

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN



Comparación de Características Cualitativas y Cuantitativas de Líneas
Experimentales de Cebada y Variedades Comerciales para el Noreste de México

Por:

MARIANA ELIZABETH GUADARRAMA DIAZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Comparación de Características Cualitativas y Cuantitativas de Líneas
Experimentales de Cebada y Variedades Comerciales para el Noreste de México

Por:

MARIANA ELIZABETH GUADARRAMA DIAZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

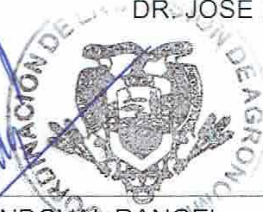
Aprobada por el Comité Asesor:


DRA. MARIA ALEJANDRA TORRES TAPIA
Asesor Principal


M.C. MODESTO COLIN RICO
Coasesor


DR. JOSE LUIS VELASCO LOPEZ
Coasesor


DR ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Junio 2026

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos. Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencias al documento original (autor plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuentes, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes. Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Mariana Elizabeth Guadarrama Díaz

Firma y Nombre

DEDICATORIA

A Dios por permitirme vivir esta experiencia dentro de mi universidad, por darme la fuerza necesaria para no desistir de logara este objetivo.

Con mucho afecto y amor a mis padres **Cesar Guadarrama E. y Rocío Diaz A.** por haberme forjado como la pesona que soy, quienes con su amor, paciencia y consejos me impulsaron a seguir adelante y nunca rendirme, han sido mi fortaleza y guia a lo largo de mi vida.

A mi madre por su amor incondicional y por siempre creer en mi. Tu bendicion a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien su apoyo constante y confianza fueron fundamentales para culminar esta etapa profesional gracias por tomar mi mano en los momentos mas dificiles, por celebrar mis pequeños avances y motivarme siempre a dar lo mejor de mi, por ser mi guia mi fortaleza. Gracias por ser mi inspiracion diaria y el pilar fundamental de mi vida. Todo este esfuerzo tiene mucho de ti.

A mi padre hoy culmino una etapa importante de mi formación profesional, y lo hago con una gran satisfacción y gratitud. A lo largo de mi vida me has enseñado que los sueños se alcanzan con trabajo, diciplina y dedicación. Gracias por ser un ejemplo de fortaleza, por mostrarme que los desafios son oportunidades para crecer y que la verdadera fortaleza se muestra al levantarse despues de cada caída.

Espero que este logro te llene de orgullo, por que gran parte de el te pertenece.

A mis hermanos y hermana, Santiago, Ivan, Jovani, Dulce y Angel, que sin importar la distancia y la escasa comunicación sierpre me han brindado su cariño y apoyo incondicional.

“QUE ESTE LOGRO SEA EL INICIO DE MUCHOS SUEÑOS CUMPLIDOS”

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente, así como por proporcionarme los conocimientos, experiencias y herramientas necesarias para culminar esta importante etapa de mi vida académica.

A mi asesora de tesis la **Dra. Alejandra Torres Tapia**, por su orientación, paciencia, dedicación y apoyo constante durante el desarrollo de este trabajo. Gracias por compartir sus conocimientos y contribuir de manera significativa a mi formación profesional.

A mis coasesores, **M.C. Modesto Colín Rico y Dr. José Luis Velasco López y M.C. Manuel Sáenz** Alarcón, por sus valiosas observaciones, recomendaciones y tiempo brindado para enriquecer esta investigación.

A M.C. Socorro Bohena por su apoyo en el laboratorio, disposición y ayuda durante el desarrollo experimental de esta tesis.

A mis amigas, por su apoyo, motivación y compañía a lo largo de esta etapa tan importante de mi vida.

A Diana Gómez, con quien tuve la dicha de compartir grandes momentos durante nuestra estancia juntas; gracias por cada experiencia vivida, por los momentos de alegría y aprendizaje, por estar presente en los días difíciles, gracias por tu apoyo incondicional y por demostrar que una verdadera amistad puede convertirse en familia lejos de casa.

A Ana Paulina N. y Angélica Miranda por también llegar y compartir la estancia en el internado, por su amistad sincera, sus palabras de aliento y por siempre transmitir alegría, apoyo y motivación en cada momento.

A Alejandra Ortiz y Modesta Hernández, gracias por compartir grandes experiencias y por demostrar que, a pesar de las dificultades y los retos, con esfuerzo y perseverancia logramos cumplir nuestro objetivo.

Finalmente agradezco a todas aquellas personas que, de una u otra manera, formaron parte de este proceso y contribuyeron a mi crecimiento personal y profesional. Gracias por cada consejo, palabra de aliento, apoyo brindado y momentos compartidos, pues cada uno dejó huella importante en esta etapa.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	13
Hipótesis	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos	15
II. REVISIÓN DE LITERATURA	16
Taxonomía	17
Sistema de producción.....	19
Mejoramiento genético.....	19
Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales	22
Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas	23
Plagas y enfermedades	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
V. CONCLUSIÓN	59
VI. BIBLIOGRAFÍAS	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Identificación de los materiales genéticos de cebada utilizados en el estudio.....	28
Cuadro 4.2 Comparación de medias en los descriptores cualitativos D1 a D13 evaluados en nueve materiales de cebada.	42
Cuadro 4.3 Cuadrados medios y nivel de significancia en descriptores cualitativos D14 a D32 evaluados en materiales genéticos de cebada.	47
Cuadro 4.4 Comparación de medias en los descriptores cualitativos D14 a D32 evaluados en nueve materiales de cebada.	47
Cuadro 4.5 Cuadrados medios y nivel de significancia en descriptores cuantitativos D12, 16, D17 y D19, evaluados en materiales genéticos de cebada.	54
Cuadro 4.6 Resultados de la prueba de comparación de medias en descriptores cuantitativos D12, 16, D17 y D19, evaluados en materiales genéticos de cebada. ..	54
Cuadro 4.7 Cuadrados medios y nivel de significancia en pruebas físicas y fisiológicas (D33 y D34) evaluadas en los materiales genéticos de cebada.....	57
Cuadro 4.8 Comparación de medias en pruebas físicas y fisiológicas (D33 y D34) evaluadas en los materiales genéticos de cebada.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Identificación de descriptores varietales en las diferentes etapas fenológicas según la escala de Zadoks (1974).	29
Figura 4.2 En planta en la etapa 45-59 escala de Zadoks, descriptor D5: frecuencia de la curvatura en la hoja bandera (FCHB) en materiales genéticos de cebada.	39
Figura 4.3 En planta en la etapa 65-75 escala de Zadoks, descriptor D10: espigamiento completo y presencia de glauescencia.....	43
Figura 4.4 Grosor de la medula en la sección transversal. A) grosor medio y, B) medula delgada.	44
Figura 4.5 En espiga en la etapa 92 escala de Zadoks, descriptor D11: posición y forma de la espiga (A) y (B); en etapa 100 escala de Zadoks, descriptor D13: número de hileras (C, D y E).	45
Figura 4.6 Espiga cosechada, descriptor D18: Textura de la arista aserrada (A, B y C); sin arista (D).	46
Figura 4.7 Espiga cosechada, descriptor D20: Longitud del primer segmento del raquis y curvatura, A) media y B) ausente o muy ligera.	46
Figura 4.8 Espiga cosechada, descriptor D21: Espiguillas, disposición en el tercio medio de la espiga; A) ligeramente paralela y B) paralela.	48
Figura 4.9 Espiga cosechada, descriptor D22: Arista tamaño comparado con la espiga.	49
Figura 4.10 Descriptor 24 y 25: Tipo de pubescencia en la raquilla, presencia o ausencia de glumas. A) presencia de glumas y B) Pelos cortos.	49
Figura 4.11 Descriptor D26: Presencia de espículas en las nervaduras laterales internas y dorsales de la lema.	50
Figura 4.12 Pubescencia en el surco ventral, dado en CANI-10.	51
Figura 4.13 Descriptor D28: Disposición de lodículos.	51
Figura 4.14 Descriptor D30: Grano cubierto por del lema y palea.	52
Figura 4.15 Descriptor D32: Prueba de fenol A) claro o nulo y B) café medio.	52

