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
529	CM6h-620	1.471143	34	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
527	CM6h-618	1.475368	35	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
394	CM6h-462	1.475475	36	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
651	CM6h-743	1.475746	37	Chlorina, Tigrina	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
23	CM6h-23	1.482658	38	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
456	CM6h-532	1.484192	39	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
540	CM6h-631	1.484962	40	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
220	CM6h-232	1.485065	41	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
654	CM6h-746	1.486116	42	Chlorina, Tigrina	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
579	CM6h-670	1.488145	43	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
19	CM6h-19	1.490681	44	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
636	CM6h-728	1.492707	45	Tigrina	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
256	CM6h-269	1.492979	46	-	3	1	6	1	5	3	2	5	7	6	2	6	1	3	1

Orden dentro de las 666 líneas	Nº Origen M7 LM 09	Dist .Euclidiana	orden ascendente de Dist. Euclid.	Tipo de mutación cloroflica	Color tallo joven	Color aurícula	Nº filias/flores laterales	Forma de espiga	Densidad de espiga	Tipo arista	Color nervadura en lema	Barbas de arista	Longitud de gluma y arista	Color de gluma	Tipo de lema	Color de arista	Longitud de pelos en raquilla	Cubierta del grano	Color de lema
181	CM6h-185	1.49654	47	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
544	CM6h-635	1.498181	48	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
218	CM6h-230	1.498654	49	Chlorina, Tigrina	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
329	CM6h-378	1.499232	50	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
631	CM2h-723	1.499824	51	-	1	1	1	2	3	3	1	5	6	5	2	6	1	3	1
261	CM6h-278	1.50504	52	-	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	1	3	1
16	CM6h-16	1.507984	53	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
465	CM6h-541	1.509061	54	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
322	CM6h-371	1.509959	55	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
625	CM6h-717	1.513586	56	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
196	CM6h-205	1.51579	57	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
570	CM6h-661	1.518311	58	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
564	CM6h-655	1.519078	59	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
457	CM6h-533	1.520818	60	-	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	2	2	3	1
406	CM6h-475	1.520833	61	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
250	CM6h-263	1.526509	62	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
243	CM6h-255	1.527928	63	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
656	CM6h-748	1.530464	64	Chlorina, Tigrina	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
387	CM6h-455	1.530488	65	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
235	CM6h-247	1.531704	66	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
267	CM6h-284	1.531893	67	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
389	CM6h-457	1.532398	68	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
328	CM6h-377	1.535091	69	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1

Orden dentro de las 666 líneas	Nº Origen M7 LM 09	Dist .Euclidiana	orden ascendente de Dist. Euclid.	Tipo de mutación cloroflica	Color tallo joven	Color aurícula	Nº filias/flores laterales	Forma de espiga	Densidad de espiga	Tipo arista	Color nervadura en lema	Barbas de arista	Longitud de gluma y arista	Color de gluma	Tipo de lema	Color de arista	Longitud de pelos en raquilla	Cubierta del grano	Color de lema
238	CM6h-250	1.536636	70	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
359	CM6h-427	1.537124	71	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
535	CM6h-626	1.538076	72	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
191	CM6h-196	1.53895	73	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
327	CM6h-376	1.540028	74	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
572	CM6h-663	1.541486	75	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
481	CM2h-558	1.541504	76	-	1	2	1	2	3	3	2	5	7	5	2	2	1	3	1
237	CM6h-249	1.54204	77	Chlorina, Tigrina	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
365	CM6h-433	1.545932	78	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
639	CM6h-731	1.546139	79	Chlorina, Tigrina	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
392	CM6h-460	1.551017	80	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
633	CM6h-725	1.55121	81	Chlorina, Tigrina	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
468	CM6h-544	1.552213	82	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
474	CM6h-550	1.553178	83	Chlorina	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
26	CM6h-26	1.555993	84	-	1	1	6	1	5	3	1	5	8	5	2	6	2	3	1
546	CM6h-637	1.558471	85	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
531	CM6h-622	1.558823	86	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
547	CM6h-638	1.561955	87	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
471	CM6h-547	1.56306	88	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
503	CM6h-580	1.566224	89	-	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
249	CM6h-262	1.566584	90	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
662	CM6h-754	1.56725	91	Chlorina, Tigrina	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
321	CM6h-370	1.576905	92	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1

Orden dentro de las 666 líneas	Nº Origen M7 LM 09	Dist .Euclidiana	orden ascendente de Dist. Euclid.	Tipo de mutación clorofílica	Color tallo joven	Color aurícula	Nº filas/flores laterales	Forma de espiga	Densidad de espiga	Tipo arista	Color nervadura en lema	Barbas de arista	Longitud de gluma y arista	Color de gluma	Tipo de lema	Color de arista	Longitud de pelos en raquilla	Cubierta del grano	Color de lema
548	CM6h-639	1.577271	93	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
550	CM6h-641	1.577696	94	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
523	CM6h-613	1.577755	95	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
20	CM6h-20	1.57868	96	Xantha	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
214	CM6h-226	1.580537	97	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
398	CM6h-466	1.582802	98	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
475	CM6h-551	1.583052	99	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
307	CM2h-353	1.5855	100	Chlorina, Tigrina	1	1	1	2	3	3	1	5	7	5	1	6	2	3	1
187	CM6h-191	1.58676	101	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
661	CM6h-753	1.586845	102	Chlorina, Tigrina	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
122	CM6h-123	1.587544	103	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
666	<b>TESTIGO</b>	1.588645	104	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
219	CM6h-231	1.588731	105	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
115	CM6h-115	1.589122	106	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
464	CM6h-540	1.590124	107	Chlorina	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
233	CM6h-245	1.590465	108	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
551	CM6h-642	1.592541	109	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
578	CM6h-669	1.59389	110	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
182	CM6h-186	1.59507	111	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
217	CM6h-229	1.597488	112	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
467	CM6h-543	1.598521	113	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
268	CM6h-285	1.599553	114	-	1	1	6	1	5	10	1	5	7	5	2	6	2	3	1
306	CM2h-350	1.599683	115	-	1	2	2	2	3	3	2	5	6	6	2	6	1	3	1

Orden dentro de las 666 líneas	Nº Origen M7 LM 09	Dist .Euclidiana	orden ascendente de Dist. Euclid.	Tipo de mutación clorofílica	Color tallo joven	Color aurícula	Nº filas/flores laterales	Forma de espiga	Densidad de espiga	Tipo arista	Color nervadura en lema	Barbas de arista	Longitud de gluma y arista	Color de gluma	Tipo de lema	Color de arista	Longitud de pelos en raquilla	Cubierta del grano	Color de lema
539	CM6h-630	1.59987	116	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
388	CM6h-456	1.600679	117	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
49	CM6h-49	1.600813	118	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
30	CM6h-30	1.601768	119	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
573	CM6h-664	1.602207	120	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
501	CM6h-578	1.603899	121	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
9	CM6h-9	1.60402	122	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
15	CM6h-15	1.60485	123	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
377	CM6h-445	1.604901	124	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
562	CM6h-653	1.607129	125	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
603	CM6h-694	1.608657	126	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
534	CM6h-625	1.609177	127	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	2	2	3	1
114	CM6h-114	1.609555	128	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
653	CM6h-745	1.609732	129	Chlorina, Tigrina	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
628	CM6h-720	1.609879	130	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	7	5	2	6	2	3	1
105	CM6h-105	1.609908	131	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
543	CM6h-634	1.611049	132	Striata	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1
42	CM6h-42	1.612872	133	-	1	1	6	1	5	3	1	5	6	5	2	6	2	3	1

Relación de los valores cualitativos observados en la caracterización de las 133 líneas superiores seleccionadas a través de la Distancia Euclidiana.

<b>Color tallo joven</b>	1 Verde (T). 3 Púrpura (la mitad o más).	<b>Tipo arista</b>	3 Aristas largas (T). 10 Arista ondeada.	<b>Color de gluma</b>	5 Verde (T). 6 Púrpura.
<b>Color aurícula</b>	1 Verde (T). 2 Púrpura pálido.	<b>Color nervadura de lema</b>	1 Verde (T). 2 Púrpura pálido.	<b>Tipo de lema</b>	1 Lema sin dientes. 2 Lema con dientes (T)
<b>Nº filas/flores laterales</b>	1 Dos hileras, flores laterales grandes o pequeñas. 2 Dos hileras, flores laterales vacías. 6 Seis hileras, todas de tamaño uniforme (T).	<b>Barbas de arista</b>	5 Intermedia (T).	<b>Color de arista</b>	2 Amarillo. 6 Verde (T).
<b>Forma de espiga</b>	1 Seis hileras y espiga recta (T). 2 Dos hileras con espiga recta.	<b>Longitud de gluma y arista</b>	6 Longitud de gluma menor al tamaño del grano (T). 7 Longitud de gluma igual al tamaño del grano. 8 Longitud de gluma tanto como doble del tamaño del grano.	<b>Long. pelos en raquilla</b>	1 Cortos. 2 Largos (T).
<b>Densidad de espiga</b>	3 Laxa. 5 Intermedia (T).	<b>Cubierta del grano</b>		<b>Color de lema</b>	3 Grano cubierto (T). 1 Ambar (T).

Leyenda de los resultados presentados:

 Muestra con caracter diferente al testigo.

**TESTIGO** Variedad UNA La Molina 96.

 Muestra con caracter igual al testigo.

### **3. Porcentaje de 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).

En el presente experimento se encontraron 18 líneas (Cuadro 30) que presentan valores menores al cinco por ciento como lo exige el “criterio del experto” (Cuadro 3). El valor promedio del testigo fue 62 por ciento (Cuadro 29).

Tal y como lo menciona Poehlman (1969), son diversos los factores que determinan la resistencia hereditaria de la paja tales como el tamaño de planta, paja fuerte, sistema radicular vigoroso, número de hojas, etc. Por lo que el fitomejorador debe trabajar de forma integral las líneas promisorias.

### **4. Valor de la Roya de la hoja (*Puccinia hordei*) o Roya Morena:**

En el Perú, esta enfermedad ha sido reportada en áreas de siembra en costa y sierra (hasta los 1500 msnm) ocasionando graves problemas. A niveles altitudinales menores a 3000 msnm, el ataque resulta ligero. Cabe resaltar que en el Perú, los cultivares comerciales de cebada en actual uso, excepto UNA La Molina 96, resultan susceptibles o

muy susceptibles a esta enfermedad. Los síntomas se manifiestan en las hojas en forma de pequeñas pústulas redondeadas de color marrón anaranjado, también pueden presentarse en las aristas, glumas, pedúnculos, entrenudos y vainas. En la maduración, es la hoja bandera la que presenta mayor número de uredias. Este patógeno se desarrolla rápidamente entre 15 y 22°C cuando la humedad no es un factor limitante (Mont, 2008).

Para el control de la roya de los cereales, existen diversos métodos, pero ninguno de ellos resulta por sí solo satisfactorio en todas las situaciones. Sin embargo, el empleo de una serie de ellos intensifica considerablemente la expresión de la resistencia del material genético en uso. Entre los principales métodos de control podemos citar a los siguientes:

- Prácticas culturales: se logra un control parcial de la enfermedad a través de: destrucción de plantas “huachas” ya que podrían servir de hospedantes secundarios (especialmente en aquellas áreas de clima suave en donde el patógeno se mantiene durante todo el año en su fase asexual, así se reduce el nivel del inóculo inicial), correcta densidad de siembra (evita la formación de microclimas favorables para el desarrollo de la enfermedad) y empleo de niveles adecuados de fertilizantes fosforados (evitan aplicaciones excesivas de nitrógeno asegurando una maduración temprana y evitando los períodos de máxima enfermedad) (Mont, 2008).

- Uso de cultivares resistentes: Mont (2008) afirma que su empleo es la forma más racional del control de la roya en el cultivo de cebada. Entre las ventajas están la reducción o eliminación del uso de fungicidas y no afectar en forma adversa al medio ambiente, se obtiene una reducción en los costos de pesticidas y de personal por ser menores las aplicaciones y se contaminaría menos el medio ambiente.

- Empleo de fungicidas protectores o erradicantes: justifica su uso cuando el análisis de costo-beneficio demuestra que son rentables. Los fungicidas sistémicos deben ser usados en forma racional para evitar problemas de aparición de resistencia por presión de selección que el producto podría ejercer sobre la población del patógeno (Mont, 2008).

Al evaluar el material en estudio se identificaron 123 líneas (Cuadro 30) que presentaron valores menores a 20 para el Coeficiente de infección (Cuadro 3), las cuales se encontraron dentro de un rango de 0.2 a 20. El testigo también presentó un valor

promedio de 8 (Cuadro 29) viéndose claramente que hay un material genético que presenta resistencia ante esta enfermedad.

##### **5. Valor de Oídio (*Blumeria graminis* f. sp. hordei)**

Estos hongos son parásitos obligados y, casi en su totalidad son ectoparásitos (desarrollo superficial, excepto por los haustorios que penetran las células epidermales). En el cultivo de cebada causa mayores daños que en el resto de cultivos cerealeros. La enfermedad se encuentra presente en la costa, pero también es posible observarla en siembras de sierra. Este hongo infecta toda la porción aérea de la planta, pero usualmente prevalece más en el haz de las hojas inferiores. El primer indicio de infección es una mancha blanca causada por el micelio del hongo. El tejido en el lado opuesto de la hoja infectada se torna de color verde pálido a amarillo. Si las condiciones ambientales son favorables (15 a 22°C), la enfermedad puede encontrarse en los tallos, glumas y aristas de los cultivares muy susceptibles. En algunos casos, bajo condiciones de escasa pluviosidad, especialmente en climas fríos y nublados ocasiona daños severos (Mont, 2008).

Es importante considerar que la cebada es más susceptible durante los periodos de crecimiento activo. 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).

El hecho de ser un hongo ectoparásito hace que sea muy vulnerable a determinados fungicidas; sin embargo, el uso de esta táctica tiene que tomar en cuenta una serie de consideraciones tales como: los costos en relación a los rendimientos que se obtengan, tomar las precauciones del caso para evitar problemas de resistencia en la población del patógeno o la presencia de residuos en los granos, entre otras. Además, se busca obtener variedades con resistencia horizontal 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).

Para el presente experimento bajo las condiciones de la Molina, se seleccionaron solo 72 muestras (Cuadro 30) con valores menores a 20 del Coeficiente de infección (Cuadro 3), con un rango de 1 a 20. El testigo presentó un valor de 17 (Cuadro 29).

**6. Valor de la Mancha Moteada (*Cochliobolus sativus* que es la fase teleomorfa de *Bipolaris sorokiniana*).**

Al igual que la Roya de la hoja, es también una de las enfermedades que ocasiona más problemas en condiciones de costa, sierra baja y media. De igual manera, todos los cultivares comerciales de cebada para el Perú, excepto UNA La Molina 96, son susceptibles o muy susceptibles a esta enfermedad que se encuentra mayormente en condiciones de costa (La Molina, Huacho, Trujillo, etc.), debido a que la campaña del cultivo de cebada se efectúa entre los meses de agosto y diciembre, en donde la temperatura y humedad favorecen la incidencia del patógeno. En la sierra se le encuentra en el Callejón de Huaylas (Carhuaz y Anta) y Valle del Mantaro (Jauja, Huancayo) (Mont, 2008).

Los daños causados pueden llegar a sobrepasar el 20 ciento del rendimiento, y a su vez puede afectar el grano destinado para semilla y se constituye en una fuente primaria de inóculo. La enfermedad se manifiesta en diferentes órganos de la planta tales como plántulas, hojas, raíces y/o el grano. Las manchas foliares se desarrollan en hojas y vainas en todos los estadios de desarrollo de la planta. Las hojas muy infectadas tienden a secarse completamente, las raíces pueden pudrirse y si las condiciones ambientales lo permiten, las espigas y los granos pueden mancharse ennegreciendo el pericarpio o en el peor de los casos produciendo un marchitamiento del extremo del embrión afectando la germinación y convirtiendo a la semilla en fuente primaria del inóculo (Mont, 2008).

Las infecciones foliares se desarrollan mejor bajo condiciones cálidas y húmedas. Las epifitas se desarrollan en períodos de tiempo húmedo (humedad relativa cercana al 100%) mayores de 16 horas y un rango de temperatura entre 20 y 25°C. Las pérdidas son mayores cuando las infecciones afectan la hoja bandera y las lluvias durante la maduración del grano por favorecer su manchado (Mont, 2008).

El inóculo de *C. sativus* puede ser llevado en las semillas, puede provenir del micelio y conidias existentes en los residuos vegetales o de conidias presentes en el suelo.