Figura 4.16 Coloración por antocianinas e intensidad de coloración, plantas sin coloración; A) Implementación de la prueba y B) Coloración nula.	53
Figura 4.17 Descriptor D16: Longitud de la espiga incluyendo aristas.	55
Figura 4.18 Descriptor D17: Arista tamaño comparado con la espiga.	55
Figura 4.19 Descriptor D.19: Longitud del primer segmento del raquis.	56
Figura 4.20 Calidad fisiológica de semillas mediante la prueba de germinación.	58

RESUMEN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es uno de los cereales de mayor importancia a nivel mundial debido a su utilización en la alimentación humana, producción de forraje y en la industria maltera. En México la demanda de variedades adaptadas a las condiciones agroclimáticas del noreste del país ha impulsado el desarrollo de programas de mejoramiento genético enfocados en obtener materiales con alto rendimiento, calidad y adaptación a ambientes adversos.

El presente estudio tuvo como objetivo identificar y comparar las características cualitativas y cuantitativas de nueve materiales genéticos de cebada, conformadas por cinco líneas avanzadas del Programa Cereales de Grano Pequeño de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y cuatro variedades registradas utilizadas como testigos. La investigación se desarrolló en condiciones de campo y laboratorio en Saltillo Coahuila, México, durante el ciclo agrícola 2024.

El experimento en campo se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones dando un total de 27 unidades experimentales. Se evaluaron descriptores morfológicos y fisiológicos recomendados por la UPOV y la escala de Zadoks, considerando variables cualitativas como altura de la planta, longitud de espiga, peso de cien semillas, germinación y peso seco.

Los resultados mostraron diferencias significativas entre los materiales genéticos evaluados en diversos descriptores morfológicos y fisiológicos, lo que permitió distinguir los nuevos materiales de las variedades registradas. Se identificaron diferencias en habito de crecimiento, frecuencia de la curvatura de la hoja bandera, verdor de la espiga, glauescencia del tallo, forma y densidad de la espiga, textura de aristas, presencia de espículas y características del grano. En las variables cuantitativas destacaron diferencias en altura de la planta, longitud de espiga, peso de cien semillas y calidad fisiológica de las semillas.

Los materiales genéticos evaluados presentaron buena adaptación y características agronómicas sobresalientes, destacando algunos genotipos por su potencial productivo y diferenciación morfológica, lo que representa potenciales materiales

candidatos para registros varietales y programas de mejoramiento genético de cebada para el noreste de México.

Palabras clave: Cebada, planta, semilla, descripción varietal

I. INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es un cereal de gran importancia en la alimentación tanto humana como ganadera. En México, su importancia económica se acentúa especialmente en la producción de cebada maltera, ya que constituye la materia prima esencial para la elaboración de cerveza, siendo una industria de gran peso nacional e internacional.

A nivel nacional, actualmente se tienen inscritas 20 variedades de cebada en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV, 2024), donde la mayoría son para producción maltera y un número muy reducido para producción de forraje, solo cinco tienen Título de Obtentor y cuatro son de dominio público; existiendo una limitada disponibilidad de variedades frente a una elevada demanda de mercado tanto para la industria cervecera como ganadera, siendo necesario contar con un mayor número de variedades disponibles que garanticen su identidad genética y distinción según el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, s.f.); órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) que tiene como vocación normar, vigilar y vincular el cumplimiento de las disposiciones legales en materia de semillas y variedades vegetales, otorgando los permisos de comercialización; asimismo el coordinar las acciones en Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, teniendo una mayor aportación de recursos vegetales en el país.

Además, el SNICS tiene la responsabilidad de otorgar los Títulos de Obtentor y el registro de variedades vegetales, a quien lo solicite y cumpla con los caracteres pertinentes descritos en las guías técnicas de cada especie, con la finalidad de identificarse y distinguirse de otras variedades; inclusive, funge como Secretaria Técnica del Comité de Variedades Vegetales vigilando el cumplimiento de los derechos de propiedad intelectual e integral en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV, 2024).

Algunas de las variedades inscritas en dicho Catálogo tienen requerimientos en su producción o fueron generadas para un fin específico como la variedad Esmeralda para ambientes de mediana y baja productividad; Adabella para ámbitos de producción buena y muy buena; Maravilla de las pocas de uso forrajero, para ambientes de

producción de los valles altos de México; Alina una cebada maltera de ciclo otoño-invierno para la región de Celaya, Guanajuato; y Estelar OH, que tiene diferente uso, forrajero, características de calidad para la elaboración de whisky artesanal y producción maltera; todas las variedades mencionadas han sido desarrolladas y recomendadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2022).

Ante el panorama del cambio climático, escasez de agua y degradación de suelos es indispensable fortalecer los programas de fitomejoramiento, orientados a generar nuevas líneas genéticas capaces de mantener altos rendimientos y calidad de ambientes adversos. Considerando cruzamientos dirigidos evaluaciones de campo y caracterizaciones detalladas para seleccionar materiales con características agronómicas superiores, tanto en la producción de grano como de forraje.

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ha logrado avances significativos en el mejoramiento de cebada forrajera, obteniendo el Título de Obtentor de dos variedades GABYAN95 y ALICIA221; ambas muestran alto potencial de rendimiento y calidad forrajera, siendo especialmente recomendadas para las condiciones agroclimáticas del noreste de México. Estas variedades han tenido buena aceptación entre los productores de la región contribuyendo al fortalecimiento del sistema productivo forrajero.

Cabe destacar que, actualmente estas variedades representan las únicas alternativas forrajeras registradas oficialmente para el noreste del país, ya que las demás inscritas en el CNVV no cumplen con los requisitos de adaptación y productividad en zonas áridas y semiáridas (Torres *et al.*, 2019). Sin embargo, en los últimos años el Programa ha seleccionado otros materiales genéticos con posibilidad de ser registrados como nuevas variedades; teniendo como propósito este trabajo en generar suficiente información en los caracteres cualitativos y cuantitativos de planta y semilla de estos materiales, así como el compararlos con las variedades ya registradas como GABYAN95 y ALICIAN221 entre otras comerciales, por tal motivo se estableció la siguiente hipótesis y objetivos.

Hipótesis

H_a : Al menos uno o más de los nueve genotipos estudiados presentan diferencias significativas en por lo menos una de las características cualitativas o cuantitativas evaluadas.

H_0 : Las características cualitativas y cuantitativas evaluadas no presentaran diferencias significativas entre los cinco nuevos materiales genéticos y las cuatro variedades registradas de cebada.

Objetivo general

- Identificar y comparar las características cualitativas y cuantitativas de nueve materiales genéticos de cebada para el noreste de México.

Objetivos específicos

- Identificar y describir las características cualitativas y cuantitativas de los nueve materiales genéticos de cebada, desde la emergencia de planta hasta la producción de semilla en condiciones de campo.
- Identificar y describir las características cualitativas y cuantitativas de los nueve materiales genéticos de cebada de espiga y semilla en condiciones de laboratorio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

La cebada es considerada uno de los cereales cultivados más antiguos del mundo. Sus principales centros de origen y domesticación se localizan en regiones de Asia y África, expandiéndose a Europa alrededor del año 1500; la cebada fue introducida al Perú por los españoles durante el periodo de la colonización; en la actualidad, este cultivo es reconocido como el cuarto cereal más importante a nivel mundial además de encontrarse entre los diez alimentos de mayor producción a nivel global, debido a su relevancia en la alimentación humana, la producción de forraje y la industria maltera (Pinedo, Rojas, y Bautista, 2020).