Las infecciones iniciales de las hojas se producen por conidias llevadas a través del aire desarrolladas en gramíneas silvestres cercanas al hospedante o de residuos vegetales en el suelo, dándose en los coleoptilos, entrenudos cercanos a la corona y en las raíces primarias y secundarias. La pudrición de las raíces puede ser tolerada por la planta en tanto se generen nuevas raíces de soporte. Las conidias secundarias del hongo se desarrollan cuando la infección progresa sobre el nivel del suelo. Estas conidias son dispersadas por el viento e inician las lesiones de las hojas y tallos durante la fase de desarrollo del cultivo (Mont, 2008).

Su control se inicia con el empleo de semillas provenientes de áreas o semilleros libres de hongos. Además, la rotación con cultivos no susceptibles (especies no gramíneas) ayuda a la desnutrición de los residuos infestados reduciéndose el nivel del inóculo primario. También es recomendable el uso de variedades resistentes (Mont, 2008).

Los fungicidas foliares (sistémicos y protectores) ayudan a controlar la mancha foliar a través de varias aplicaciones. Los fungicidas ditiocarbámicos ejercen buena acción de control de la enfermedad; su uso implica varias aplicaciones durante el ciclo de desarrollo del cultivo (Mont, 2008).

En el presente experimento, para las condiciones de la Molina, solo 61 líneas de las 133 seleccionadas (Cuadro 30) lograron presentar valores menores a 20 del Coeficiente de infección (Cuadro 3), en un rango de 5 a 20. El valor promedio encontrado en el testigo UNA La Molina 96 fue de 27 (Cuadro 29).

## **7. Rendimiento de granos (kg/ha).**

El mejoramiento, para lograr un alto rendimiento de grano supone lo siguiente: la obtención de recombinaciones favorables de genes para: el crecimiento, el vigor y la productividad; también comprende la creación de líneas con capacidad para producir bajo condiciones adversas así como también bajo condiciones favorables de desarrollo (Poehlman, 1969).

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. 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 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.

De las 133 muestras evaluadas (Cuadro 30), 100 líneas presentaron valores superiores a 4500 kg/ha (Cuadro 3), fluctuando el rendimiento entre 4506 y 8731 kg/ha. El testigo tuvo un rendimiento promedio de 4246 kg/ha (Cuadro 29).

## **8. Valor del peso hectolítrico**

Este parámetro (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 B., *et al*, 2008).

El peso hectolítrico es usado de referencia al determinar el precio de los lotes ya que es un valor relacionado a la calidad del grano y a su vez indica qué tan sano se encuentre ya que cuanto más sano sea (menor cantidad de impurezas, granos quebrados o de semillas con hongos), mayor será la proporción de almidón en el grano y mejor será la separación del endospermo del resto del grano. Además, los granos más densos son menos susceptibles al ataque por insectos. También es importante para su transporte ya que refleja la cantidad de materia seca del grano que existe en un volumen determinado (Borneo, R.,

2012). Por consiguiente, el peso hectolítrico es una buena estimación tanto de la calidad física del grano, como de la calidad molinera.

Dentro de las muestras seleccionadas ninguna de ellas (Cuadro 30) presentó un valor superior a 79 kg/hl (Cuadro 3), los valores fluctuaron entre 61 a 74 kg/hl. El testigo (seis hileras) manifestó un valor promedio de 66 kg/hl (Cuadro 29) sin embargo se pueden apreciar que existen líneas mutantes con mejores valores en comparación al testigo.

## **9. Contenido de proteínas**

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 10.5 a 12.5 por ciento para la industria malteracervecera, siendo este valor de gran importancia en ambos casos al momento de su comercialización (Romero, 1983; Peña Bautista, R. J., *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.

En el presente experimento evaluado, se identificaron cinco líneas (Cuadro 30), recomendables para la alimentación humana, tales como: CM2h-350, CM6h-564, CM6h-631, CM6h-694 y CM2h-723, con valores iguales o superiores al 12 por ciento (valores en un rango de 12 a 12,4 por ciento; Cuadro 3). En cambio, 55 líneas podrían ser destinadas a la industria maltera por presentar valores entre 10.5 y 11.5 por ciento (Cuadro 3). El testigo UNA La Molina 96 presentó un contenido de proteínas de 10.5 por ciento en promedio (Cuadro 29),

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 L., 1983).

#### **10. Peso de mil granos (gr):**

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 L., 1983).

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, J., *et al.*1997).

En la presente investigación, de un total de 132 líneas evaluadas, se identificaron 131 líneas (Cuadro 30) con valores superiores a 50 gramos (los valores se encontraban dentro del rango de 50.2 a 78.9; Cuadro 3). El testigo también cumplió con el “criterio del experto” al presentar un valor de 56.8 gramos (Cuadro 29).

IAEA (2013) ha publicado una lista de las variedades de cebada obtenidas a través de la inducción de mutaciones con rayos gamma sobre semillas de variedades seleccionadas por el fitomejorador. En el ANEXO 21 se observan las 21 variedades de cebada obtenidas a partir de la irradiación de semillas con rayos gamma; los caracteres modificados y mejorados en su mayoría fueron para rendimiento (12 variedades), calidad maltera (siete variedades), resistencia a enfermedades (seis variedades), altura de planta (cinco variedades) entre otras. Y en el ANEXO 22 se encuentran las 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.

De las líneas seleccionadas por varios caracteres simultáneamente (Distancia Euclidiana, Cuadro 30), observamos que todos los caracteres fueron mejorados a través de la irradiación con rayos gamma excepto el peso hectolítrico y a su vez ninguna de las líneas presenta todos los caracteres con los valores deseados por el mejorador. Las 132 líneas con uno o varios caracteres mejorados con respecto al testigo, podrían seguir siendo

investigadas para ver su comportamiento en otras zonas geográficas del país o podrían ser usadas como material parental en cruzas que permitan mejorar los caracteres faltantes.

Del Cuadro 30, cabe rescatar las líneas CM6h-564 y CM6h-655 ya que presentan siete de los diez caracteres cuantitativos deseados, coincidiendo para: altura de planta, acame, valor de roya, valor de oidium y peso de mil granos.

Adicionalmente, se pueden agrupar estas 132 líneas seleccionadas por la fórmula de la Distancia Euclidiana en función a los grupos anteriormente mencionados (Figura 1) tal y como se observa en el Cuadro 32, en el cual se aprecia que esta fórmula logró identificar en su mayoría líneas con alto peso de mil granos (99,2 por ciento de las 132 líneas), resistencia a roya de la hoja (93,2 por ciento de las 132 líneas) y de buen rendimiento (75,8 por ciento de las 132 líneas). A su vez, se identificaron también líneas con buenos valores para altura de planta (60,6 por ciento de las 132 líneas), coeficiente de infección para Oidium (54,5 por ciento de las 132 líneas), coeficiente de infección para mancha moteada (46,2 por ciento de las 132 líneas) y buen contenido de proteínas para cebadas malteras (41,7 por ciento de las 132 líneas).

También del Cuadro 32 se observa una relación directa entre la ausencia de mutaciones clorofílicas en las espigas de seis hileras (Grupo 2-6HIL) y los altos valores de los diversos caracteres evaluados en las 132 líneas identificadas a través de la Distancia Euclidiana; un caso particular se observa para el carácter contenido de proteínas enfocado en la alimentación humana ya que presentó un valor elevado pero no por manifestar una mutación clorofílica sino por presentar una mutación morfológica en el número de hileras (Grupo 3-2HIL). Por otra parte, las líneas que mostraron los valores más bajos para más de cinco caracteres, se identificaron en Grupo 1.1-Albina y Grupo 3-2HIL pudiendo existir una relación entre estos tipos de mutaciones y determinados caracteres.

A través de la fórmula de la Distancia Euclidiana, se lograron identificar cinco líneas que presentaron un rendimiento superior a 7300 Kg/h (rendimiento potencial obtenido en la variedad UNA La Molina 96) superando al testigo en 71 por ciento bajo las condiciones del presente experimento, de las cuales tres de ellas (CM6h-278, CM6h-543 y CM6h-548) lograron incrementar el contenido de proteínas en comparación al valor promedio del testigo pudiendo destinarse estas líneas para la obtención de variedades para

la alimentación humana. A su vez mostraron mejoras para: altura de planta, acame, resistencia a mancha moteada, resistencia a roya de la hoja y peso de mil granos, coincidiendo solo para estos dos últimos caracteres. Es por ello que estas tres líneas serán de gran interés al momento de buscar un material parental para realizar cruza. Las otras dos líneas (CM6h-542 y CM6h-549) presentaron un rendimiento superior a 7300 Kg/h pero con bajo contenido de proteínas (menor a 10,5 por ciento) por lo que podrían emplearse como progenitores para encontrar nuevas variedades de alto rendimiento.

**Cuadro 32: Relación entre los caracteres evaluados y los grupos formados a partir de la presencia de mutaciones clorofílicas y número de hileras en las 132 líneas identificadas a través de la Distancia Euclidiana y el Criterio del experto.**

Grupos y caracteres evaluados	Altura de planta	Espigado	Acame	Rendimiento	Roya de la hoja	Oidium	Mancha moteada	Contenido de proteínas Malta	Contenido de proteínas Alimento	Peso de mil granos
Grupo 1.1-Albina	0	0	0	0.8	1.4	1.6	1	0	0	0.8
Grupo 1.2-Chlorina	3.8	0	0	3.3	1.4	6.6	4	1.8	0	3.1
Grupo 1.3-Lutescens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo 1.4-Striata	30	0	11.1	24.4	33.3	16.4	24	30.9	40	25.2
Grupo 1.5-Tigrina	8.8	0	0	9.8	15.3	14.8	11	5.5	0	9.2
Grupo 1.6-Xantha	1.3	0	0	0	1.4	0	0	0	0	0.8
Grupo 2-6HIL (SMC)	48.8	100	61.1	56.9	44.4	54.1	57	58.2	0	56.5
Grupo 3-2HIL	1.3	0	5.6	0.8	1.4	1.6	0	1.8	0	0.8
Grupo 4-2HIL (SMC)	6.3	0	22.2	4.1	1.4	4.9	3	1.8	60	3.8
<b>Nº TOTAL LÍNEAS</b>	80	3	18	100	123	72	61	55	5	131
<b>Porcentaje dentro de líneas seleccionadas por D.E.</b>	60.6	2.3	13.6	75.8	93.2	54.5	46.2	41.7	3.8	99.2

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda de los resultados presentados:

 Valor más alto de "porcentaje total de líneas que cumplieron con el Criterio del experto", seleccionadas a través de la Distancia Euclidiana.

 Valor alto de "porcentaje total de líneas que cumplieron con el Criterio del experto", seleccionadas a través de la Distancia Euclidiana.

**ABC** Valores más bajos dentro del carácter agronómico evaluado.

**ABC** Valores más alto dentro del carácter agronómico evaluado.

## V. CONCLUSIONES

### OBJETIVO 1

1. Se observaron mutaciones de clorofila del tipo Albina, Chlorina, Lutescens, Striata, Tigrina y Xantha. Siendo la más frecuente el tipo “Striata” presentando 1,71 por ciento de frecuencia.

2. Se identificaron mutaciones morfológicas en caracteres de tallo, hojas, espiga y grano, tanto en color, forma y otros. Los más frecuentes fueron: “longitud de gluma igual al tamaño de grano” con 20,86 por ciento para el Grupo de 6 hileras y el descriptor “color de arista” tipo “amarillo” con 12,01 por ciento también para el Grupo de 6 hileras.

3. Se identificaron mutaciones para caracteres cuantitativos como rendimiento de grano, días al espigado, altura de planta, acame, resistencia a roya de la hoja, oídio, mancha moteada, peso de mil granos, granos de primera, contenido de proteína del grano y peso hectolítrico.

### OBJETIVO 2

1. Comparando los valores del testigo con la generación  $M_8$  para los 10 caracteres cuantitativos evaluados, se aprecia una mejora en todos los caracteres especialmente para: peso de mil granos, coeficiente de infección de roya de la hoja y rendimiento, excepto para el peso hectolítrico.

2. Se identificaron 132 líneas superiores para los caracteres agronómicos, tolerancia/resistencia a enfermedades y a calidad del grano (excepto para el peso hectolítrico) obtenidas mediante irradiación gamma a partir de la variedad UNA La Molina 96.

3. Las líneas con el mayor número de caracteres deseables (siete de diez) son CM6h-564 y CM6h-655 coincidiendo para: altura de planta, acame, valor de roya, valor de oidium y peso de mil granos.

4. Las líneas adecuadas para la alimentación humana son: CM6h-278, CM6h-543 y CM6h-548 por presentar un rendimiento mayor a 7300 kg/ha y 10,70 por ciento de proteína superando al testigo. A su vez presentaron mejoras para: altura de planta, acame, resistencia a mancha moteada, resistencia a roya de la hoja y peso de mil granos, coincidiendo para estos dos últimos caracteres.

5. Las líneas CM6h-542 y CM6h-549 presentaron un rendimiento superior a 7300 Kg/h pero con bajo contenido de proteínas (menor a 10,5 por ciento) por lo que podría emplearse como progenitores para encontrar nuevas variedades de alto rendimiento.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- 1.- Continuar evaluando las 132 líneas en condiciones de sierra comparándolas con el testigo.
- 2.- Continuar con el seguimiento de las líneas que no mostraron mutaciones clorofílicas (Grupo2-6HIL) para confirmar si hay una asociación entre mejoras para los caracteres evaluados a excepción del peso hectolítrico y de un alto contenido de proteínas.
- 3.- Emplear las mejores líneas de cada característica en programas de cruzamiento.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Abadie, T. y Ceretta, S. 1997. Exploring crop adaptation through the study of multi environment trials (METs). In Rebuffo, M., Abadie, T. Third South American Oats Congress. INIA Uruguay – The Quaker Oats Company. Page 35-40.
2. Aberg, E. & Wiebe, G. A. 1945. Barley Varieties Grown in the United States and Canada in Technical Bulletin N° 907. May 1946. Classification United States Department of Agriculture, Washington, D. C. Page. 13 – 49.
3. AGROENFOQUE. Marzo, 1997. N° 84. Pág. 37 – 38.
4. Aminetzach, Y. T.; Macpherson, J. M. & Petrov, D. A. 2005. Pesticide resistance via transposition-mediated adaptive gene truncation in *Drosophila*. *Science*, 309 (5735). Page 764-767.
5. APG III: An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. 2009. Botanical Journal of the Linnean Society. Vol. 161. Page: 110.
6. Auti, S.; & Apparao, B. 2009. Induced Mutagenesis in Mungbean (*Vigna radiata* L.) Wilczek). In Q.Y. Shu (ed.), Induced Plant Mutations in the Genomics Era. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Page 97-100.
7. Badigannavar, A. & Mondal, S. 2009. Genetic Enhancement of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) for High Oil Content through Gamma-Ray Mutagenesis. In Q.Y. Shu (ed.), Induced Plant Mutations in the Genomics Era. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Page 101-103.
8. Bertram, J. (2000). 'The molecular biology of cancer'. *Mol. Aspects Med*, 21 (6). Page 167-223.
9. Borneo, Rafael. 2012. North Dakota State University, United States of America. (<http://www.concereal.es/node/118>)
10. Brunner, H. 1995. Radiation induced mutations for plant selection. Plant Breeding Unit, Joint FAO/IAEA Programme, IAEA Laboratories, Seibersdorf, Austria. 589 - 594.
11. Burrus, V. & Waldor, M. (2004). 'Shaping bacterial genomes with integrative and conjugative elements'. *Res. Microbiol*, 155 (5). Page 376–386.
12. Bustamante, J., Allés, A., Espadas, M., Muñoz. J. Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias. Información técnica. Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias de Mahón. N°2, abril. 1997. España.

13. Cárdenas Rodrigo, Roxana. 2012. Determinación de la calidad maltera de cuatro líneas mejoradas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) nacional. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM. Lima, Perú. 112 páginas.
14. CIMMYT/ IBPGR. 1991. Descriptores para maíz. Roma. Pág. xii, 01.
15. Crisci, J. & López, M. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Serie de biología N° 26, secretaria general de la organización de los estados americanos (OEA). Programa regional de desarrollo científico y tecnológico. Washington D.C. 132 p
16. Das, B. K. & Bhagwat, S. G. (2009). Isolation of Early Flowering Mutant in Cultivar C-306 Known for its Good Chapati-making Quality. In Q.Y. Shu (ed.), Induced Plant Mutations in the Genomics Era. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Page 362 – 365.
17. Donini, B.; Kawai T. and Micke A. 1984. Spectrum of Mutant Characters utilized in developing improved cultivars. In Selection in Mutation breeding, IAEA. Vienna. Page 7 – 31.
18. FAO. 1998. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 510 p.
19. FAO. Departamento de agricultura. 2001. <http://www.fao.org/docrep /006/X8234S/x8234s05.htm>
20. Franco, T. L. e Hidalgo, R. (eds.). 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico n° 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p
21. Furman, B. J., *et al.* 1997. Characterization and analysis of North America Triticale genetic resources. Crop Sci. 37: 1951 – 1959.
22. García Lamothe, Adriana. 1997. I.N.I.A. La Estanzuela, Uruguay.  
<http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart11/Cart11.htm#0>
23. Gómez P. 2004. Revista “AGRUM”. N° 12. Pág. 12 - 14.
24. Gómez P., L. R. 2007. “Información Técnica sobre Cebada. S@nconet – Sistema de mercadeo y comercialización.
25. Gómez P., L.; Eguiluz, A.; Jimenez, J.; Falconí, J. & Heros, A., E. 2009. Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Improvement by Mutation Induction in Peru. In Q.Y. Shu (ed.), Induced Plant Mutations in the Genomics Era. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Page 330-332.
26. González, M.; Pérez, N.; Cristo, E.; Rodríguez, M. & Borrás, O. 2009. Development of Salinity-tolerant Rice Varieties Using Biotechnological and Nuclear Techniques. In Q.Y.

- Shu (ed.), *Induced Plant Mutations in the Genomics Era*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Page 138-140.
27. Gustafsson, Å. 1940. The mutation system of the chlorophyll apparatus. *Lunds Universitets Årsskrift, N. F. Avd. 2. Bd. 36*: Page 1 - 40.
  28. Hagberg, A. 1958. Cytogenetik einiger Gerstenmutanten. *Züchter* 28:32-36.
  29. Hair J., E.; Anderson, R.; Tatham, R.; Black, W. 2001. *Análisis multivariante*. Quinta edición. Editorial Prentice may. España. 799 p
  30. Hintum, T. J. L. van. 1995. Hierarchical approaches to the analysis of genetic diversity in crop plants. In: Hodgkin, T., Brown, AHD, Hintum, TJL van, Morales, EAV (eds). *Core Collections of plant genetic resources*. John Wiley and sons, New York. 23-24 pp.
  31. IICA. 2010. *Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA. Uruguay.
  32. INEI. 2011. *Perú: Perfil de la Pobreza por departamentos, 2001-2010*. <http://www.inei.gov.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0981/index.html>
  33. IPGRI. 1994. *Descriptors for Barley*. Instituto Internacional de Recursos fitogenéticos, Roma, Italia. Page 29-38.
  34. IPGRI. 2003. *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos – Tito L. Franco y Rigoberto Hidalgo – Boletín técnico – Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos*. Roma, Italia. Pág. 11.
  35. Jambhulkar, S. & Shitre, A. 2009. Development and Utilization of Genetic Variability through Induced Mutagenesis in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). In Q.Y. Shu (ed.), *Induced Plant Mutations in the Genomics Era*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Page 104-105.
  36. Jacobsen, T. and Adams, R. M. 1958. Salt and silt in ancient Mesopotamia agriculture. *Science*, N.Y. Vol 128: 1251 – 8.
  37. Kantardzic, M. 2003. *Data mining: concepts, models, methods, and algorithms*, vol 1. Wiley, New Jersey
  38. Kharkwal, M. C., & Shu, Q. 2009. The Role of Induced Mutations in World Food Security. In Q.Y. Shu (ed.), *Induced Plant Mutations in the Genomics Era*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Page 32-38.
  39. Larsson, H. E. B. 1985. Morphological analysis of *laxatum* barley mutants. *Hereditas* 103: Page 239-253.

40. Legendre, P., Dallot, S. & Legendre, L. 1985. Succession of species within a community: Chronological clustering, with applications to marine and freshwater zooplankton. Page 257 – 288.
41. López J. A. e Hidalgo, M. D. 1994a. Análisis de componentes principales y análisis factorial. En: Ato, M. y López, J. J. (eds.). Fundamentos de estadística con Systat. Addison Wesley Iberoamericana. Page 457-503.
42. Manjaya, J. 2009. Genetic Improvement of Soybean Variety VLS-2 through Induced Mutations. In Q.Y. Shu (ed.), Induced Plant Mutations in the Genomics Era. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Page 106-109.
43. Micke, A. & Donini, B. 1993. Induced Mutations In Plant Breeding Principles and Prospects. Edited by Hayward, M.D.; Bosemark, N.O. & Romagosa I. Chapman & Hall. Page 52 - 62.
44. Molina Cano, J.L. 1989. La cebada: morfología, fisiología, genética, agronomía y usos industriales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Pág. 82-84.
45. Mont, Ricardo. 2004. El control biológico como componente del Manejo Integrado de Enfermedades de las plantas. SENASA. Lima, Perú.
46. Mont, Ricardo. 2008. Enfermedades de la cebada, el trigo y la avena en el Perú. Identificación y manejo integrado. Programa de Investigación y Proyección Social en Cereales y Granos Nativos. Lima, Perú.
47. OIEA. 1996. La Cooperación técnica por dentro. Vol. 2. N°1. Pág. 1,8.
48. OIEA, 2013. <http://nucleus.iaea.org/sso/NUCLEUS.html?exturl=http://www-mvd.iaea.org/MVD/default.htm>
49. Paterniani, E. y Goodman, M. M. 1977. Races of maize in Brasil and adjacent areas. Mexico DF. CIMMYT. 95 p.
50. Patnaik A. & Rao, G. J. N. 2009. Genetic Enhancement of Speciality Rice through Induced Mutation – Short-Grain Aromatic Rice. In Q.Y. Shu (ed.), Induced Plant Mutations in the Genomics Era. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Page 197-199.
51. Peña Bautista, R. J., Pérez Herrera, P., Villaseñor Mir, E., Gómez Valdez, M. M., Mendoza Lozano, M. A. 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.
52. Persson, G. 1969. An attempt to find suitable genetic markers for the dense ear loci in barley I. Hereditas 62: Page 25-96.

53. Persson, G., & A. Hagberg. 1969. Induced variation in a quantitative character in barley. Morphology and cytogenetics of *erectoides* mutants. *Hereditas* 61: Page 115-178.
54. Pierce, B. A. 2002. Genetics: a conceptual approach. W.H. Freeman and Co. New York, EE.UU. Page 475-482, 484-491.
55. Pla, L. E. 1986. Análisis multivariado: Método de componentes principales. Secretaría de la Organización de Estados Americanos (OEA). Washington, D.C. 94 p.
56. Poehlman, J. M. 1969. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Editorial Limusa – Wiley S.A. Primera edición. México. Págs. 59, 183-193.
57. Poehlman, J.M. y Allen, D. 2005. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. México. Pág. 119.
58. Prasad, Ganesh. (1996). Varietal effect on mutation frequency and spectrum induced by gamma rays in barley. Department of Agricultural Botany, S. D. J. Post Graduate College, Chandesar, India. In: Barley Genetics Newsletter, Vol 25: Page 19 – 22.
59. Querol L., D. 1988. Recursos Genéticos, nuestro tesoro olvidado, Aproximación técnica y socioeconómica. Editorial Industrial gráfica S.A. Lima, Perú. Pág. 218.
60. Ramírez Oncoy. 1996. Revista “AGRONOTICIAS”. Agosto, N° 200. Lima - Perú. Pág. 48 – 49.
61. Rodden Robinson, T. 2005. Genetics for dummies. Primera impresión. Wiley Publishing, Inc., Indiana, EE.UU. Page 189-198.
62. Romero Loli, Marino. 1983. Desarrollo genético y tecnológico de la cebada como materia prima industrial. Informe final del Proyecto I – 019/78. Programa de cereales UNA La Molina – Perú.
63. Romero L. y Gómez P. 2000. Revista “UNALM”. Vol. 46. Pág. 39-41.
64. Romero L. y Gómez P. 2004. Programa de desarrollo del cultivo de la cebada en el Perú. Concurso creatividad empresarial 2004. Categoría: Alimentación. UNALM – BACKUS. Pág. 07.
65. Sağel, Z., Tutluer, M. I., Peşkircioğlu, H., Kantoğlu K. Y. & Kunter, B. 2009. The Improvement of TAEK-Sagel Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Mutant Variety in Turkey. In Q.Y. Shu (ed.), Induced Plant Mutations in the Genomics Era. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Page 319-321.
66. Sevilla R. y M. Holle. 2004. Recursos Genéticos Vegetales. Primera Edición. Editorial: Luis León Asociados SRL. Pág. 445.
67. Si, P.; Buirchell, B.; & Sweetingham, M. 2009. Induced Mutation in Narrow-Leafed Lupin Improvement: An Example of Herbicide Tolerance. In Q.Y. Shu (ed.), Induced Plant

Mutations in the Genomics Era. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Page 77-79.

68. Spagnoletti Zeuli, P. L.; Qualset, C. O. 1987. Geographical diversity for quantitative spike characters in a world collection of durum wheat. *Crop Sci.* 27: Page 235 – 241.
69. Stubbs R.W., Prescott J.M., Saari E.E., Dubin H.J. 1986. Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. CIMMYT (México) en cooperación con el Instituto de Investigación para la Protección Vegetal (IPO), Wageningen, Países Bajos. Páginas 21 y 22.
70. USDA. Agricultural Research Service. 2012. <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>
71. Van Harten, A. M. 1998. Mutation breeding, theory and practical applications. Cambridge University Press. First published. Page 103.
72. Vila Mendoza, P. 2007. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae “Caracterización de líneas mutantes M3 de cebada (*Hordeum vulgare* L.) bajo condiciones de La Molina”. UNALM. Lima - Perú. Pág. 24-32.
73. Zadoks, J. C. Ghang, and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: Page 415 – 421.

#### **PÁGINAS WEB CONSULTADAS:**

74. [http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/313302/313302\\_mp.htm#ENTRADASAL](http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/313302/313302_mp.htm#ENTRADASAL) PROCESO.
75. MINAG. 2011. <http://frenteweb.minag.gob.pe/sisca/?mod=salida>.
76. FAOSTAT. 2013. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://193.43.36.221/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anchor>
77. Programa Nacional de Apoyo Directo a los más pobres “JUNTOS”. Abril, 2011. <http://www.juntos.gob.pe/?p=10174>

## ANEXO 1: Descriptores para cebada. IBPGR (1994).

### 2. DESCRIPTORES DE LA PLANTA:

#### 1.1 VEGETATIVO

1.1.1 Clase de crecimiento: (estacionalidad).

- 1 Invierno.
- 2 Facultativos (intermedio).
- 3 Primavera.

1.1.2 Hábito de crecimiento: (Sujeto a factores ambientales).

- 3 Prostrado.
- 5 Intermedio.
- 7 Erectos.

1.1.3 Altura de la planta (cm):

En la madurez, medido desde el nivel del suelo hasta la parte superior de la espiga sin incluir las aristas.

1.1.4 Pigmentación del tallo: (Inmaduros).

- 1 Verde.
- 2 Base púrpura.
- 3 Púrpura (la mitad o más).

1.1.5 Pigmentación de la aurícula: (Sujeto a los factores ambientales).

- 1 Verde.
- 2 Púrpura pálido.
- 3 Púrpura.
- 4 Púrpura oscuro.

#### 1.2 INFLORESCENCIA Y FRUTO

1.2.1 Sensibilidad al fotoperiodo:

- 1 Muy baja o sin signos visibles de la sensibilidad.
- 3 Baja sensibilidad.
- 5 Intermedia.
- 7 Alta sensibilidad.

1.2.2 Días a la floración:

Desde la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas han empezado a florecer. Sin embargo, en las zonas secas, cuando la siembra es en suelos secos, se contará desde el primer día de lluvia o de riego, lo cual es suficiente para la germinación (altamente dependiente de las interacciones de la temperatura-fotoperiodo).

1.2.3 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.

1.2.4 Densidad de la espiga (Observación subjetiva).

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

1.2.5 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 fotoperiodo).

1.2.6 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.

1.2.7 Barbas en las aristas de la lemma:

- 3 Lisa (pocas barbas en la punta).
- 5 Intermedia (pequeñas púas en la mitad superior).
- 7 Rugosa.

1.2.8 Longitud de gluma y arista (glumas exteriores):

- 1 Longitud de gluma y arista menor al grano.
- 2 Longitud de gluma y arista igual al grano.
- 3 Longitud de gluma y arista más largas que el grano.
- 4 Longitud de gluma y arista del doble del tamaño del grano.
- 5 Longitud de gluma igual a la lemma.
- 6 Longitud de gluma menor que el grano.
- 7 Longitud de gluma igual al grano.
- 8 Longitud de gluma igual al doble del tamaño del grano.
- 9 Longitud de la gluma mayor al doble del tamaño del grano.

1.2.9 Color de la gluma:

- 1 Blanco.
- 2 Amarillo.
- 3 Marrón.
- 4 Negro.

1.2.10 Tipo de Lema:

- 1 Lema sin dientes.
- 2 Lema con dientes (Barbas en los nervios laterales).
- 3 Con pelos.

1.2.11 Color de la arista: (Observado en semillas frescas).

- 1 Ámbar / blanco.
- 2 Amarillo.
- 3 Marrón.
- 4 Rojizo.
- 5 Negro.
- 6 Otro (especificar en el descriptor Notas).

1.2.12 Longitud de los pelos de la raquilla:

- 1 Corto.
- 2 Largo.

1.3 SEMILLA (GRANO)

1.3.1 Cubierta del grano: (Esté o no la lema y la palea adherida a la cariósida).

- 1 Grano desnudo.
- 2 Grano semicubierto.
- 3 Grano cubierto.

1.3.2 Ancho del grano (%):

Porcentaje de granos restantes en una zaranda de 2,38 mm con ranuras.

1.3.3 Color de la lemma

- 1 Ámbar (normal).
- 2 Marrón / rojo.
- 3 Púrpura.
- 4 Negro / gris.
- 99 Otro (especificar en el descriptor Notas).

1.3.4 Grano (pericarpio) de color:

- 1 Blanco.
- 2 Bronceado / rojo.
- 3 Púrpura.
- 4 Negro.
- 5 Otro (especificar en el descriptor Notas).

1.3.5 Aleurona de color: Aunque esta característica es difícil de observar, es usado para la clasificación de tipo de mercado de varios países.

- 1 Blanco.
- 2 Azul.

1.3.6 Peso de 1000 granos (g): Aunque este rasgo es dependiente del entorno, la mayoría de los aumentos se producirán en un entorno favorable.

### 3. DESCRIPTORES DE LA PLANTA

#### 2.1 SEMILLA (grano)

##### 2.1.1 Contenido de proteínas (%):

Medido como porcentaje de peso seco (humedad de la semilla igual o inferior al 12%). Indicando los factores de conversión utilizado, ya sea  $N \times 6,25$  ó  $N \times 5,6$ .

##### 2.1.2 Relación lisina / proteína (%):

Porcentaje de lisina por unidad de proteína (absoluta).

##### 2.1.3 Gravedad específica (prueba de peso) (kg/m<sup>3</sup>):

Masa de granos cosechados de un volumen conocido.

1 Bajo (<-1X)

2 Medio (+ - 1X)

3 Alto (> 1X)

## ANEXO 2: Lista de Mutaciones clorofílicas - Gustafsson (1940)

(Van Harten, A. M. 1998. Mutation breeding, theory and practical applications.)

1. Albina: No se forma clorofila ni carotenos.
2. Xantha: Prevalencia de carotenos o ausencia de clorofila.
3. Alboviridis:
  - a. Alboxantha: Base amarilla, punta blanca. Muy común.
  - b. Xanthalba: Base blanca o ligeramente coloreada con punta amarilla o amarillo verdosa. Puede alcanzar madurez.
  - c. Alboviridis: Base verde, punta blanca.
4. Viridis: Grupo heterogéneo, característico amarillo verdoso o verde claro.
  - a. Virescens: Verde claro uniforme que gradualmente cambia a verde oscuro. Generalmente el color adquiere el tono normal. Mutación a menudo viable.
  - b. Chlorina: Generalmente color amarillo verdoso que puede permanecer durante el ciclo de la planta u oscurecerse. Viable.
  - c. Lutescens: Los pigmentos verdes originales se destruyen, las hojas se marchitan y se tornan amarillas.
  - d. Albescens: Igual que Chlorina pero más pronunciado. Los colores originales cambian a blanco o blanco amarillo.
5. Tigrina: Destrucción transversal de los pigmentos. Líneas transversales son generalmente marrones o amarillas, delgadas y comprimidas. Muy características en cebada.
6. Striata: Líneas longitudinales de color blanco o amarillo.
7. Maculata: Destrucción de clorofila y/o caroteno en forma de manchas distribuidas sobre la hoja.
8. Mutaciones indefinidas.
9. Mutaciones en el plasma.