La cebada es de gran importancia tanto para la alimentación humana como para la del ganado. A nivel mundial ocupa el quinto lugar entre los cultivos más producidos. En México la cebada maltera tiene gran relevancia socioeconómica ya que constituye la fuente de ingresos de miles de familias que habitan en las zonas productoras de los valles altos de la mesa central. Además de que puede consumirse en diversos platillos, su principal destino es el uso industrial especialmente para la producción de cerveza (SADER, 2020).

En los últimos 10 años México alcanzo a producir 929 mil toneladas; de las cuales en el 2023 se produjeron 832 mil 299 toneladas de acuerdo con los datos obtenidos por la SADER 2018-2024. Los principales estados con mayor producción de cebada son Hidalgo (174, 299 toneladas), Guanajuato (166, 335 toneladas), Tlaxcala (123, 784 toneladas), Puebla (121, 365 toneladas) y Chihuahua (80, 406 toneladas) (SADER, 2025).

Taxonomía

Reino ----- *Plantae*
División ----- *Magnoliophyta*
Clase ----- *Liliopsida*
Orden ----- *Poales*
Familia ----- *Poaceae*
Subfamilia ----- *Pooideae*
Tribu ----- *Triticeae*
Género ----- *Hordeum*
Especie ----- *Hordeum vulgare L.*

La cebada (*Hordeum vulgare L.*) es una planta diploide ($2n = 2x = 14$ cromosomas), monoica y autógena, pertenece a la familia *poaceae* las cebadas cultivadas se distinguen por el número de florecillas que queda entre cada segmento del raquis. Las cebadas cultivadas se distinguen por el número de espiguillas que quedan entre cada segmento del raquis. Bajo este concepto se puede clasificar como de dos carreras (*Hordeum distichum*) la cual después de madurar la espiga solamente queda la espiguilla central y es utilizada principalmente para la producción de cebada maltera, por otro lado tenemos de cuatro carreras (*Hordeum tetrastichum*) las cuales mantiene las dos espiguillas laterales y solo tiene dos granos entre cada nudo del raquis, y finalmente la cebada de seis carreras (*Hordeum hexastichum*) son aquellas que mantienen tres espiguillas con tres granos entre cada nudo del raquis (Bothmer et al., 2003).

En México la caracterización agromorfológica de germoplasma ha permitido demostrar variabilidad genética con características que ayudan a mejorar el rendimiento de grano, como altura de la planta, longitud de la espiga, densidad de la espiga, etc; con el objetivo de validar y obtener genotipos con mayor resistencia a enfermedades y mayor rendimiento de grano (Velasco et al., 2020).

Características morfológicas de la cebada

Las características morfológicas constituyen una herramienta fundamental para la descripción e identificación de materiales vegetales ya que permite evaluar diferentes atributos de la planta. De acuerdo con (Pinedo, Rojas, y Bautista, 2020) la caracterización morfológica se basa en los siguientes parámetros agronómicos:

Macollos

Son los brotes secundarios que surgen a partir de los nudos inferiores del tallo principal, suelen emerger en promedio de 2 a 3 macollos. Un buen macollaje es vital para alcanzar el máximo potencial de rendimiento, especialmente en la producción de cebada maltera.

Raíces

El sistema radicular es fasciculado, fibroso y alcanza poca profundidad en comparación con el de otros cereales y se estima que un 60% del peso de las raíces se encuentra en los primeros 25 cm del suelo. El sistema radicular se divide en primario el cual está compuesto por la radícula y raíces seminales, las raíces principales o coronarias son fasciculadas encontrándose entre los 20 a 30 cm del suelo alcanzando de 0.50 a 1 m de profundidad.

Tallos

El tallo principal se origina a partir del punto de crecimiento, tiene una estructura erguida, hueca y los nudos son sólidos y cilíndricos presentando de 7 a 8 entrenudos generalmente llegan a tener una altura de entre 0.50 y 1.2 m de altura dependiendo de la variedad.

Hojas

La cebada es una planta con hojas estrechas de color verde claro, compuesta por una vaina basal que abraza el tallo y una lámina foliar (limbo) lanceolada.

Coleóptilos

Estructura que emerge desde la semilla con la elongación del mesocotilo contribuyendo la emergencia de las plántulas. Este tiene una estructura puntiaguda y consistente, una vez que emerge se abre para permitir el desarrollo de la primera hoja.

Espigas

La espiga comienza aparecer a través de la vaina de la hoja bandera u hoja superior. Cuenta con una espiga terminal, presenta tres espiguillas entre cada nudo del raquis de acuerdo con su fertilidad estas son clasificadas en cebada de dos, cuatro o seis carreras, están cubiertas por glumas y tienen aristas largas.

Granos

La mayoría de las variedades tienen las glumillas adheridas al grano lo que permite proteger al embrión, el grano se compone de las cubiertas (lema, palea), endospermo o tejido de reserva y embrión que está ubicado en la parte dorsal del grano.

Sistema de producción

El cultivo de cebada puede sembrarse al voleo o en líneas, para la producción de cerveza suele sembrarse en líneas, para poder obtener una producción más homogénea esto también ayuda a tener más control sobre las plagas y enfermedades. La semilla germina a partir de 5 a 6°C prefiere temperaturas frescas durante su desarrollo (15 a 20°C). Las exigencias en cuanto al clima son pocas sin embargo crece mejor en ambientes frescos y moderadamente secos con precipitaciones de 400 a 600 mm anuales, requiere pocas unidades calor para su madurez fisiológica y se desarrolla a altitudes que van de 1,800 a 3,000 m s. n. m tolera la salinidad, pero no suelos poco profundos y bien drenados con un pH de 6 a 8.5 (Calzada *et al.*, 2017).

Mejoramiento genético

En el año 1954 México inicio en cooperación con la industria maltera nacional, la secretaria de agricultura y ganadería y la fundación Rockefeller el mejoramiento genético de cebada. Por su parte. El programa de cebada del INIFAP tiene como

objetivo obtener variedades con calidad y rendimiento que satisfagan tanto las necesidades del agricultor como a los industriales malteros y cerveceros teniendo un mayor enfoque en el incremento del rendimiento, precocidad, calidad y resistencia a enfermedades. (Gonzalez, 2020).

En los últimos años se han logrado la liberación de variedades de las cuales Esperanza y Esmeralda tienen una mayor importancia por su resistencia a la roya amarilla las cuales han permitido obtener una mayor producción de cebada para la cervecería tanto en condiciones de riego como de temporal.

Esmeralda

El auge de la cebada maltera en el país comenzó con el establecimiento de la primera fábrica de malta en la ciudad de México en el año 1906 (Gonzalez *et al.*, 2021).

Una de las variedades de cebadas malteras con mayor rendimiento es Esmeralda debido a que tiene una gran tolerancia a enfermedades como la roya amarilla (*Puccinia striiformis f. sp. hordei*), mancha reticular (*helmithosporium teres*), escaldadura de la hoja (*Rynchosporium secalis*) y roya de la hoja (*Puccinia hordei*).

Además, una de las ventajas para el control de estas enfermedades en el cultivo es que permite realizar aplicaciones preventivas fúngicas para poder prevenir la presencia de hongos y así mismo tener menores costos de producción y contaminación ambiental.

Este cultivo no es susceptible al ataque de plagas sin embargo el exceso de humedad puede provocar ataque por pulgón. En este sentido la variedad Esmeralda muestra moderada susceptibilidad al ataque de pulgón ruso al ser infestada en la etapa de plántula. La variedad Esmeralda es óptima en la elaboración de malta para la industria maltera-cervecera por el balance que guardan sus componentes químicos en grano malteado, como extracto molienda fina, diferencia de extracto molienda fina a extracto de molienda gruesa, poder diastático (transformación a glucosa), alfa amilasa y proteína soluble a proteína total.