### ANEXO 3: Variedades de cebada obtenidas por IAEA.

Variedad	País	Año	Descripción
Maksim	Federación de Rusia	...	Resistente al acame.
Prisiv (no publicado)	Federación de Rusia	...	Alto rendimiento y resistente a bajas temperaturas.
Zazerskij 85	Federación de Rusia	...	.....
Zgoda (= Sgoda)	Federación de Rusia	...	.....
Valerie	Francia	...	.....
Lussi (= Vicky)	Suecia	...	Buena calidad maltera.
Alcance	Australia	2010	De alto rendimiento y precocidad, tolerante a herbicidas.
IZ Bori	Bulgaria	2009	Mejora de la tolerancia a las bajas temperaturas, muy buena resistencia a oidiosis, a la roya del tallo y de la hoja, el rendimiento de grano es alto (15-17%), la proteína del grano y el contenido de lisina es elevado, se adapta bien a diferentes condiciones agronómicas.
Centenario	Perú	2006	Mejora en la madurez y en la producción de semillas.
Felicitas	Alemania	2005	Tipo erectoide.
Hutorok	Federación de Rusia	2004	Gran capacidad de adaptación.
Janus	Federación de Rusia	2003	.....
Pavel	Federación de Rusia	2003	Paja rígida.
Stimul	Federación de Rusia	2003	Madurez temprana.
Taran	Federación de Rusia	2003	.....
Sayakaze	Japón	2003	Maduración temprana, de buena calidad, tallo corto, resistente al acame y resistente al virus del mosaico amarillo de la cebada.
Cruiser	Alemania	2001	Tipo erectoide.
Penelope	Alemania	2001	Tipo erectoide.
Penofuli	Alemania	2001	Tipo erectoide.
Dobrynia-3	Federación de Rusia	2001	Tolerancia a las bajas temperaturas.
Gama	Ucrania	2001	Alto rendimiento.
Landora	Alemania	2000	Tipo erectoide.
Roxana	Alemania	2000	Tipo erectoide.
Furat 3	República Árabe de Siria	2000	De alto rendimiento y resistente a la sequía.
Phenix	Ucrania	2000	Tolerancia a la sequía.
Annabell	Alemania	1999	Tipo erectoide.
Badjory	Ucrania	1999	Gran capacidad de adaptación.
Gerelo	Ucrania	1999	Gran capacidad de adaptación.
Hanka	Alemania	1998	Tipo erectoide.

<b>Variedad</b>	<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
Madera	Alemania	1998	Tipo erectoide.
Pasadena	Alemania	1998	Tipo erectoide.
Rio	Alemania	1998	Tipo erectoide.
Akdeniz M-Q-54	Turquía	1998	Resistente a bajas temperaturas, resistente a la sequía y mayor tamaño de grano.
Virgen	Alemania	1997	Tipo erectoide.
Exotic	Federación de Rusia	1997	Gran capacidad de adaptación.
Komaki-Nijo	Japón	1997	.....
Kormovy	Ucrania	1997	Alto rendimiento.
Brenda	Alemania	1995	Tipo erectoide.
Cork	Alemania	1995	Tipo erectoide.
Nevada	Alemania	1995	Tipo erectoide.
Alpina	Austria	1995	Semienana.
AC - Stacey	Canadá	1995	Madurez temprana.
Qianlu 1	China	1995	.....
UC 829	EE.UU.	1995	Semienano, alto rendimiento y resistente a enfermedades.
Leelo	Estonia	1995	Alto rendimiento, resistente al acame, tamaño de grano grande y bajo contenido en proteínas (11,9%).
Secret	Federación de Rusia	1995	Resistente al acame y bajas temperaturas.
Noor Al-Qadisyiha 17	Iraq	1995	Precocidad y se puede sembrar en dos campañas.
Noor Al-Qadisyiha 68	Iraq	1995	Precocidad y se puede sembrar en dos campañas.
UNA-La Molina 95	Perú	1995	Madurez temprana y granos desnudos.
Alondra	Alemania	1994	Tipo erectoide.
Chariot	Alemania	1994	Tipo erectoide.
Marina	Alemania	1994	Paja rígida, buena calidad maltera.
Amil	Iraq	1994	Alto rendimiento, resistente a roya y oidium.
Baraka	Iraq	1994	Alto rendimiento, resistente al oidio y de buena calidad maltera.
Tuwaitha	Iraq	1994	Alto rendimiento, adecuado para zonas semiáridas, resistente a oidiosis y la resistente al acame.
AC - Albright	Canadá	1993	Resistente a enfermedades y tallo rígido.
Pamunkey	EE.UU.	1993	Semienana y de maduración temprana.
Anni	Estonia	1993	Tolerante a la sequía, resistente al acame y bajo contenido en proteínas (bueno para la comida y la cerveza).
BIOS-1	Federación de Rusia	1993	Resistente al ingreso de hongos (carbón) y granos de gran tamaño.

<b>Variedad</b>	<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
Samir	Iraq	1993	Alto rendimiento, resistente a la roya de la hoja y de buena calidad maltera.
Minna	Alemania	1992	Tipo erectoide.
Nomini	EE.UU.	1992	Maduración temprana y con las aristas bien densas.
Bastion	Federación de Rusia	1992	Paja dura y resistente a enfermedades.
Mamluk	Federación de Rusia	1992	Madurez temprana, tamaño de grano grande y alto rendimiento.
Tuteishy	Federación de Rusia	1992	Resistente al acame y de alto rendimiento.
Veras	Federación de Rusia	1992	Resistente al acame y alta productividad de forraje.
Shua	Iraq	1992	Paja rígida, resistente al acame, alto rendimiento y alto contenido de proteínas.
Jianghaidamai	China	1991	.....
Wandamai 1	China	1991	.....
Eight - Twelve	EE.UU.	1991	Aristas largas, grano coloreado y pelos cortos en la raquilla.
Scorohod	Federación de Rusia	1991	Madurez temprana y resistente al acame.
Taeler	Federación de Rusia	1991	Madurez temprana, paja corta y alto contenido proteico (15%).
Bitrana	Alemania	1990	Tipo erectoide.
Krona	Alemania	1990	Tipo erectoide.
Libelle	Alemania	1990	Tipo erectoide.
Nomad	Alemania	1990	.....
Sissy	Alemania	1990	.....
Leo-INIA/CCU	Chile	1990	Buena calidad maltera.
SEMAL	Dinamarca	1990	Alto rendimiento de hasta 9 t / ha en suelos arcillosos, calidad maltera igual a Trumpf, resistente a nemátodos pero susceptible a oidiosis.
Verena	EE.UU.	1990	Tipo erectoide.
Perelom	Federación de Rusia	1990	Resistente al acame.
Vavilon	Federación de Rusia	1990	Resistente a las bajas temperaturas y al acame, buena estabilidad ecológica, alto rendimiento y suprime el crecimiento de la maleza.
Tone-Nijo	Japón	1990	Resistente a la roya de la hoja y a oidiosis.
Fergie	Reino Unido	1990	.....
Larissa	Alemania	1989	Alto rendimiento, resistente al acame y buena calidad del producto.
Camén	Dinamarca	1989	Alto rendimiento y de buena calidad maltera.
Carula	Dinamarca	1989	Buena calidad maltera.
Elo	Estonia	1989	Período vegetativo de 96 días.
Vitim	Federación de Rusia	1989	Alto contenido de proteína en el grano.

<b>Variedad</b>	<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
Karan-265	India	1989	Enanismo, resistente al acame, alta capacidad de macollaje, hojas gruesas pequeñas y tupidas, y de grano desnudo.
Masakado-Komugi	Japón	1989	Alta resistencia al virus del mosaico amarillo de la cebada y madurez temprana.
Stella	Reino Unido	1989	Buena calidad del producto, alto rendimiento y tamaño de grano bueno.
Condesa (Comtesse)	Alemania	1988	De alto rendimiento, resistente al acame, tolerante a oidiosis y a la roya.
Korinna	Alemania	1988	Alto rendimiento, resistente al acame y al ingreso de enfermedades, buena calidad del producto.
Rumba	Alemania	1988	.....
Amalia	Austria	1988	Alto rendimiento, resistente al acame, tolerante al oidium y alto peso de mil granos.
Canut	Dinamarca	1988	Alto rendimiento y de buena calidad maltera.
Novum	Eslovaquia	1988	Alto rendimiento, resistente al acame y a enfermedades foliares.
Profit	Eslovaquia	1988	Alto rendimiento y resistente al acame.
Kharkovskii 84	Federación de Rusia	1988	Resistente a la sequía y al acame, madurez temprana, alto rendimiento y buena calidad como alimento y de buena calida cervecera.
Radical	Federación de Rusia	1988	Paja corta, alto rendimiento, resistente a bajas temperaturas, resistente al acame y alto valor del peso de 1000 granos.
RD-2035	Federación de Rusia	1988	Buena capacidad de macollaje, amplia adaptación, precoz y resistente al nemátodo del quiste de los cereales (CNN).
Patricia	Francia	1988	.....
Tyra	Noruega	1988	Alto rendimiento, paja corta y madurez temprana.
Othello	Reino Unido	1988	.....
Peak	Reino Unido	1988	.....
Ariel	Suecia	1988	Paja corta y rígida, y de buena calidad maltera.
Cheri	Alemania	1987	Precoz, resistente al acame y buena calidad del producto.
Delita	Alemania	1987	Alto rendimiento, resistente al acame y a enfermedades, buena calidad del producto.
Derkado	Alemania	1987	Alto rendimiento, resistente al acame y a enfermedades, buena calidad del producto.
Dinky	Bélgica	1987	.....
Lupidamai 1	China	1987	.....
Jarek	Eslovaquia	1987	Alto rendimiento y resistencia a enfermedades foliares.
Accord	Federación de Rusia	1987	Madurez temprana, buen rendimiento y resistente a las heladas.

<b>Variedad</b>	<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
Shyrokolystnii	Federación de Rusia	1987	Cebada forrajera muy alta, resistente a bajas temperaturas, hojas grandes y de alta productividad, madurez tardía.
Blenheim	Reino Unido	1987	Alto rendimiento, grano relativamente pequeño, bajo contenido de proteína y buena calidad maltera.
Tyne	Reino Unido	1987	Tallo corto, precoz, buena calidad maltera y buena resistencia a enfermedades.
Perun	República Checa	1987	Alto rendimiento, resistente al acame y a enfermedades foliares.
Formula (= W 7200)	Suecia	1987	Paja corta y rígida, y de buena calidad maltera.
Alexis	Alemania	1986	Resistente a oidiosis.
Amazone	Alemania	1986	.....
Espíritu	Alemania	1986	Madurez temprana, alto rendimiento, buena calidad forrajera y resistente al acame.
Maresi	Alemania	1986	Alto rendimiento, resistente al acame y a enfermedades, muy buena calidad del producto.
Toga	Alemania	1986	Buena calidad maltera y de tallo corto.
Carmen	Austria	1986	Alto rendimiento, muy buena resistencia al acame. Cebada de 2 hileras para piensos y cervecería
Octava (Octave)	Austria	1986	.....
Petirrojo (Robin)	Austria	1986	Madurez tardía, resistente a bajas temperaturas y al acame.
Anker	Dinamarca	1986	Alto rendimiento, resistente al acame y al ingreso de enfermedades, buena calidad maltera.
Sila	Dinamarca	1986	Paja dura, de buena calidad maltera y la resistencia a los nemátodos.
Jaspis	Eslovaquia	1986	Alto rendimiento y resistencia a las enfermedades.
Orbit	Eslovaquia	1986	Alto rendimiento, resistente al acame y a enfermedades foliares.
Baraka	Francia	1986	.....
Cargine	Francia	1986	.....
Gavotte	Francia	1986	.....
Natasha	Francia	1986	Tamaño mediano, alto rendimiento y alta calidad maltera.
Pacha	Francia	1986	.....
Presión	Francia	1986	.....
Ayr	Reino Unido	1986	Tallo corto, alto rendimiento y resistente a enfermedades.
Camargue	Reino Unido	1986	Alto rendimiento, resistente al acame, tolerante a enfermedades y buena calidad del producto.

<b>Variedad</b>	<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
Dorett	Alemania	1985	Alto rendimiento, granos relativamente pequeños, de calidad maltera aceptable y buena capacidad de adaptación.
Lenka	Alemania	1985	Alto rendimiento, resistente al acame y a enfermedades, muy buena calidad del producto.
Scarlett	Alemania	1985	Tipo erectoide.
Ursel	Alemania	1985	.....
Fuxuan 48	China	1985	.....
Alis	Dinamarca	1985	Paja dura, resistente a nemátodos y de buena calidad maltera.
CAMIR	Dinamarca	1985	Buena calidad maltera.
Canor	Dinamarca	1985	Buena calidad maltera.
Catrin	Dinamarca	1985	Alto rendimiento.
Madelon	Francia	1985	.....
Prisma	Países bajos	1985	Alto rendimiento, paja rígida, bajo contenido en proteínas y muy buena calidad maltera.
Corgi	Reino Unido	1985	.....
Corniche	Reino Unido	1985	Alto rendimiento, resistente al acame, tolerante a la roya y buena calidad del producto.
Esk	Reino Unido	1985	Paja corta, madurez temprana, de alto rendimiento, calidad maltera regular y buena resistencia a enfermedades.
Everest	Reino Unido	1985	.....
Fleet	Reino Unido	1985	Tipo erectoide y de alto rendimiento.
Kingspin	Reino Unido	1985	.....
Zenit	República Checa	1985	Alto rendimiento, resistente a la rotura del tallo y resistente al acame, tolerante a enfermedades foliares.
Aclamación	Alemania	1984	Alto rendimiento, resistente a enfermedades y al acame, con buena calidad maltera.
Beate	Alemania	1984	Tallo corto, resistente al acame y de muy buena calidad maltera.
Defia	Alemania	1984	Alto rendimiento, resistencia al acame y de buena calidad maltera.
DEFRA	Alemania	1984	Alto rendimiento, resistente al acame y a enfermedades, buena calidad del producto.
Dorina	Alemania	1984	Alto rendimiento, resistente al acame, buena calidad maltera, resistente a oidiosis y a roya de la hoja.
Femina	Alemania	1984	Alta calidad, resistente al acame, a oidiosis y a la roya de la hoja, calidad superior del producto.
Ilka	Alemania	1984	Alto rendimiento, resistente al acame y a oidiosis, muy buena calidad del producto.

<b>Variedad</b>	<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
7938	China	1984	.....
Galant	Dinamarca	1984	Libre de proantocianidina.
Bonus	Eslovaquia	1984	Alto rendimiento y estable, resistente a la rotura del tallo y al acame, resistencia a las enfermedades y muy buena calidad del producto.
Kaskad	Federación de Rusia	1984	Resistente al acame.
Moskovskii 2	Federación de Rusia	1984	Resistente al acame, peso de 1000 granos de 44-50g y alto rendimiento.
Leila	Francia	1984	.....
Karan-201	India	1984	Semienana, grano desnudo, alto contenido de proteínas (16%), buena calidad del grano.
Grisante	Reino Unido	1984	.....
Kredit	República Checa	1984	Alto rendimiento, resistente al ingreso de enfermedades foliares.
Arena	Alemania	1983	Tallo corto, resistente al acame y de muy buena calidad maltera.
Helena	Alemania	1983	.....
Nebi	Alemania	1983	Alto rendimiento, resistente al acame, tolerante a roya amarilla y roya de la hoja, buena calidad del producto.
Jutta	Austria	1983	Alto rendimiento, muy buena resistencia al acame. Cebada de 2 hileras para cervecería.
Diana	Bulgaria	1983	De alto rendimiento, mejor resistencia al frío y al invierno, mayor tamaño de grano.
Krasi 2	Bulgaria	1983	Tallo corto, resistente al acame, muy buena productividad y muy buenas características malteras.
Emperatriz (Empress)	Canadá	1983	Cebada forrajera de primavera, de alto rendimiento, tallo corto y de 6 hileras.
Mikkel	Dinamarca	1983	.....
Romi	Dinamarca	1983	.....
Araraty 7	Federación de Rusia	1983	Madurez temprana y resistente al acame.
Kazbek 1	Federación de Rusia	1983	Alto rendimiento.
BH-75	India	1983	Semienana, buena capacidad de macollaje, precoz, resistente a la roya amarilla y resistente al nemátodo del quiste de los cereales (CNN).
Karan-4	India	1983	Semienana, resistente al acame, hojas tupidas, granos desnudos y hojas de color ámbar
Beaully	Reino Unido	1983	Tallo corto, alto rendimiento, precoz y buena resistencia a enfermedades.
Cromarty	Reino Unido	1983	Tallo corto, alto rendimiento y resistente a enfermedades.
Donan	Reino Unido	1983	Tallo corto, alto rendimiento, buena calidad maltera y buena resistencia a enfermedades.