Esta variedad presenta un hábito de crecimiento de tipo primaveral y un ciclo biológico de duración intermedia. La floración puede ocurrir entre los 49 a 64 días, mientras que la madurez fisiológica suele alcanzarse entre los 91 a 120 días aproximadamente, aunque estos pueden variar dependiendo de la localidad donde se establezca el cultivo y su manejo agronómico (SADER, 2014).

Los suelos ideales para la producción de cebada son los de tipo migajosos, arcillosos y arenosos, teniendo una buena preparación del terreno a través de subsoleos y barbecheos, encamado, etc., la fecha de siembra recomendada es del 1 de mayo al 15 de junio para condiciones de temporal; bajo una fertilización de 46 kilogramos por hectárea de nitrógeno, 46 de fósforo y 30 de potasio en toda la siembra se puede realizar una o dos aplicaciones de fertilización o fitohormonas de origen orgánico para completar la fertilización del suelo. Con productos de origen orgánico se debe realizar una o dos aplicaciones en la etapa de macollaje, encañe y al inicio del llenado del grano con dosis de dos kilogramos por hectárea en 200 litros de agua.

La cosecha de cebada destinada a la producción de malta debe realizarse cuando el grano allá alcanzado su madurez completa y presente un contenido de humedad del 13 y 14 %, para evitar el calentamiento del grano que favorece la germinación y desarrollo de hongos que afecta la calidad maltera. Se debe cosechar entre los 20 y 25 días después de la madurez pues si se deja sobre el terreno después de los 25 días puede deteriorarse (INIFAP, 2022).

Variedad Armida

Armida es una variedad de cebada de hábito de crecimiento de primavera y ciclo precoz. Evaluaciones realizadas durante diversos ciclos agrícolas han demostrado que posee un alto potencial de rendimiento, superando en determinadas condiciones a variedades comerciales, su espigamiento ocurre de 58 a 71 días y su madurez fisiológica presenta de 102 a 120 días dependiendo del ambiente y fecha de siembra, tiene un porte intermedio de 0.74m. En Estudios previos se han llevado a cabo varias

evaluaciones en el campo experimental del bajío, en donde por once ciclos agrícolas han mostrado rendimientos de 5.9 a 11.7 t ha⁻¹ obteniendo un rendimiento de grano superior del 12% al de la variedad Esperanza que fue el testigo (Zamora *et al.*, 2010).

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha generado variedades de uso forrajero como la variedad Maravilla, Estelar OH, las cuales también tienen características para la elaboración de wiski artesanal y producción de malta en los Valles Altos de la Mesa Central (INIFAP, 2022).

La variedad Maravilla

Es una variedad de cebada forrajera, obtenida de un cruzamiento múltiple realizado por el programa Nacional de Cebada del INIFAP, tiene tolerancia a enfermedades más comunes que dañan el cultivo, posee un alto rendimiento y su precocidad le permite adaptarse a las condiciones de temporal. Las características químicas que presenta en el grano es por el importante suministro de nutrientes como concentración de proteína cruda que varía de 10.0 a 14.5, una concentración de almidón del 61 al 66%, un contenido de minerales promedio de 3.5% y fibra cruda promedio de 3.5%, extracto etéreo promedio de 1.83%, el extracto libre de nitrógeno promedio es de 74% y la digestibilidad de materia seca promedio es de 95%.

El rendimiento de forraje verde va desde las 20 t ha⁻¹ la cual se debe cosechar cuando el grano está en su etapa de masoso suave, en materia seca su rendimiento va de las 8-12 t ha⁻¹. Esta variedad tuvo diversas evaluaciones en más de 30 sitios en los valles altos donde se observó un rendimiento de 2.1-5.2 t ha⁻¹ similar y en algunas ocasiones supera el 5% a la variedad Esmeralda (Zamora *et al.*, 2017).

Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales

La UPOV es un organismo internacional con sede en Ginebra (Suiza), constituida en 1961 por el convenio internacional para la protección de las obtenciones vegetales.

El propósito de la UPOV es proporcionar y fomentar un sistema eficaz para la protección de las obtenciones vegetales. Al otorgar a los obtentores derechos de

obtentor la UPOV fomenta la innovación en la agricultura apoya la seguridad alimentaria y el desarrollo sustentable.

El convenio de la UPOV es el fundamento en que se apoyan los miembros para fomentar el fitomejoramiento mediante la cohesión a los obtentores de variedades vegetales, de un derecho de propiedad intelectual: el derecho de obtentor. Una variedad vegetal representa a un grupo de plantas definido con mayor precisión, seleccionado dentro de una especie que presenta una serie de características comunes (UPOV)

Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas

El SNICS es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SNICS), encargado de normar y vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales en materia de semillas y variedades vegetales. En coordinación con diversos organismos públicos y privados, instituciones de investigación y agricultores. Las tres acciones estratégicas del SNICS, contribuyen a salvaguardar y aumentar la producción y calidad de los productos agrícolas desde su origen, en relación con la semilla se debe verificar lo siguiente:

- Verificar y certificar el origen y calidad de la semilla.
- Proteger legalmente los derechos de quien obtiene nuevas variedades a través de un derecho de obtentor.
- Coordinar acciones en materia de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura.

El SNICS tiene como misión mantener actualizado y en armonía con estándares internacionales, el sistema que norme y fomente las semillas los recursos fitogenéticos y las variedades vegetales, como insumos de calidad que contribuyen a incrementar la sanidad, productividad y competitividad agropecuaria, a través de la integración de un marco normativo, técnico y operativo eficaz, fortaleciendo las capacidades institucionales y nacionales (SNICS , 2026).

Plagas y enfermedades

Roya amarilla (*Puccinia striiformis. tsp. hordei Erikss*)

Es causada por *Puccinia striiformis. tsp. hordei Erikss*, la cual produce uredias de color amarillo a lo largo de la hoja, vainas, glumas y aristas. en México la roya amarilla se presenta en plántulas hasta plantas adultas cuando las condiciones climáticas y la variedad sembrada favorecen la incidencia causando disminución en el rendimiento hasta un 53% y afectando la calidad del grano (Gilchrist *et al.*, 2005).

Al finalizar el ciclo del cultivo o cuando la planta entra en etapa de madurez fisiológica, se puede observar las telias donde se encuentran las teliosporas del hongo. El desarrollo del patógeno se lleva a cabo a temperaturas de 5 a 25°C (McDonal. B. A., y Mundt,C.C. 2026).

Roya del tallo

Ocasionado por *Puccinia graminis* Per. f. *sp. secalis* y por *Puccinia graminis* Pers. f. *sp. tritici*, por lo regular se presenta al final de ciclo de cultivo los sitios de infección o colonias del patógeno se manifiestan como uredíneas que contienen urediniosporas, las cuales al romper la epidermis se tornan de color café oscuro, para su desarrollo el patógeno requiere periodos prolongados de rocío de 6 a 8 horas y temperaturas de los 5 a 30°C (Gilchrist *et al.*, 2005).

Septoria (*septoria tritici*)

Esta enfermedad se identifica por los puntos negros (picnidios) en la superficie de la hoja, esto destruye el tejido afectando la capacidad de producción de la planta, pudiendo llegar a disminuir la cosecha hasta un 50%, las condiciones climáticas de temperatura para su desarrollo son de 15-25°C (McDonald, B. A. y Mundt, C. C. 2026).

Rincosporiosis o Escaldadura (*Rhynchosporium secalis*)

Se forman manchas de color gris o azulado y se desarrolla dejando en la parte central un color pardo grisáceo y el borde marrón oscuro, cuando la enfermedad no se controla esta puede causar infecciones en las glumas y aristas. Las pérdidas de la cosecha

alcanzan el 40%, a causa de la disminución del número de granos en la espiga y lo más frecuente por la disminución del tamaño del grano debido por la disminución del área foliar, este hongo puede sobrevivir en rastrojos y semillas infectadas (Carvajal, 1983).

Roya parda (*Puccinia recóndita*)

Se puede confundir con la roya amarilla cuando aparecen postulas urediniales de color naranja marrón dispersándose por toda la hoja al final del ciclo aparecen soros negros (telios), requiere de temperaturas elevadas para su desarrollo este afecta principalmente la hoja bandera y el llenado de los granos puede reducir el rendimiento en un 50% (Díaz. *et al.*, 2025).

Oídio (*Blumeria graminis*)

Se presenta ocasionando manchas blancas polvorientas sobre la parte superior de las hojas, tallos y espigas, las manchas blancas se tornan de color marrón grisáceas con puntos negros para después proveer amarillamiento y necrosis foliar uno de los daños que ocasiona son perdidas en el peso del grano en un 25%. La cebada es más susceptible a esta enfermedad en las etapas tempranas afectando en el número de plantas y el número de granos por espiga (Velasco *et al.*, 2020).

Plagas

Pulgón verde (*Sihizaphis graminum*)

Puede producir daños en plántulas hasta la etapa del encañado ocasionando daños severos en las hojas al succionar la savia y deteriorar los tejidos vegetales, o por inoculación de saliva toxica transmitiendo el virus del enanismo de la cebada (BYDV) por medio de sus estiletes bucales, también provoca amarillamiento, marchites o la muerte del cultivo principalmente en plántulas. Estos áfidos excretan una sustancia azucarada llamada melaza o mielecilla la cual puede dar inicio al desarrollo de hongos como el hongo saprófago (Tocho *et al.*, 2012).

El pulgón es una plaga muy importante a nivel mundial debido a los daños que puede causar a cultivos de trigo avena, cebada, centeno, triticale y otras gramíneas.

Gusano soldado (*Mythimina unipuncta*)

Es una plaga que causa daños económicos ya que al alimentarse de las hojas puede provocar una defoliación total. Las larvas comienzan mordiendo los bordes de las hojas dejando solo el nervio central en algunas ocasiones llegan a alimentarse del grano en desarrollo. Este es una plaga que se oculta en el día sobre los escombros y ataca durante la noche dejando excremento en la base de las hojas (Esquivel *et al.*, 2014).

Mosquito de los cereales

Este mosquito empieza a detectarse durante las primeras lluvias cuando las larvas eclosionan se establecen en la vaina de la base de la planta cerca del primer nudo donde se alimenta durante todo su desarrollo presenta daños en el cultivo desde las primeras fases de crecimiento hasta el ahijado. Los síntomas que presenta es debilitamiento de la planta, amarillamiento, incluso muerte de la planta, reduce el número de hijos por planta, retraso del crecimiento reduce el peso de la espiga y rendimiento de la cosecha. La zona donde se estaciona la larva o se ancla la pupa se debilita y se hace más sensible al viento haciendo que se desgarre la planta (Torres, 2023)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El presente estudio se llevó a cabo en dos etapas, la primera en campo comenzando con la preparación de terreno y semilla, siembra, emergencia, crecimiento y evaluación de las plantas de los materiales genéticos; y la segunda, consistió en la cosecha y evaluación de espigas y semillas en el laboratorio.

Ubicación del estudio en Campo

El establecimiento de los materiales se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo Coahuila; cuya ubicación geográfica es una latitud de 25.383° o 25°21'10" al norte y una longitud de -101.30121° o 101°1'52" al oeste con una altitud de 1783 m.s.n.m (Mapcarta, 2024).

Laboratorio

Los parámetros evaluados de espigas y semillas de los materiales genéticos se realizaron en el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas del Departamento de Fitomejoramiento, en el Laboratorio de Producción de Semillas en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Material genético

Se evaluaron cinco líneas avanzadas generadas por el Programa de Mejoramiento de Cereales de Grano Pequeño, como potenciales para nuevas variedades descritas en el Cuadro 3.1, así como cuatro variedades registradas en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales del SNICS y utilizadas como testigos.

Cuadro 3.1 Identificación de los materiales genéticos de cebada utilizados en el estudio.

Material genético	Identificación	Material genético	Identificación
Línea experimental	CANI-9	Variedad	Esperanza
Línea experimental	CANI-10	Variedad	Armida
Línea experimental	CANI-129	Variedad	GABYAN95
Línea experimental	CANI-130	Variedad	ALICIAN221
Línea experimental	CANB-22		

CANI= Cebada Antonio Narro Imberbe; CANB= Cebada Antonio Narro Barbada

Establecimiento en campo

Se inició con la preparación del terreno con un barbecho y rastreo, se aplicó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, realizando la siembra el día 9 de febrero del año (2024).

Se aplicó una fertilización total de 120 unidades de nitrógeno $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 55 unidades de fosforo $(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (MAP) y cero de potasio respectivamente, aplicando un riego de siembra el día 16 de febrero y tres de auxilio el primero el día 29 de marzo, segundo 12 de abril y el tercero el día 29 de abril, procurando mantener húmedo el suelo por ser de tipo arcilloso.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas en el estudio se realizaron de acuerdo con las directrices para la ejecución del examen de la distinción, homogeneidad y estabilidad para cebada recomendados por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV TG/19/11 corr. cebada, 2018-2025), utilizando como referencia en las diferentes etapas fenológicas según la escala de Zadoks (1974).

A cada descriptor se le identificó con la letra “D” y el número descriptor, además de una abreviatura para una mejor identificación (Figura 3.1).