<b>Variedad</b>	<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
Doublet	Reino Unido	1983	Alto rendimiento y buena calidad maltera.
Heriot	Reino Unido	1983	Tipo semipostrado, paja dura, madurez tardía, alto rendimiento, resistente a oidiosis, roya amarilla y roya de la hoja.
Nairn	Reino Unido	1983	Paja corta, madurez temprana, buena calidad maltera y resistente a enfermedades.
Mars	República Checa	1983	Alto rendimiento y resistente al acame.
Dera	Alemania	1982	Alto rendimiento, resistente al acame y a enfermedades, buena calidad del producto.
Tamina	Alemania	1982	Alto rendimiento, resistente al acame, tolerante al ingreso de enfermedades y muy buena calidad del producto.
Berolina	Austria	1982	Alto rendimiento y buena calidad maltera.
Berta	Austria	1982	De alto rendimiento y resistente al acame.
Jubiley (Yubilei 100)	Bulgaria	1982	Buena productividad, muy buena resistencia a las bajas temperaturas, tamaño de grano grande y las características de elaboración de cerveza son buenas.
Gunnar	Dinamarca	1982	Presenta precocidad.
Inga	Dinamarca	1982	.....
Keti	Dinamarca	1982	De alto rendimiento y resistencia a oidiosis.
Horal	Eslovaquia	1982	Alto rendimiento y resistencia al acame.
Debut	Federación de Rusia	1982	Alto rendimiento y resistente al acame.
Novator	Federación de Rusia	1982	Resistente a bajas temperaturas, al acame y de alto valor proteico.
Karan-15	India	1982	Semienana, buena capacidad de macollaje y buen potencial de rendimiento.
Karan-3	India	1982	Semienana, hojas erectas, resistente al acame y con granos desnudos de color ámbar.
Rejkiran (RD-387)	India	1982	Enana, morfología de la hoja erectoide, buen macollaje y gran resistencia a nemátodos.
Rubin	República Checa	1982	Alto rendimiento y muy buena calidad del producto.
Lina	Suecia	1982	Mayor rendimiento y resistente al acame.
Taarn	Suecia	1982	.....
Salomé	Alemania	1981	Alto rendimiento, resistente al acame, tolerante al ingreso de enfermedades y alta calidad del producto.
Otal	Canadá	1981	Madurez temprana y alto rendimiento de granos.
Gorm	Dinamarca	1981	....
Karat	Eslovaquia	1981	Alto rendimiento y adecuado para condiciones de intensa resistencia al oidio.
Liisa	Estonia	1981	Resistente al acame.

<b>Variedad</b>	<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
DL-253	India	1981	Resistente al carbón y a la roya amarilla.
RD-137	India	1981	Alto rendimiento y menor necesidad de agua.
Baco (Bacchus)	Reino Unido	1981	.....
Carnaval	Reino Unido	1981	.....
Kym	Reino Unido	1981	Capacidad de adaptación amplia y de buena calidad maltera.
Krystal	República Checa	1981	Alto rendimiento, resistencia a oidio y la calidad del producto es muy bueno.
Troja	Suecia	1981	Alto rendimiento y resistente al acame.
Rosie	Dinamarca	1980	.....
Fatran	Eslovaquia	1980	Alto rendimiento y resistencia al acame.
Kustaa	Finlandia	1980	Madurez temprana.
K-257	India	1980	Alto rendimiento y la morfología de la espiga alterada (largas).
Ingot	Reino Unido	1980	.....
Opal	República Checa	1980	Alta resistencia a las enfermedades foliares, resistente al acame y muy buena calidad del producto.
Jenny	Suecia	1980	Alto rendimiento y resistente a oidiosis.
Arena	Alemania	1979	Alto rendimiento, resistente al acame y a enfermedades, buena calidad del producto.
Consista	Alemania	1979	Alto rendimiento, resistente al acame y a enfermedades, buena calidad del producto.
Gerlinde	Alemania	1979	Alto rendimiento, resistente al acame y a enfermedades, buena calidad del producto.
Lada	Alemania	1979	Alto rendimiento, resistente al acame y a enfermedades, muy buena calidad del producto.
Anna Abed	Dinamarca	1979	Paja rígida.
Advance	EE.UU.	1979	Cebada primaveral, gran rendimiento (11-14%), tallo corto y 6 hileras.
Hesk	EE.UU.	1979	Cebada forrajera, tallo corto, resistencia relativa al acame y amplia adaptación.
Mal	EE.UU.	1979	Cebada forrajera de invierno, resistente al acame y de adaptación estrecha.
Kawamizuki	Japón	1979	Paja corta y rígida, madurez temprana, rendimiento alto y estable.
Jamina	Reino Unido	1979	.....
Pernilla	Suecia	1979	De madurez temprana y alto rendimiento.
Alf	Dinamarca	1978	Paja corta y rígida.
Temp	Federación de Rusia	1978	Alto rendimiento y resistente a oidiosis.
RD - 103	India	1978	Enana, hojas erectas, mayor ahijamiento, de alto rendimiento bajo condiciones de riego.

<b>Variedad</b>	<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
Stange	Noruega	1978	Tallo corto y rendimiento superior.
Koral	República Checa	1978	Alto rendimiento, resistente al acame y al oidio.
Safir	República Checa	1978	Paja corta, ritmo de vegetación alterado, buena tolerancia a la sequía, alto rendimiento y de calidad maltera superior.
Atlanta	Canadá	1977	Paja rígida, mejor resistencia a enfermedades, resistente al acame y de alto rendimiento.
Yanfuaizao 3	China	1977	Madurez temprana, paja corta, resistente al acame y al ingreso de enfermedades, mayor rendimiento.
Vega Abed	Dinamarca	1977	Paja rígida, buena resistencia a enfermedades.
Diabas	Eslovaquia	1977	.....
Kosmos	Polonia	1977	Paja corta y rígida.
Spartan	República Checa	1977	Paja corta, ritmo de vegetación alterado, buena tolerancia a la sequía, alto rendimiento y de calidad maltera superior.
Herzo	Alemania	1976	.....
Markeli 5	Bulgaria	1976	Con madurez adelantada de 6-8 días, mayor productividad, granos grandes y uniformes, buena calidad cervecera.
Goldmarker	Reino Unido	1976	Tipo erectoide y excelente retención de espuma.
Jupiter	Reino Unido	1976	Cebada forrajera con buena resistencia a enfermedades.
Minak	Reino Unido	1976	Cebada forrajera de alto rendimiento, paja muy dura, no apta para el malteado.
Atlas	República Checa	1976	Buena resistencia al ingreso de oidiosis (MLA 70), buen rendimiento y buen peso del grano.
Rapid	República Checa	1976	Mayor producción de grano, resistente al ingreso de oidiosis, período vegetativo más corto y de madurez temprana.
Frankengold	Alemania	1975	.....
Nadja	Alemania	1975	Tallo corto, resistente al acame, resistente a oidiosis, roya amarilla, roya de la hoja, muy buena calidad del producto, muy buena calidad maltera y de alta rentabilidad.
Boyer	EE.UU.	1975	Alto rendimiento, la paja corta y resistente al acame y resistente al invierno.
Deawn	EE.UU.	1975	Paja corta, mejor limpieza y desgrane, resistencia al carbón desnudo y de maduración temprana (una semana antes).
Fakel	Federación de Rusia	1975	Paja más corta (15-18%), resistente al acame y mayor contenido de proteína.
Hankkija de Aapo	Finlandia	1975	Cebada forrajera, paja muy rígida y corta, alta capacidad de macollaje y de alto rendimiento.

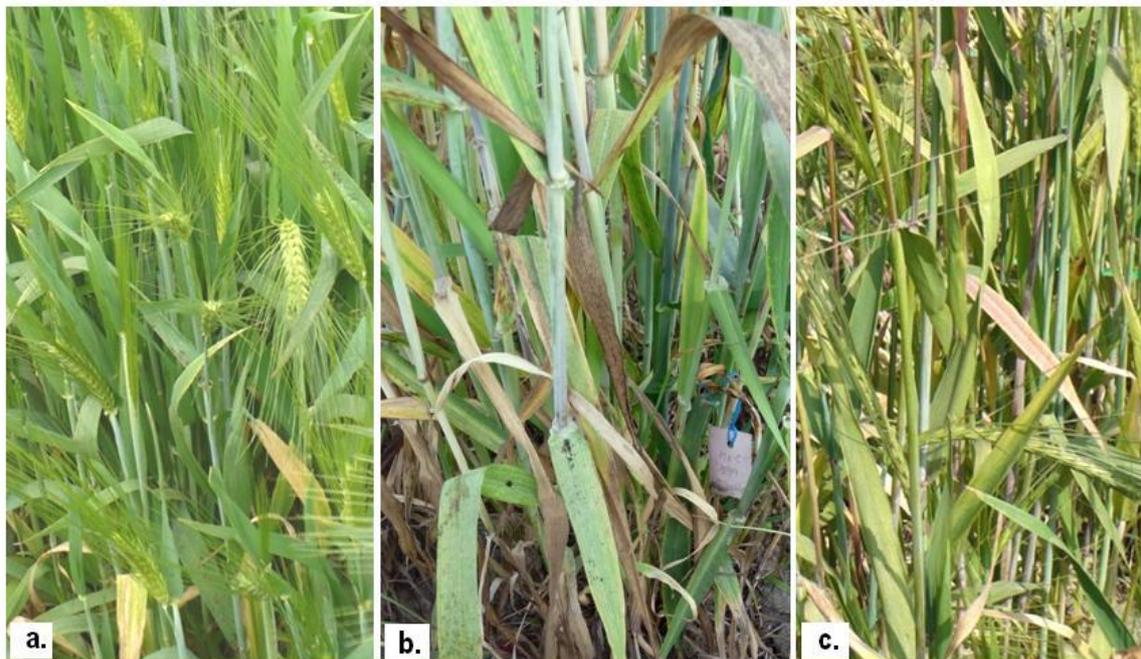
<b>Variedad</b>	<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
Hankkija de Eero	Finlandia	1975	Cebada forrajera, paja rígida y corta.
Goldsphear	Reino Unido	1975	Crecimiento erectoide, paja fuerte y excelente retención de espuma (cerveza).
Radiation	Corea del Sur	1974	Cebada desnuda, madurez temprana, tallo corto, resistente al acame, responde a una mayor cantidad de fertilizantes y con alto rendimiento estable.
Blazer	EE.UU.	1974	Presenta 6 hileras, primaveral, alto rendimiento, alto contenido de alfa-amilasa, semilla de buena calidad con lemma blanca y de buena calidad maltera.
Minsk	Federación de Rusia	1974	Reduccion de la altura de planta, resistente al acame y rotura de tallo, alto rendimiento, alto peso de 1000 granos (TGW), buena calidad para molienda y elaboración de la cerveza.
Fuji Nijo II	Japón	1974	Paja rígida y resistente al acame.
Salve	Suecia	1974	Granos grandes y gordos, paja rígida, alta producción de semillas, tolerante a oidiosis.
Senat	Suecia	1974	Paja dura y germinación homogénea y controlada.
Trumpf	Alemania	1973	Tallo corto, resistente al acame, alto rendimiento, muy buena calidad maltera, la resistencia a oidiosis y roya de la hoja.
Favorit	República Checa	1973	Paja corta y resistente al quiebre, alto rendimiento, resistente al acame, tolerante al ingreso de oidiosis y de muy buena calidad maltera.
Hana	República Checa	1973	Alto rendimiento, tallo corto, resistente al acame y de muy buena calidad maltera.
Seru	Suecia	1973	Buena calidad maltera.
RDB-1	India	1972	Presenta enanismo, madurez temprana, alto rendimiento de grano, resistente al acame y menos necesidades de agua.
Ametyst	República Checa	1972	Paja rígida, alto rendimiento, resistente al ingreso de oidiosis, gran valor de peso de mil granos y regular calidad maltera.
Eva	Suecia	1972	Paja dura, alto rendimiento y granos grandes.
Rupal	Suecia	1972	Paja corta, resistente a oidiosis y germinación homogénea y controlada.
Laura	Francia	1971	.....
Amagi Nijo 1	Japón	1971	Tallo corto (10-15 cm) y maduración temprana (2-5 días).
Betina	Francia	1970	Paja rígida y corta, resistente al acame, tolerante a oidiosis, alto rendimiento.
Midas	Reino Unido	1970	Paja corta y dura, de hábito erectoide y resistente a oidiosis.

<b>Variedad</b>	<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Descripción</b>
Gunilla	Suecia	1970	Alto rendimiento, buena calidad de paja.
Mona	Suecia	1970	Alto rendimiento (7%) superior a la variedad parental, paja buena y resistente a oidiosis.
Visir	Suecia	1970	De alto rendimiento y resistente a oidiosis.
Bonneville 70	EE.UU.	1969	Mejora en la habilidad del desgrane (aristas frágiles), resistente al carbon desnudo y granos de color blanco.
Denar	Eslovaquia	1969	.....
Grammos	Grecia	1969	Tolerancia a las bajas temperaturas.
Goldfield	Reino Unido	1969	.....
Kristina	Suecia	1969	Resistente a la rotura de paja y al acame, alto rendimiento y excelente calidad maltera.
Matura	Alemania	1967	.....
Luther	EE.UU.	1967	Paja corta, mayor rendimiento de grano, resistente al acame sobre todo con una alta fertilización.
Nirasaki Nijo 8	Japón	1967	Tallo corto (20 cm más corto) y maduración temprana (4-5 días antes).
Hellas	Suecia	1967	Resistente al acame y rotura de la paja, mayor rendimiento especialmente con fertilización y resistencia a brotar al momento de la cosecha.
Amei	Alemania	1966	Paja rígida (retirada del mercado en 1967 debido a la ruptura de la resistencia a oidiosis).
Milns Golden Promise	Reino Unido	1966	Paja corta y rígida, buen rendimiento de grano y buenas propiedades de malteado, susceptible a oidiosis.
Gamma 4	Japón	1965	Tallo corto (20 cm más corto) y maduración temprana (4-5 días antes).
Diamant	República Checa	1965	Alto rendimiento, tallo corto, muy buena calidad de grano y de calidad maltera, buena capacidad de adaptación.
Allasch	Alemania	1963	Paja rígida (retirada del mercado en 1967 debido a la ruptura de la resistencia a oidiosis).
Pennrad	EE.UU.	1963	Mejor resistencia a las bajas temperaturas, con aristas, el gen recesivo mutante.
Haya - Shinriki	Japón	1962	Madurez temprana y de buena calidad.
Mari	Suecia	1962	Maduración temprana (8 días) y paja rígida.
Balder J.	Finlandia	1960	Alto rendimiento, tolerancia a la sequía, resistencia a la germinación en la espiga y presenta bajos requerimientos para su crecimiento.
Pallas	Suecia	1960	Paja rígida.
Viena	Australia	1959	De alto rendimiento, elevado valor del peso de 1000 granos, resistente a oidiosis y al acame.
Jutta	Alemania	1955	Aumento de la resistencia a las bajas temperaturas, resistente al acame y buena calidad del grano.

FUENTE: *Elaboración propia (2011).*

**ANEXO 4: Diversos caracteres morfológicos en cebada  $M_8$  desarrollados por irradiación de semillas de la variedad UNA La Molina 96.**

**Color de tallo:**



(a) verde, (b) púrpura (basal) y (c) púrpura (la mitad o más).

**Color de aurícula:**



(a) verde, (b) púrpura pálido, (c) púrpura y (d) púrpura oscuro.

### Número de hileras / flores laterales:



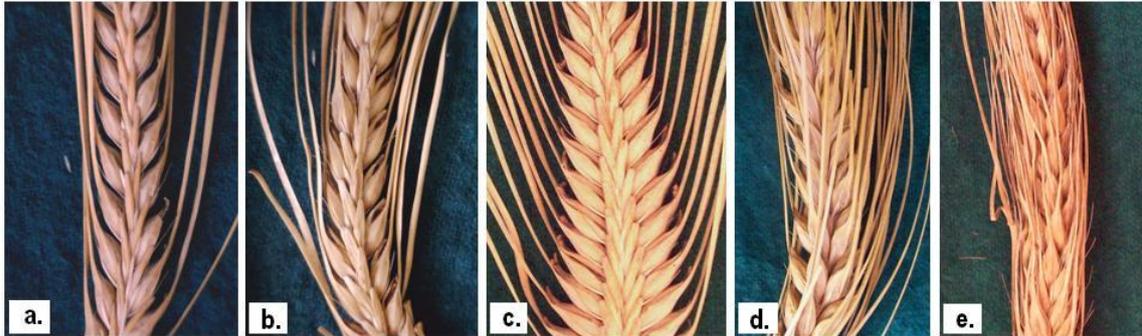
(a) dos hileras, flores laterales estériles (grandes o pequeñas); (b) dos hileras, flores laterales vacías; (c) seis hileras, flores laterales con llenado desuniforme; (d) seis hileras, flores laterales con llenado, aristas de flores centrales y laterales de tamaño uniforme; (e) dos hileras, flores laterales con llenado desuniforme y aristas más cortas que flores laterales y (f) seis hileras, flores laterales con llenado uniforme, aristas de flores centrales y laterales modificadas.