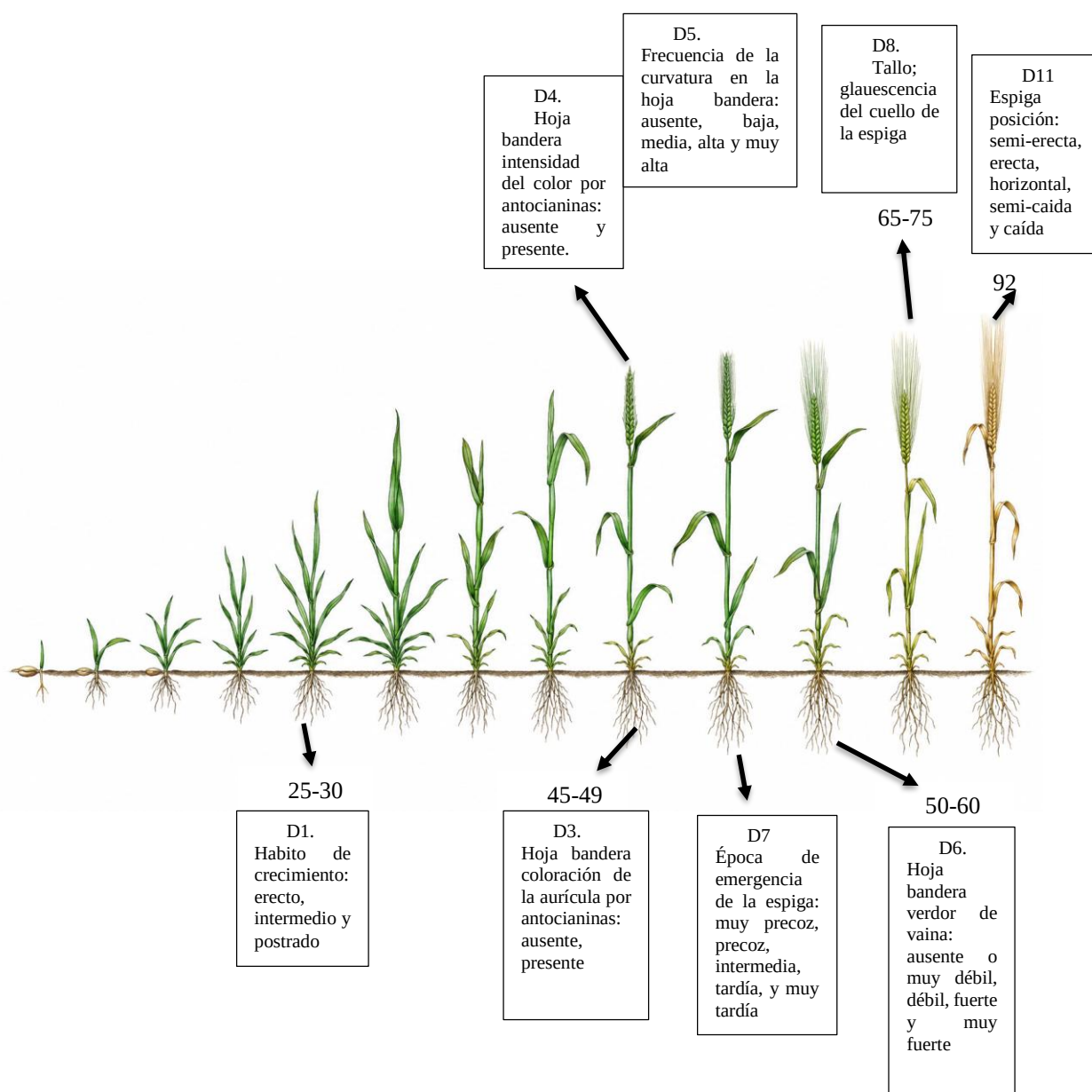


Figura 3.1 Identificación de descriptores varietales en las diferentes etapas fenológicas según la escala de Zadoks (1974).

Descriptores cualitativos

D1. Planta: habito de crecimiento (HAC), evaluado cuando las plantas presentaban alrededor de cinco a nueve macollos. Los niveles de clasificación fueron: erecto (1), intermedio (5) o postrado (9).

D3. Hoja bandera: coloración de la aurícula por antocianinas (HBCAE), evaluada en el mismo tiempo que la intensidad de color por antocianinas en la aurícula (D4), en la etapa fenológica 45-49 según la escala de (Zadoks), cuando las plantas se encontraban en hinchazón (embuche) o presentaban las primeras aristas visibles, los niveles de clasificación fueron: ausente (1) y presente (3).

D4. Hoja bandera, intensidad de color por antocianinas en la aurícula (HBICA), observado en la misma etapa fenológica del descriptor anterior (45-59 escala Zadoks). Los niveles de clasificación fueron: claro (3), medio (5), oscuro (7) y ausente (1).

D5. Planta frecuencia de la curvatura en la hoja bandera (FCHB): estimadas en la etapa de inicio de espigado, cuando las plantas presentaban el 50% de la primera espiguilla visible. Los niveles de clasificación fueron: ausente (1), baja (3), media (5), alta (7) y muy alta (9).

D6. Hoja bandera: verdor de la vaina (glauescencia/ serosidad) (HBAV), observado al momento en que las plantas presentaban el espigamiento completo, determinado en la etapa 50-60 escala Zadoks. Los niveles de clasificación fueron: ausente o muy débil (1), débil (3), medio (5), fuerte (7) y muy fuerte (9).

D7 Época de emergencia de espigas (EMESP): cuando el 50% de las plantas presentaban la primera espiguilla visible. Los niveles de clasificación fueron: muy precoz (1), precoz (3), intermedia (5), tardía (7) y muy tardía (9).

D8 Adicional. Tallo: glauescencia del cuello de la espiga (GT). La medición se realizó a simple vista en cada uno de los tallos de las plantas, evaluado en la etapa

65-75 en escala de Zadoks. Los niveles de clasificación fueron: ausente (1), débil (3), medio (5), fuerte (7) y muy fuerte (9).

D10. Espiga verdor (glauescencia) (VEG), observada entre la etapa de antesis e inicio de formación de grano, observado en la etapa 65-75 de escala de Zadoks. Los niveles de clasificación fueron: ausente (1), débil (3), medio (5), fuerte (7) y muy fuerte (9).

D10 Adicional en Tallo: médula en la sección transversal (TGM), son espiguillas en el tercio medio de la espiga, para esta medición se cortaron los pedúnculos de cada una de las plantas y con ayuda del manual se clasifico. Los niveles de clasificación, delgada (1), media (3) y gruesa (5).

D11. Espiga, posición (PE), se determinó en la etapa de madurez fisiológica a una escala de 92 de Zadoks. Los niveles de clasificación fueron: erecta (1), semi-erecta (3), horizontal (5), semi-caída (7) y caída (9).

D13. Espiga, numero de hileras (NHE). Obtenida junto con los descriptores (D13, 14,15,16,17 y 18) al inicio de grano pastoso a madurez. Los niveles de clasificación: dos (1), más de seis (2) y seis (3).

D14. Espiga, forma (FE). Los niveles de clasificación fueron: cónica (3), paralela (5) y fusiforme (7).

D15. Espiga densidad (DE), se considera a los segmentos del raquis de la espiga como laxa cuando es igual o mayor a 4 mm o mayor a 2 mm y densa igual o menor a 2mm. Los niveles de clasificación fueron: muy laxa (1), laxa (3), media (5), densa (7) y muy densa (9).

D18. Arista (TEA), textura, los niveles de clasificación fueron, lisa (1) semi (2) aserrada (3) o ausente (4).

D20. Raquis, curvatura del primer segmento (CRPS), estimada durante la madurez fisiológica junto con los descriptores D21 y D22. Los niveles de clasificación fueron: ausente o muy ligera (1), media (5) y fuerte (9).

D21. Espiguillas, disposición (en el tercio medio de la espiga) solo en seis hileras. Los niveles de clasificación fueron (DE): paralelas (1), paralelas a ligeramente (2), y divergentes (3).

D22. Espiguillas medias, tamaño de la gluma y arista en relación del grano (TGEM). Los niveles de clasificación fueron: más cortas (1), iguales (2) y más largas (3).

D23. Grano, nervadura de la lema coloreadas por antocianinas (GNLCA): observada en etapa de grano pastoso junto con el D24. Los niveles de clasificación fueron: claro (3), medio (5), oscuro (7) y ausente (9).

D24. Grano, tipo de pubescencia en la raquilla (GTPR), los niveles de clasificación fueron: cortos (1) y largos (2).

D25. Grano, presencia o ausencia de glumas (GPAG): estimada junto con los descriptores (D26, D27, D28) los niveles de clasificación fueron: ausentes (1) y presentes (9).

D26. Grano, presencia de espículas en las nervaduras laterales internas y dorsales de la lema (GPENLI): estimado una vez dividido en tres partes la espiga (primer tercio, parte media y último tercio): tomando 5 granos en cada parte, esto con el apoyo de un estereoscopio. Los niveles de clasificación fueron: ausente (1), imperceptible (3), media (5), visible (7) y muy visible (9).

D27. Grano, pubescencia en el surco ventral (GPSV): observada en madurez fisiológica con el apoyo de una lupa y estereoscopio. Los niveles de clasificación fueron: ausente (1) o presente (9).

D28. Grano, disposición de lodículos (GDL). Observada en madurez fisiológica, con el apoyo del estereoscopio. Los niveles de clasificación fueron: frontal (1) lateral (2)

D29. Grano, color de la capa de aleurona observado en la etapa del grano pastoso (GCCA), sumergiendo las espigas en un vaso con agua por 12 horas. Los niveles de clasificación fueron: blanco (1) o coloreada (9)

D30. Grano, lema y palea (cascara)(GLP): observado en estado de madurez del grano. Los niveles de clasificación fueron: cubierto (1) o desnudo (9).

D31. Tipo de estacionalidad evaluados por los ciclos de producción (TE). Los niveles de clasificación fueron: invernal (3), facultativo (2) y primaveral (1).