### Forma de la espiga:



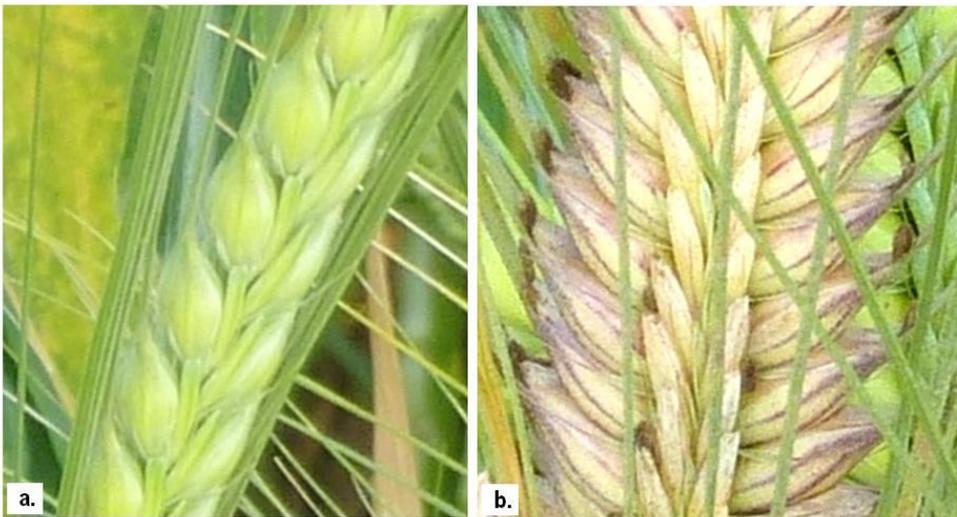
(a) seis hileras, tipo recta; (b) dos hileras, tipo recta y (c) dos hileras, tipo erectoide.

**Densidad de espiga:**



(a) laxa, (b) intermedia y (c) densa.

**Color de nervadura:**



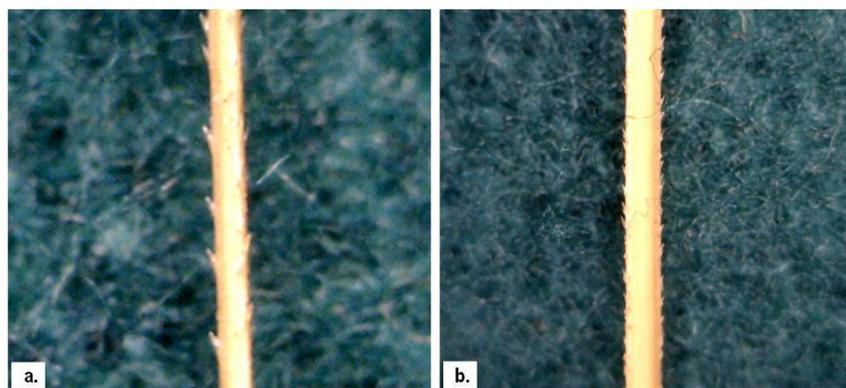
(a) sin color y (b) con color.

**Tipo de arista:**



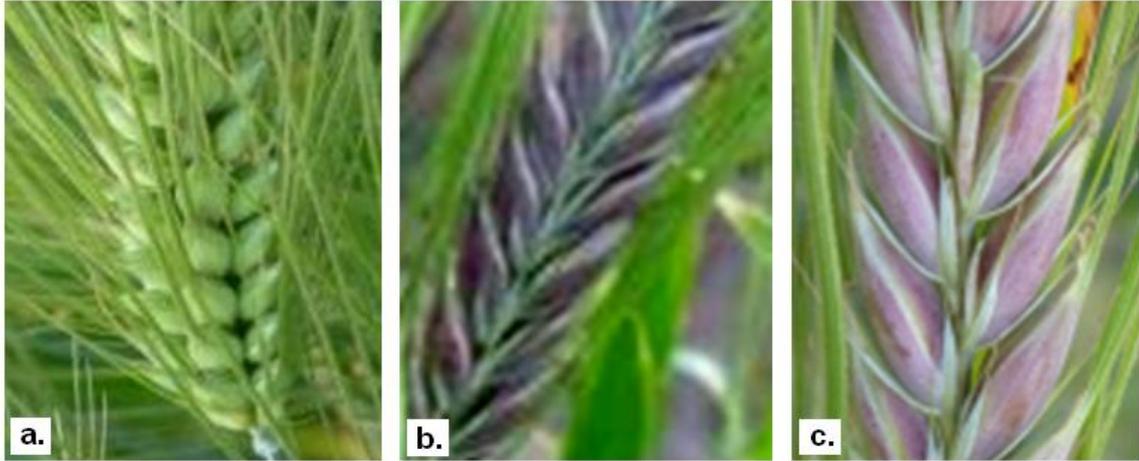
(a) corta, (b) larga, (c) arista con caperuza sésil, (d) arista con caperuza elevada, (e) muy crespa y (f) ondeada.

**Tipo de barba de la arista:**



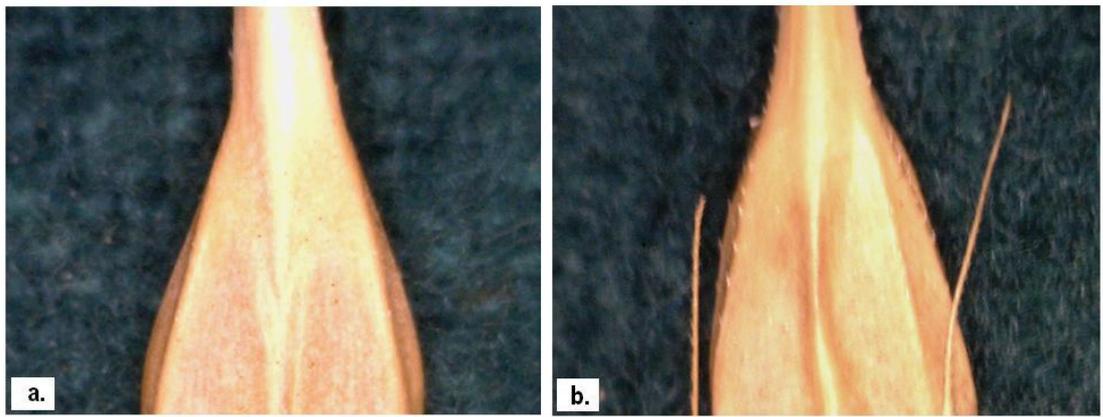
(a) intermedio y (b) rugoso.

**Color de gluma:**



(a) verde., (b) púrpura y (c) rosado.

**Tipo de lemma:**



(a) sin dientes y (b) con dientes.

**Color de arista:**



(a) amarillo y (b) verde.

**Longitud de pubescencia de la raquilla:**



(a) corto y (b) largo.

**Cubierta del grano:**



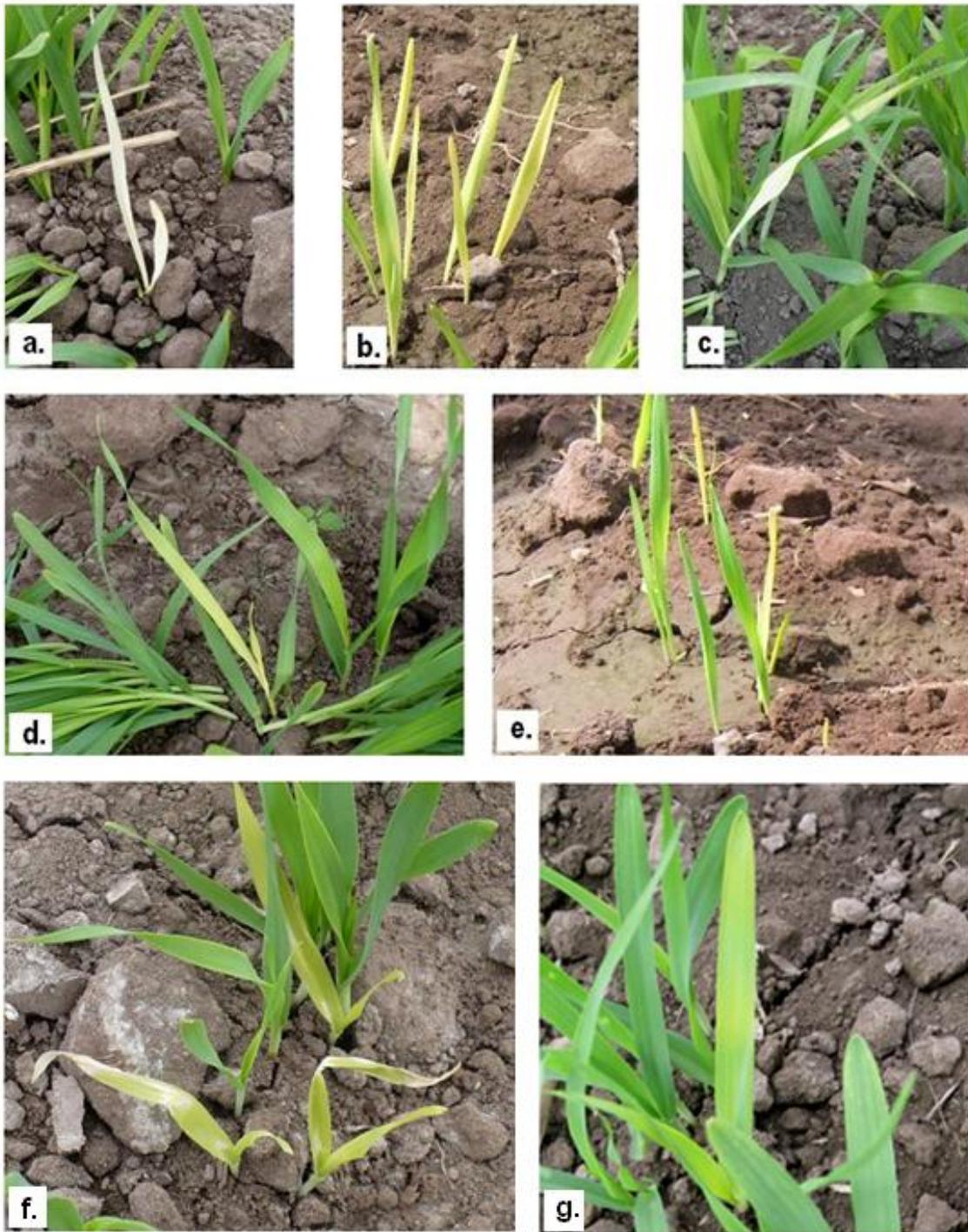
(a) grano desnudo y (b) grano cubierto.

**Longitud de gluma y arista:**



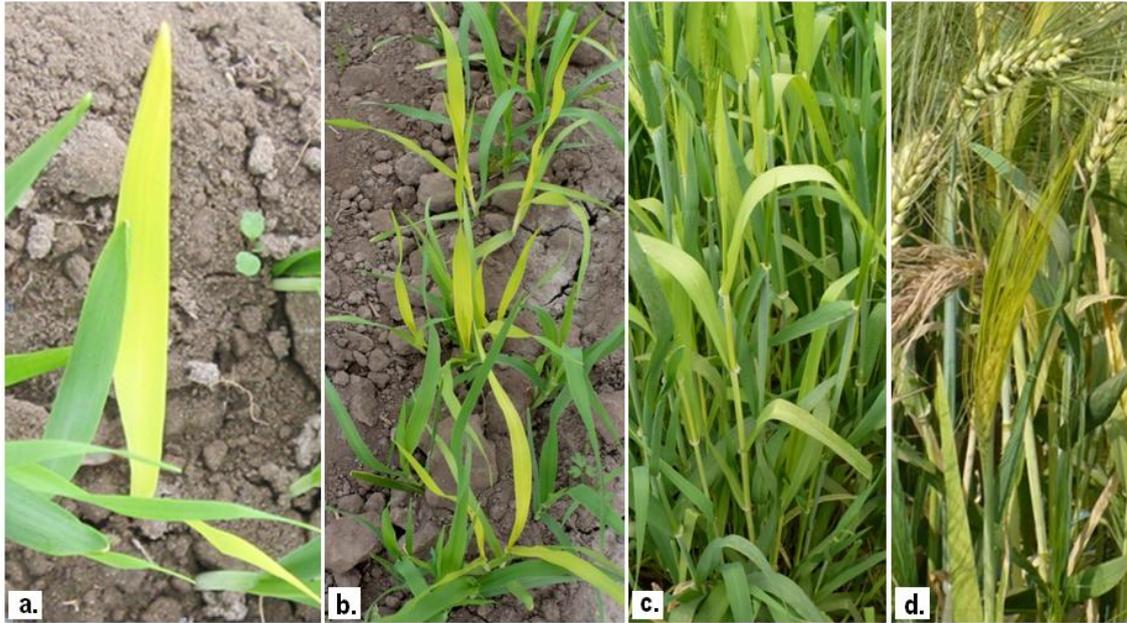
(a) gluma y arista menor al grano, (b) gluma igual al tamaño del grano, (c) gluma del doble del tamaño del grano y (d) gluma mayor al doble del tamaño del grano.

**ANEXO 5: Mutaciones clorofílicas en cebada  $M_8$  obtenidas por irradiación de semillas de la variedad UNA La Molina 96.**



(a) Albina, (b) Alboxantha, (c) Xanthalba, (d) Clorina, (e) Xantha, (f) Lutescens y (g) Tigrina.

**ANEXO 6: Cebada  $M_8$  con mutación clorofílica “Clorina”.**



(a) Plántula, (b) primeras hojas, (c) Encañado y (d) Espigado.

**ANEXO 7: Cebada  $M_8$  con mutación clorofílica “Striata”.**



(a) Primeras hojas, (b) Encañado y (c) Espigado.

## ANEXO 8: ESQUEMA GENERAL DE LA FITOTECNIA POR MUTACIONES

---

<b>Generación</b>	<b>Caracterización</b>
	Semillas, partes vegetativas, polen, o cultivos de tejidos tratados con mutágenos físicos (radiación) o químicos.
<b>M1</b>	Las plantas cultivadas a partir de semillas tratadas (M1) o propágulos vegetativos.
<b>M2</b>	Población de plantas crecidas a partir de semillas (M2) o colecta de partes vegetativas de M1, respectivamente.
<b>M3 - M8</b>	Selección continua, confirmación genética, multiplicación y estabilización del comportamiento en el campo de las líneas mutantes.
<b>Siguientes 2 - 3 generaciones</b>	Siguientes 2 a 3 Generaciones: análisis comparativo de líneas mutantes durante años diferentes y en lugares diferentes.
<b>Siguientes 2 - 3 generaciones</b>	Siguientes 2 a 3 Generaciones: pruebas antes de su lanzamiento oficial como una nueva variedad.

---

FUENTE: IAEA (1992).

## ANEXO 9: Estado de desarrollo de la cebada.

### Escala decimal de Zadoks (Z0.0 a Z9.9)

<b>Etapa principal</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Sub-fase</b>
<b>0</b>	Germinación	<i>0.0-0.9</i>
<b>1</b>	Producción de hojas TP	<i>1.0-1.9</i>
<b>2</b>	Producción de macollos	<i>2.0-2.9</i>
<b>3</b>	Producción de nudos TP (encañado)	<i>3.0-3.9</i>
<b>4</b>	Vaina engrosada	<i>4.0-4.9</i>
<b>5</b>	Espigado	<i>5.0-5.9</i>
<b>6</b>	Antesis	<i>6.0-6.9</i>
<b>7</b>	Estado lechoso del grano	<i>7.0-7.9</i>
<b>8</b>	Estado pastoso del grano	<i>8.0-8.9</i>
<b>9</b>	Madurez	<i>9.0-9.9</i>

FUENTE: Departamento de Agricultura, FAO, 2001.

**ANEXO 10: Actividades y evaluaciones realizadas durante  
el desarrollo del experimento**

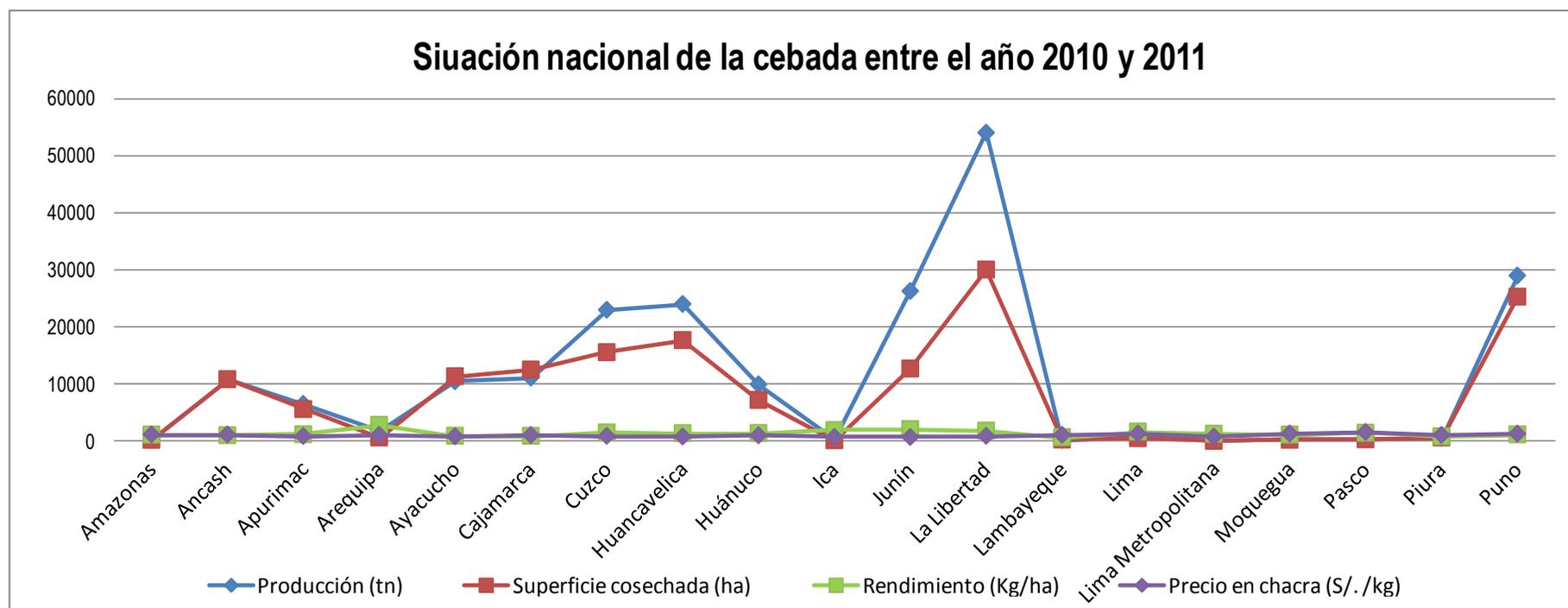
<b>Fecha</b>	<b>Actividades realizadas</b>
25 de mayo	Siembra.
26 de mayo	Primer riego.
9 de junio	Colocación de paletas para identificar numeración de parcelas.
10 de junio	Evaluación de mutaciones clorofílicas letales.
13 al 21 de junio	Conteo de plántulas.
15 de junio	Aplicación de "Salamida".
16 al 18 de junio	Evaluación de mutaciones clorofílicas.
14 de julio	Evaluación de Oidiosis.
15 al 29 de agosto	Evaluación de espigado.
30 de agosto al 2 de septiembre	Etiquetado.
6 de septiembre	Último riego.
9 al 16 de septiembre	Colocación de cañas.
3 al 16 de octubre	Evaluación de características morfológicas.
10 de octubre	Medición de: altura de planta, Helminthosporium y Roya.
21 de octubre	Identificación de parcelas segregantes.
6 y 7 de noviembre	Toma de muestras de espigas.
8 al 15 de noviembre	Cosecha y trilla.
17 al 20 de noviembre	Venteador de granos cosechados.
22 al 26 de noviembre	Peso del material cosechado.
3 de diciembre	Aplicación de "Actelit".
5 al 10 de diciembre	Análisis de calidad.
15 al 20 de diciembre	Caracterización de espigas.

*FUENTE: Elaboración propia (2011).*

### ANEXO 11: Datos estadísticos de la cebada (Promedio del año 2010 y 2011).

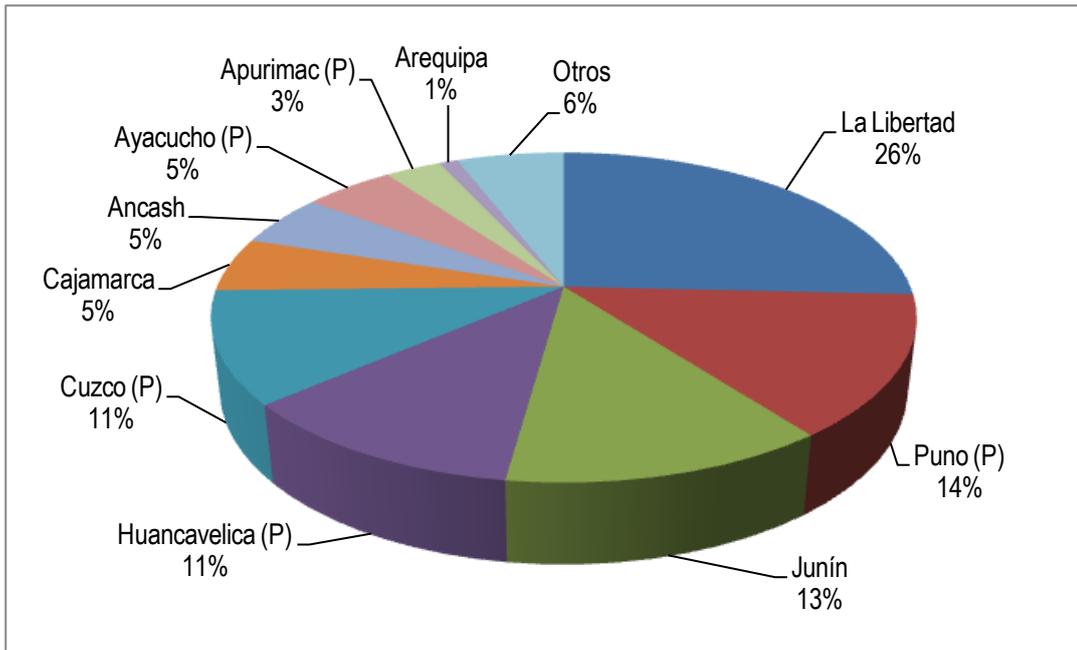
Datos del 2010 al 2011	Amazonas	Ancash	Apurímac	Arequipa	Ayacucho	Cajamarca	Cuzco	Huancavelica	Huánuco	Ica	Junín	La Libertad	Lambayeque	Lima	Lima Metropolitana	Moquegua	Pasco	Piura	Puno
Producción (tn)	205	10728	6454.5	1710.5	10430.5	11075.5	22939	23959	9890	192	26218	53935	157	797.5	4	219.5	376.5	486	28929
Superficie cosechada (ha)	186.5	10795	5557.5	605.5	11311	12479	15517	17639	7166.5	100	12656	29988	236	487	1.5	198.5	266.5	610	25234
Rendimiento (Kg/ha)	1105.5	994	1161.5	2804.5	904	887.5	1479	1358.5	1379.5	1905	2072	1797.5	654	1642	1250	1106	1428	796	1147
Precio en chacra (S./kg)	1.14	1.13	0.855	1.065	0.805	1.025	0.88	0.765	0.975	0.685	0.68	0.885	1.06	1.29	0.75	1.295	1.565	1.05	1.265

FUENTE: MINAG (2011).



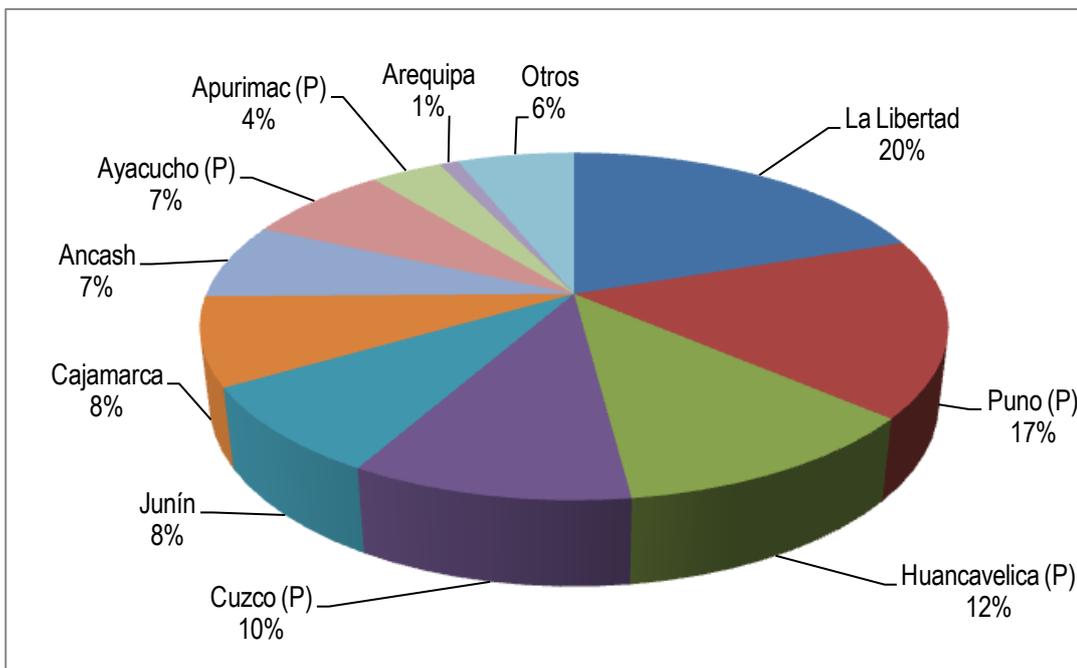
FUENTE: Elaboración propia (2011).

**ANEXO 12: Producción de cebada a Nivel nacional. Campañas 2010 y 2011.**



(P): Departamento con alto Índice de pobreza.  
 FUENTE: Elaboración propia (2011).

**ANEXO 13: Superficie cosechada de cebada a Nivel Nacional. Campaña 2010 y 2011.**



(P): Departamento con alto Índice de pobreza.  
 FUENTE: Elaboración propia (2011).

**ANEXO 14: Estadística Nacional de la pobreza en el Perú  
a nivel de departamentos (2010) y distritos (2007).**

<b>Departamentos con los Distritos más pobres (2007)</b>	<b>Porcentaje de distritos pobres comparado al total de distritos</b>
Apurímac	97.5
Huancavelica	92.6
Huánuco	90.8
Loreto	88.2
Ayacucho	83.8
Puno	83.5
Cajamarca	81.9
Cuzco	71.3
Pasco	67.9
La Libertad	67.5
Amazonas	61.9
Piura	57.8
San Martín	40.3
Áncash	34.3
Arequipa	30.3
Junín	27.6
Ucayali	26.7
Lambayeque	15.8
Tacna	14.8
Lima	7.0
Ica	7.0
Moquegua	5.0
Callao	0.0
Madre de Dios	0.0
Tumbes	0.0

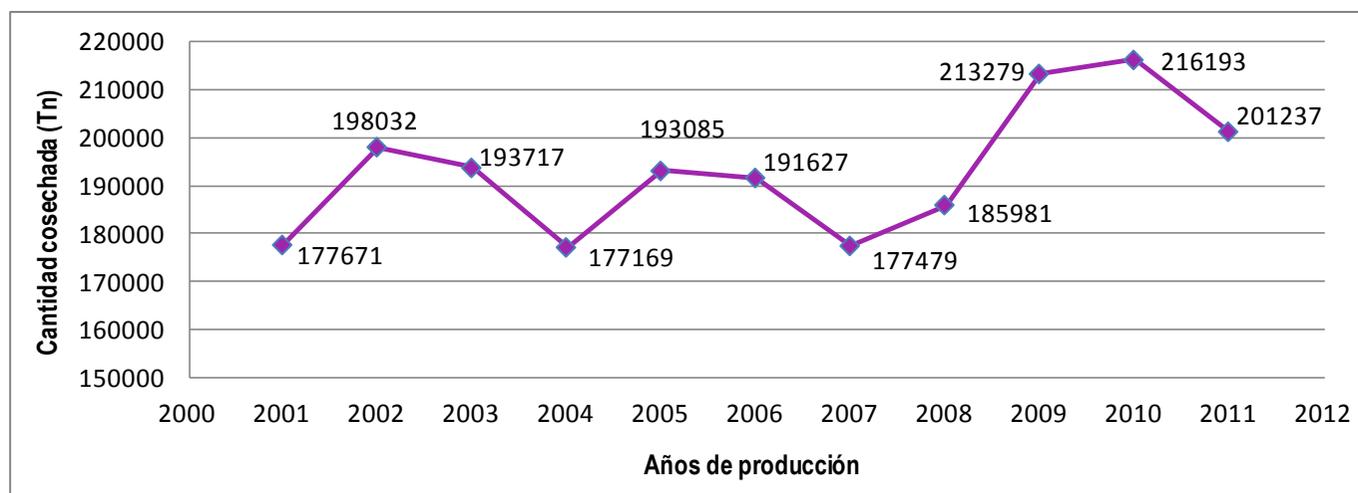
<b>Departamentos más pobres 2010</b>	<b>Porcentaje de pobreza</b>
Huancavelica	66.1
Apurímac	63.1
Huánuco	58.5
Puno	56
Ayacucho	55.9
Amazonas	50.1
Cuzco	49.5
Loreto	49.1
Cajamarca	49.1
Pasco	43.6
Piura	42.5
Lambayeque	35.3
La Libertad	32.6
Junín	32.5
San Martín	31.1
Ancash	29
Ucayali	20.3
Tumbes	20.1
Arequipa	19.6
Moquegua	15.7
Tacna	14
Lima	13.5
Ica	11.6
Madre de Dios	8.7

FUENTE: INEI. Perú: Perfil de la Pobreza por departamentos, 2001-2010 (2011).

### ANEXO 15: Producción de cebada a Nivel Nacional.

Estad. Nacional	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Área cosechada (Ha)	153833	154179	151076	143118	150716	149913	143062	146928	156753	154005	148078
Rendimiento (Tn/Ha)	1.155	1.2844	1.2822	1.2379	1.2811	1.2783	1.2406	1.2658	1.3606	1.4038	1.359
Producción (Tn)	177 671	198 032	193 717	177 169	193 085	191 627	177 479	185 981	213 279	216 193	201237

FUENTE: FAOSTAD (2013).



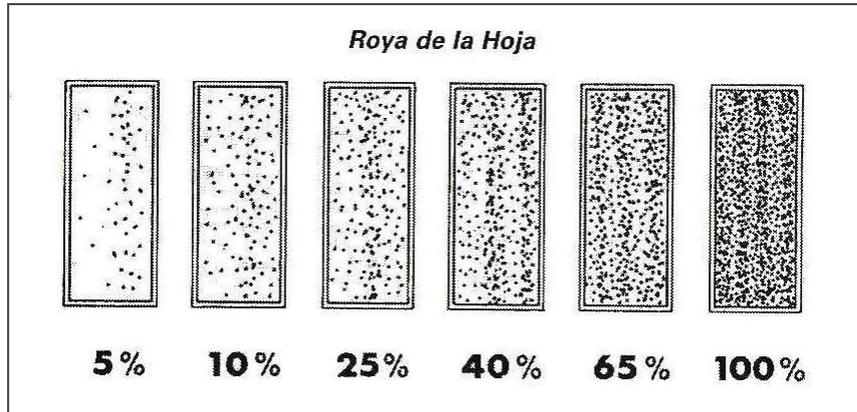
Fuente: FAOSTAD (2013).