D32. Prueba de fenol: se realizó en semilla cubierta y en semilla desnuda. evaluando el tipo de coloración café medio fuerte, café en la punta, café en medio y nulo. Se realizó en dos condiciones, una utilizando 150 semillas completas y otra con 150 semillas desnudas realizando tres repeticiones por cada genotipo. Se imbibieron durante diez horas en H₂O destilada, posteriormente se sembraron en las cajas Petri sobre papel filtro Whatman No. 1, se añadió una solución de fenol al 1% hasta humedecer el papel, se dejó reaccionar por un tiempo de hora y media a medio ambiente, se evaluó el efecto que tuvieron clasificándose como café fuerte, café medio, café en la punta y sin color.

Descriptores cuantitativos

D8. Coloración por antocianinas, se determinó en dos niveles: ausente (1) y presente (9). Se realizaron tres repeticiones de cada material con 50 semillas, sembradas sobre papel filtro Whatman No. 1, agregando agua destilada en

condiciones de oscuridad a 25 C° por cuatro días, posteriormente se les dio luz durante tres días, al término de los días se evaluó el tipo de coloración que presentó el coleóptilo de las plántulas, clasificado en rojo, verde y sin color.

D9. Intensidad de coloración por antocianinas, se observó junto con el D8 cuando las espiguillas contaban con el 50% de floración.

D12. Altura de la planta (AP): medida desde el nivel del suelo hasta el ápice de la espiga y arista, a partir del grano masoso hasta la madurez. En centímetros (cm). Los niveles de clasificación fueron: muy baja (1), baja (3), media (5), alta (7) y muy alta (9).

D16. Espiga, longitud excluyendo aristas (LE): medio desde la base de la primera espiguilla hasta el ápice de la espiga. Se reporto en centímetros (cm).

D17. Arista, tamaño comparado con la espiga. Los niveles de clasificación fueron pequeños (3) mismo tamaño (5) más grande (7) y ausente (9).

D19. Raquis, longitud del primer segmento medido durante la madurez fisiológica. Medido en centímetros (cm) los niveles de clasificación fueron: corta (3), mediana (5) y larga (7).

D33. Pruebas de calidad física en las semillas. A una muestra de cada material genético se determinó el porcentaje de contenido de humedad (CH, %) y el peso volumétrico (PV, kilogramos por electrolitos, mediante el determinador GAC 2100, marca Dickey John; realizando tres repeticiones por cada material genético. Así mismo, se realizó una prueba de peso de cien semillas (PCS), contabilizando ocho repeticiones de 100 semillas, pesando en una balanza analítica de 0.001 de precisión y registrando el promedio en gramos.

D34. Pruebas de calidad fisiológica en las semillas. A una muestra de cada material se le determinó una prueba de germinación estándar, utilizando cuatro repeticiones de 100 semillas por cada material, sembrando entre papel “Anchor” húmedo, enrollando a formar un “taco” y colocando dentro de una bolsa de plástico. Se llevó a una cámara <de germinación a $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ a 8 horas luz y 16 oscuridad, realizando un conteo de plántulas normales a los cuatro días (PC), considerado como una prueba de vigor; y un segundo a los siete días (porcentaje de germinación, GER), todos los datos se registraron en porcentaje.

Así mismo, como otra prueba de vigor se evaluó la tasa de crecimiento de plántulas también llamado Peso Seco (PS), se eligieron 20 plantas de cada repetición, las cuales se colocaron en bolsas de papel y se colocaron en estufa a 75°C por 24 horas, posteriormente fueron pesadas en una balanza analítica de 0.001 gramos de precisión, el dato se registró en gramos/plántula.

Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques al azar (DBCA), conformado por nueve tratamientos y tres repeticiones, obteniendo 27 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 5.4m^2 , las cuales fueron distribuidas aleatoriamente dentro de cada bloque con la finalidad de disminuir la variabilidad ambiental y mejorar la precisión experimental, tomando 25 plantas al azar para realizar las evaluaciones. En la evaluación de laboratorio se tomó una muestra de cada genotipo estableciendo un experimento bajo el diseño completamente al azar.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para las variables cuantitativas, bajo el modelo correspondiente al diseño de bloques completamente al Azar:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = observación de la unidad experimental.

μ = efecto de la media general.

G_i = efecto del genotipo i .

B_j = el efecto de la parcela j .

e_{ij} = error experimental de la unidad j del genotipo i

Cuando se encontraron diferencias estadísticas significativas se realizó la comparación de medias a través de la prueba DMS (Diferencia mínima significativa) con un nivel de significancia de 0.05 %.

En el caso de las variables cualitativas, la evaluación se realizó mediante el cálculo de promedios y análisis descriptivo de los resultados obtenidos de cada tratamiento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez evaluados los materiales genéticos se presenta a continuación los resultados más relevantes encontrados en el estudio de cada uno de los caracteres cualitativos y cuantitativos.

Descriptores Cualitativos

D1. Hábito de crecimiento

En el análisis de varianza para este descriptor se mostraron diferencias estadísticas altamente significativas al 0.01% de probabilidad entre los materiales genéticos estudiados (Cuadro 4.1), indicando que al menos uno de los materiales evaluados es diferente en el hábito de crecimiento. Por tal motivo, al realizar la prueba de comparación de medias, se identificó que la mayoría de los genotipos conformaron el primer grupo estadístico destacando CANB-22, CANI-10, CANI-129, CANI-130, GABYAN95, ALICIAN221 y Esperanza con un valor de 5, destinado al hábito de crecimiento (HAC) intermedio, como se muestra en el Cuadro 4.2; mientras que Armida y CANI-9 presentaron valores de 1, con un crecimiento erecto, formando el segundo grupo estadístico (Figura 4.1). Por ser una descripción morfológica y fisiológica permite identificar la adaptación del cultivo su ciclo y rendimiento evaluado cuando las plantas presentaban alrededor de cinco a nueve macollos (Velasco *et al*, 2020).



Figura 4.1 En planta en la etapa 25-30 escala de Zadoks, descriptor D1: hábito de crecimiento (HAC) en materiales genéticos de cebada.

D2. Hojas inferiores pubescencia en la vaina de las hojas

En los resultados del análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas en los materiales genéticos estudiados (Cuadro 4.1), indicando que todos tienen ausencia de pubescencia en la vaina de las hojas inferiores, siendo un descriptor no diferencial al momento de un registro de variedades.

Por ser un descriptor morfológico puede ayudar a la identificación de plantas con una mayor adaptabilidad o resistencia a estrés tanto biótico como abiótico, lo que refleja que la especie de cebada o al menos los materiales que se evaluaron en este estudio, no contienen una evidencia de tipo morfológica para identificarse como capaces de adaptarse a condiciones de estrés, ya que pubescencia es una característica de germoplasmas silvestres los cuales tienen una mayor adaptabilidad a condiciones adversas (Saade *et al.*, 2017). Sin embargo, en otros estudios se ha reportado que las cebadas tienen actividades fisiológicas que las identifican con buena adaptabilidad en condiciones contrastantes (Colín *et al.*, 2009, 2017).

D3 hoja bandera, coloración de la aurícula por antocianinas

En el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas en esta evaluación ya que todos los genotipos presentaron una coloración de la aurícula por antocianinas (HBCAE) en la etapa de embuche clasificada como presente (Cuadro

4.1): Asimismo, la prueba de comparación indicó que todos los genotipos se encontraron en el mismo grupo estadístico (Cuadro 4.2).

D4 hoja bandera, intensidad de color por antocianinas

En esta variable, los resultados del análisis de varianza mostraron una diferencia altamente significativa indicando que al menos un genotipo presentó un nivel de intensidad de color diferente al resto (Cuadro 4.1). En cuanto la prueba de comparación de medias reflejó que GABYAN95 presentó la mayor intensidad de color como media, seguidos los genotipos Esperanza, CANB-22, ALICIAN221 y CANI-130 con débil; Armida y CANI-9 ausente (Cuadro 4.2).