**ANEXO 16: Valor nutricional de los principales cereales destinados a la alimentación humana.**

Aporte alimenticio		Cebada perlada	Harina de cebada	Trigo	Arroz	Quinoa	Harina de Maiz	Avena
	Unidades	Valor por 100 gr	Valor por 100 gr	Valor por 100 gr	Valor por 100 gr	Valor por 100 gr	Valor por 100 gr	Valor por 100 gr
<b>Nutrientes</b>								
Agua	g	10.09	12.11	10.74	13.29	13.28	10.91	8.22
Energía	kcal	352	345	340	358	368	361	389
Proteína	g	9.91	10.5	13.21	6.5	14.12	6.93	16.89
Lípidos (Total)	g	1.16	1.6	2.5	0.52	6.07	3.86	6.9
Carbohidratos	g	77.72	74.52	71.97	79.15	64.16	76.85	66.27
Fibra (dieta total)	g	15.6	10.1	10.7	2.8	7	7.3	10.6
<b>Minerales</b>								
Calcio	mg	29	32	34	3	47	7	54
Hierro	mg	2.5	2.68	3.6	4.23	4.57	2.38	4.72
Magnesio	mg	79	96	137	23	197	93	177
Fósforo	mg	221	296	357	95	457	272	523
Potasio	mg	280	309	363	76	563	315	429
Sodio	mg	9	4	2	1	5	5	2
Zinc	mg	2.13	2	2.6	1.1	3.1	1.73	3.97
<b>Vitaminas</b>								
Vit. C	mg	0	0	0	0		0	0
Tiamina	mg	0.191	0.37	0.502	0.565	0.36	0.246	0.763
Riboflavina	mg	0.114	0.114	0.165	0.048	0.318	0.08	0.139
Niacina	mg	4.604	6.269	4.957	4.113	1.52	1.9	0.961
Vit. B-6	mg	0.26	0.396	0.407	0.171	0.487	0.37	0.119
Folato, DFE	µg	23	8	44	389	184	25	56
Vit. B-12	µg	0	0	0	0	0	0	0
Vit. A, RAE	µg	1	0	0	0	1	0	0
Vit. A, IU	IU	22	0	9	0	14	3	0
Vit. E	mg	0.02	0.57	0.71		2.44	0.42	
Vit. K	µg	2.2	2.2	1.9		0	0.3	
<b>Lípidos</b>								
Total de Ácidos grasos saturados	g	0.244	0.335	0.43	0.14	0.706	0.543	1.217
Total de Ácidos grasos polisaturados	g	0.149	0.205	0.283	0.161	1.613	1.018	2.178
Total de Ácidos grasos monosaturados	g	0.56	0.771	1.167	0.138	3.292	1.759	2.535

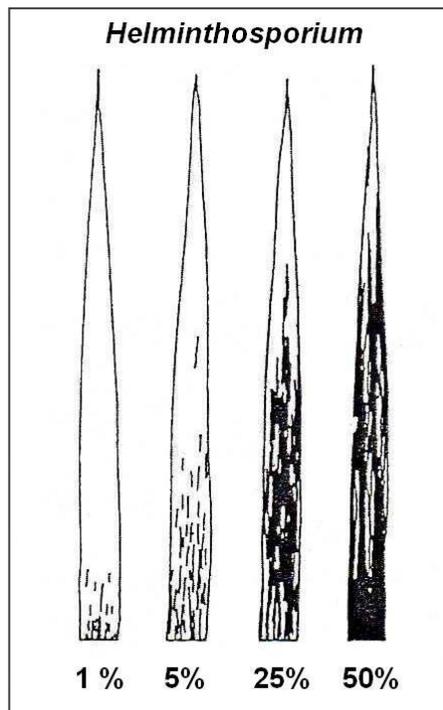
FUENTE: United States Department Of Agriculture. USDA (2012)

**ANEXO 17: Escala Modificada de Cobb de Severidad para evaluar roya de la hoja.**



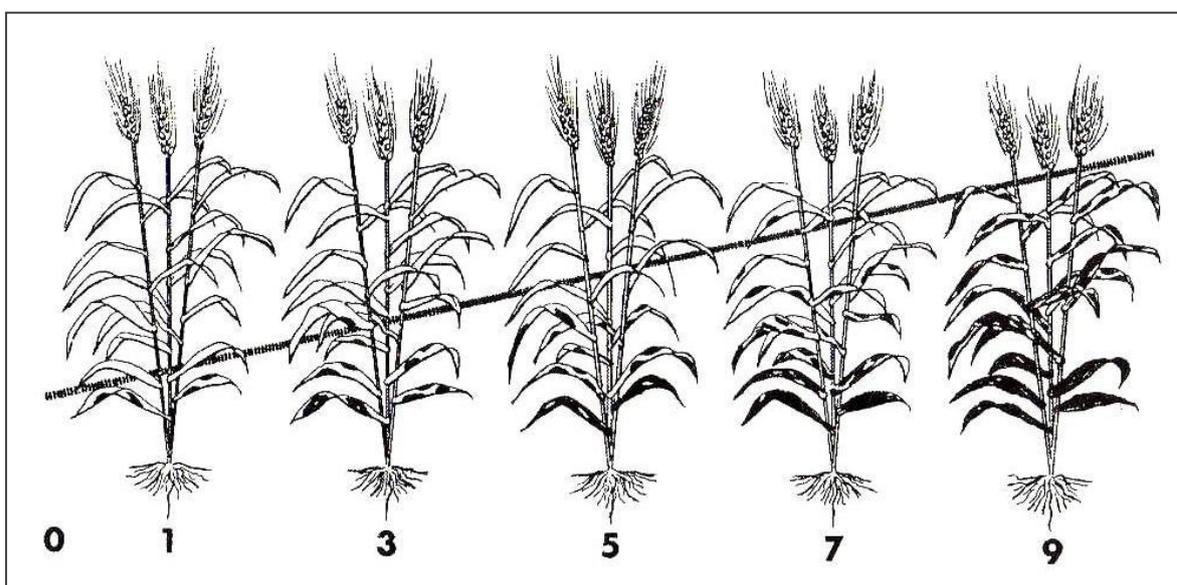
*Fuente: Mont, R. 2008.*

**ANEXO 18: Escala para evaluar el porcentaje de *Helminthosporium* sp. en el área foliar.**



*Fuente: Mont, R. 2008.*

**ANEXO 19: Escala de evaluación de intensidad de ataque de enfermedades foliares en los cereales.**



*Fuente: Mont, R. 2008.*

## ANEXO 20: Resultados obtenidos en la Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología de muestras foliares.

 <p>La Molina, 19 de Agosto de 2011 FI-AF 320-2011 LAC 217 FT 305</p>	<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</b>  <b>Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología</b>          Av. La Universidad s/n - La Molina Apdo. 056 L-12          Telefax: 349-6631 Nextel: 416*9694          e-mail: clinica@lamolina.edu.pe</p>		
<p>Sres. Programa de Cereales UNALM Presente -</p>	<p><u>Atención: Dra. Luz Gomez Pando /</u> <u>Tesista: Gabriela Aldaba</u></p>		
<p>De mi consideración:</p> <p>El resultado del análisis fitopatológico de dos muestras de plantas de cebada, procedente de los campos de Cereales, La Molina – Lima; es el siguiente:</p>			
<p><b>1. ANÁLISIS DEL TEJIDO.</b></p>			
MUESTRA	SINTOMAS	METODO	RESULTADO
# 1	Manchas foliares negruzcas en hojas basales	Examen microscópico	Negativo
		PDAA	<i>Alternaria alternata</i> <i>Stemphylium sp.</i>
# 2	Manchas foliares pequeñas y marrones	Examen microscópico	<i>Cladosporium sp.</i>
		PDAA	<i>Alternaria alternata</i> <i>Stemphylium sp.</i>
<p><b>2. DIAGNÓSTICO.</b> En ambas muestras se ha detectado la presencia de hongos de comportamiento saprofitico o secundarios.</p>			
<p><b>3. RECOMENDACIONES.</b></p> <p>✓ Evaluar las prácticas de manejo del cultivo que puedan haber incidido en el desarrollo de la sintomatología observada.</p>			
<p>Nos despedimos de ustedes recordándoles que la Clínica de Diagnóstico está a su disposición para cualquier consulta.</p> <p>Atentamente,</p>			
 <b>Mg. Sc. Lilliana Aragón Caballero</b> COORDINADORA CLINICA DE DIAGNOSIS			
<p>LAC/hmg c.c. Archivo</p>			

**ANEXO 21: Variedades de cebada generadas a través de la irradiación de semillas con rayos gamma (21 variedades) - Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA).**

Nombre de variedad	País	Año	Descripción
Centenario	Perú	2006	Dosis empleada 300 Gy. Mejoras en la madurez y calidad de semilla.
Furat 3	República de Siria	2000	Dosis empleada 100 Gy. Se lograron mejoras en resistencia al acame, a la sequía y mayor rendimiento.
Akdeniz M-Q-54	Turquía	1998	Dosis empleada 150 Gy. Mejoras en la resistencia a las bajas temperaturas, a la sequía y mayor tamaño de grano.
Qianlu 1	China	1995	Dosis empleada 300 Gy. Mejoras en la calidad maltera.
UNA-La Molina 95	Perú	1995	Dosis empleada 300Gy. Mejoras en la precocidad y obtención de granos desnudos.
Amil	Iraq	1994	Dosis empleada 200 Gy. Mejoras en el rendimiento, en la resistencia a la roya amarilla y al oidium.
Baraka (1)	Iraq	1994	Dosis empleada 200 Gy. Mejoras en el rendimiento, en la calidad maltera y en la resistencia al oidium.
Tuwaitha	Iraq	1994	Dosis empleada 200 Gy. Mejoras en el rendimiento, en la resistencia al oidium y al acame. Adecuada para zonas semiáridas.
Samir	Iraq	1993	Dosis empleada 200 Gy. Mejoras en el rendimiento, en la calidad maltera y en la resistencia a la roya de la hoja.
Jianghaidamai	China	1991	Mejora en la calidad del grano.
Lupidamai 1	China	1987	Dosis empleada 300 Gy. Mejoras en el macollaje, menor altura de planta, precocidad, resistencia a enfermedades y buena calidad de grano.
Baraka	Francia	1986	Desarrollado por hibridación con el mutante variedad Midas obtenido por irradiación con rayos gamma (200 Gy). Mejoras en el rendimiento, resistencia a oidium y de buena calidad maltera.
Kazbek 1	Rusia	1983	Dosis empleada 150 Gy. Mejoras en número de hileras (modificado a dos hileras), cebada de invierno con alto rendimiento.
Diana	Bulgaria	1983	Dosis empleada 100 Gy. Mejoras en rendimiento, resistencia al frío y mayor tamaño de grano.
Yanfuaizao 3	China	1977	Dosis empleada 220 Gy. Se obtuvieron mejoras en precocidad, paja corta, resistencia al acame y mayor rendimiento.
Markeli 5	Bulgaria	1976	Dosis empleada 400 Gy. Mejoras en maduración temprana (6-8 días antes), mejor productividad, mayor tamaño de grano y en la calidad maltera.
Minsk	Rusia	1974	Mejoras obtenidas en resistencia al acame y rotura de paja, reducción del tamaño de planta, mayor rendimiento, mejor peso de mil granos, buena molienda y calidad maltera.
Grammos	Grecia	1969	Mejora en la tolerancia a las bajas temperaturas.
Milns Golden Promise	Reino Unido	1966	Dosis empleada 240 Gy. Mejoras en menor tamaño de planta, paja más rígida, mejor rendimiento, buena calidad maltera; pero susceptible al oidium.
Gamma 4	Japón	1965	Dosis empleada 150 Gy. Mejoras en menor tamaño de planta (20 cm más corto) y precocidad en la madurez (4-5 días antes).
Haya-Shinriki	Japón	1962	Dosis empleada 400 Gy. Mejoras en la madurez y buena calidad del grano. Ideal para la elaboración de alimentos.

**ANEXO 22: Variedades de cebada generadas a través del uso de por lo menos una variedad mutante como progenitor, obtenida irradiando semillas con rayos gamma (43 variedades).**

Nombre de variedad	País	Año	Descripción
Komaki-nijo	Japón	1997	Desarrollado por hibridación de M4-66 (obtenido por irradiación con rayos gamma) y variedad Nitta-Nijyo.
Alpina	Austria	1995	Desarrollado por hibridación de variedad mutante Midas (obtenido por irradiación de semillas con 240 Gy) y variedad Maythorpe. Mejora en el tamaño de planta (semi-enano).
Fergie	Reino Unido	1990	Desarrollado por hibridación de variedad mutante Goldmarker (obtenido por irradiación de semillas con rayos gamma con 240 Gy) y variedad Maythorpe.
Masakado-komugi	Japón	1989	Desarrollado por hibridación de variedad mutante Ea52 y variedad Takebayashi-Ibaraki. Mejoras en la resistencia al virus del mosaico amarillo de la cebada y la madurez temprana.
Tyne	Reino Unido	1987	Desarrollado por hibridación de variedad mutante Goldmarker (obtenido por irradiación de semillas con rayos gamma a 240 Gy) y variedad Maythorpe. Mejoras en el tamaño de planta, precocidad, calidad maltera y resistencia a enfermedades.
Ayr	Reino Unido	1986	Desarrollado por hibridación de variedad mutante Goldmarker (obtenido por irradiación de semillas con rayos gamma a 240 Gy) y variedad Maythorpe. Mejoras en el tamaño de planta, mayor rendimiento, resistencia a enfermedades.
Esk	Reino Unido	1985	Desarrollado por hibridación con variedad mutante Goldmarker (obtenido por irradiación de semillas con rayos gamma a 240 Gy) y variedad Maythorpe. Mejora en el tamaño de planta, precocidad, rendimiento, calidad maltera y resistencia a enfermedades.
Everest	Reino Unido	1985	Desarrollado por hibridación de variedades mutantes Goldmarker (obtenido por irradiación de semillas con rayos gamma a 240 Gy) y variedad mutante Trumpf (obtenido por irradiación de semillas con rayos X a 100 Gy).
Fleet	Reino Unido	1985	Desarrollado por hibridación de variedad mutante Goldmarker (obtenido por irradiación de semillas con rayos gamma a 240 Gy) y variedad Maythorpe. Mejora en la forma de la espiga (tipo erectoide) y alto rendimiento.
Jubiley (Yubilei 100)	Bulgaria	1982	Desarrollado por hibridación de variedad mutante Markeli 5 (obtenido por irradiación con rayos gamma a 400 Gy) y variedad Beta ketsoras. Mejoras en el rendimiento, resistencia a bajas temperaturas, tamaño de grano y calidad maltera.
DL-253	India	1981	Desarrollado por el tratamiento combinado de semillas con rayos gamma (200 Gy) y EMS (0,30%). Mejoras en el rendimiento, macollaje y resistencia a enfermedades (carbón y roya amarilla).
Ingot	Reino Unido	1980	Desarrollado por hibridación de variedad mutante Midas (obtenido por irradiación de semillas con rayos gamma a 240 Gy) y variedad Maythorpe.
Rosie	Dinamarca	1980	Desarrollado por hibridación de variedad mutante Midas (obtenida por irradiación con rayos gamma a 240 Gy) y variedad Maythorpe.
Anna Abed	Dinamarca	1979	Desarrollado por hibridación de variedad mutante Midas (obtenido por irradiación de semillas con rayos gamma a 240 Gy) y variedad Maythorpe. Mejoras en la rigidez de la paja y en la cosecha.

Nombre de variedad	País	Año	Descripción
Jamina	Reino Unido	1979	Desarrollado por hibridación con variedades mutantes de Midas (obtenido por irradiación de semillas con rayos gamma a 240 Gy) y Betina (obtenido por tratamiento con agentes químicos con 1,5% EMS).
Kawamizuki	Japón	1979	Desarrollado por hibridación de dos mutantes (obtenidos por la irradiación de semillas con rayos gamma). Mejoras en el tamaño de planta, paja rígida, precocidad en la madurez y rendimiento alto.
Goldmarker	Reino Unido	1976	Desarrollado por hibridación de variedad mutante Midas (obtenido por irradiación de semillas con rayos gamma a 240 Gy) y variedad Maythorpe. Mejoras en la forma de la espiga (tipo erectoide), resistencia al quiebre de la espiga ante condiciones climáticas desfavorables.
Minak	Reino Unido	1976	Desarrollado por hibridación de dos variedades mutantes Betina (obtenida por tratamiento con mutágeno químico EMS 1,5%) y Midas (obtenido por irradiación de semillas con rayos gamma a 240 Gy). Mejora en la rigidez de la paja, ideal para usar como forraje y alto rendimiento (12% por encima de Julia).
Goldspear	Reino Unido	1975	Desarrollado por hibridación de variedad mutante Midas (obtenido por irradiación de semillas con rayos gamma a 240 Gy) y variedad Maythorpe. Mejoras en la forma de la espiga (tipo erectoide), rigidez de la paja y resistencia al quiebre de la espiga ante condiciones climáticas desfavorables.
Fuji Nijo II	Japón	1974	Desarrollado por tratamiento combinado en semillas de variedad Fuji 2-juo con rayos gamma (10 Gy) y con 1 mM bromodesoxiuridina durante 1 hora. Mejoras en la resistencia al acame y rigidez de la paja.
Midas	Reino Unido	1970	Desarrollado por hibridación de variedad mutante Golden Promise Milns (obtenido por irradiación de semillas con rayos gamma a 240 Gy) y variedad Maythorpe. Mejoras en el tamaño de planta, rigidez de la paja, forma de la espiga (tipo erectoide) y resistencia al oidium.
Goldfield	Reino Unido	1969	Desarrollado por hibridación de variedad mutante Golden Promise Milns (obtenido por irradiación de semillas con rayos gamma a 240 Gy) y variedad Maythorpe.
Nirasaki Nijo 8	Japón	1967	Desarrollado por hibridación con dos mutantes "Gamma 4" y "34 r 127" (obtenidos por irradiación de semillas con rayos gamma a 150 Gy). Mejoras en la maduración (4-5 días antes) y en el tamaño de planta (menor en 20 cm).