D5 Planta frecuencia de la curvatura de la hoja bandera

De acuerdo con esta variable evaluada, se observa en el Cuadro 4.1, existieron diferencias altamente significativas entre los genotipos; donde Esperanza y CANB-22 presentaron una alta curvatura de la hoja bandera formando el primer grupo estadístico (Cuadro 4.2); mientras que el resto tuvieron una curvatura baja a excepción de GABYAN95 que presento una curvatura muy baja.

De acuerdo con la UPOV la frecuencia de la curvatura cambia con el genotipo y el ambiente como la disponibilidad de nitrógeno, la frecuencia de la hoja también influye en la transpiración y la fotosíntesis (UPOV, 2012) (Figura 4.2).



Figura 4.2 En planta en la etapa 45-59 escala de Zadoks, descriptor D5: frecuencia de la curvatura en la hoja bandera (FCHB) en materiales genéticos de cebada.

D6. hoja bandera, verdor de la vaina (glauescencia o serosidad)

Los resultados del análisis estadístico mostraron diferencias altamente significativas (Cuadro 4.1) en la coloración de la vaina cuando todas las plantas presentaban espigamiento completo, destacando la var. GABYAN95 en el verdor de la vaina con glauescencia fuerte; mientras que el resto se caracterizaron como débil (Cuadro 4.2).

De acuerdo con investigaciones realizadas anteriormente la presencia de glauescencia o serosidad reduce la temperatura de la hoja y las pérdidas de agua además de evitar la senescencia en las hojas y espigas.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios y nivel de significancia en descriptores cualitativos D1 a D13 evaluados en materiales genéticos de cebada.

FV	GL	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8A	D10A	D11
GEN	8	9.333**	0.064NS	0.120NS	3.454**	1.667*	9.481**	19.917**	15.259**	1.648**	0.037**
REP	2	0.000	0.037	1.815	0.9259	1.444	0.148	0.000	0.148	0.704	0.037
E.E.	16	0.000	0.079	0.315	0.7175	0.611	0.148	0.333	0.231	0.204	0.037
D.E.		0	±0.28	±0.56	±0.85	±0.78	±0.38	±0.58	±0.48	±0.45	±0.28
C.V.		0	9.588	17.022	21.376	19.543	10.714	23.618	7.059	23.433	9.448

**Altamente significativo ($p \leq 0.01$); *Significativo ($p \leq 0.05$); NS= No significativo; FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; REP= Repeticiones; E.E.= Error experimental; CV= Porcentaje de Coeficiente de variación; DE= Desviación estándar.

D1= Habito de crecimiento (HAC)

D2= Hoja bandera intensidad del color de antocianinas en embuche (HBCAE)

D3= Hoja bandera coloración por antocianinas en la aurícula (HBICA)

D4= Frecuencia de la curvatura en la hoja bandera (FCHB)

D5=Hoja bandera verdor de la vaina (HBVV)

D6=Época de emergencia de la espiga (EMESP)

D7= Verdor de la espiga o glausencia (VEG)

D8A= Descriptor adicionado, glausencia del tallo (GT)

D10A= Descriptor adicionado, médula en la sección transversal (TGM)

D11= Posición de la espiga (PE)

Cuadro 4.2 Comparación de medias en los descriptores cualitativos D1 a D13 evaluados en nueve materiales de cebada.

GENOTIPO	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8A	D10A	D11
CANI-9	1.0 b	2.7 a	3.0 a	2.3 c	4.0 ab	3.0 b	1.0 d	8.0 b	2.0 a	2.0 b
CANI-10	5.0 a	3.0 a	3.3 a	4.0 a	4.3 a	3.0 b	1.0 d	4.0 d	1.0 b	2.0 b
CANI-129	5.0 a	3.0 a	3.3 a	3.7 bc	4.0 ab	3.0 b	1.0 d	8.0 b	2.6 a	2.0 b
CANI-130	5.0 a	3.0 a	3.3 a	4.3 a	4.0 ab	3.0 b	1.0 d	8.3 a	1.0 b	2.0 b
GABYAN-95	5.0 a	2.7 a	3.0 a	5.7 a	2.7 c	8.3 a	1.3 d	7.6 b	2.3 a	2.0 b
ALICIAN-221	5.0 a	3.0 a	3.3 a	4.3 a	3.0 b	3.0 b	1.0 d	6.0 c	2.6 a	2.0 b
ARMIDA	1.0 b	3.0 a	3.3 a	2.3 c	4.3 a	3.0 b	2.0 c	6.0 c	2.6 a	2.0 b
ESPERANZA	5.0 a	3.0 a	3.7 a	4.7 a	5.0 a	3.0 b	8.0 a	8.0 b	1.0 b	2.0 b
CANB-22	5.0 a	3.0 a	3.3 a	4.3 a	4.7 a	3.0 b	5.6 b	9.0 a	2.0 a	2.3 a

Medias seguidas por la misma lateral no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

D1= Habito de crecimiento (HAC)

D2= Hoja bandera intensidad del color de antocianinas en embuche (HBCAE)

D3= Hoja bandera coloración por antocianinas en la aurícula (HBICA)

D4= Frecuencia de la curvatura en la hoja bandera (FCHB)

D5=Hoja bandera verdor de la vaina (HBVV)

D6=Época de emergencia de la espiga (EMESP)

D7= Verdor de la espiga o glaucesencia (VEG)

D8A= Descriptor adicionado, glaucesencia del tallo (GT)

D10A= Descriptor adicionado, médula en la sección transversal (TGM)

D11= Posición de la espiga (PE)

D7. Época de emergencia de la espiga

En Cuadro 4.1 anterior, se muestran diferencias altamente significativas en este descriptor (Cuadro 4.1); donde la var Esperanza presento una emergencia muy tardía, seguida en el grupo estadístico a CANB-22 como intermedio, así como a la var Armida como precoz. Sin embargo, destacaron GABYAN95, ALICIAN221, CANI-9, CANI-10, CANI-129 y CANI-130 como genotipos con una emergencia muy precoz (Cuadro 4.2). La emergencia de la espiga es una etapa fenológica lo cual se describe utilizando la escala de Zadoks después de la etapa de embuchamiento.

D8 adicional y D10, Glauescencia y verdor del cuello de la espiga.

En el análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas entre los genotipos en la glauescencia (Cuadro 4.1), indicando que al menos uno de los genotipos presentó esta característica diferente al resto. En la prueba de comparación de medias, efectivamente se reflejó que CANB-22 y CANI-130 presentaron el mayor nivel de glauescencia (Figura 4.3), como muy fuerte; seguidos de CANI-9, CANI-129 y Esperanza con un nivel fuerte; mientras que Armida y ALICIAN221 fue muy débil o ausente (Cuadro 4.2).



Figura 4.3 En planta en la etapa 65-75 escala de Zadoks, descriptor D10: espigamiento completo y presencia de glauescencia.

D10. Adicional, tallo: medula en la sección transversal

Los resultados del análisis estadístico mostraron una diferencia altamente significativa en este descriptor, indicando que al menos un genotipo tiene diferente grosor en este carácter descriptivo (Cuadro 4.1). Al cortar los pedúnculos para poder evaluar el grosor de la medula en la sección transversal de acuerdo con las observaciones CANI-10, CANI-130 y Esperanza presentaron una clasificación delgada (Figura 4.4 B) y de acuerdo con los resultados de la comparación de medias formaron el segundo grupo estadístico (Cuadro 4.2); mientras que CANB-22, CANI-129, GABYAN95, ALICIAN221, Armida y CANI-9 presentaron un grosor medio (Figura 4.4 A).

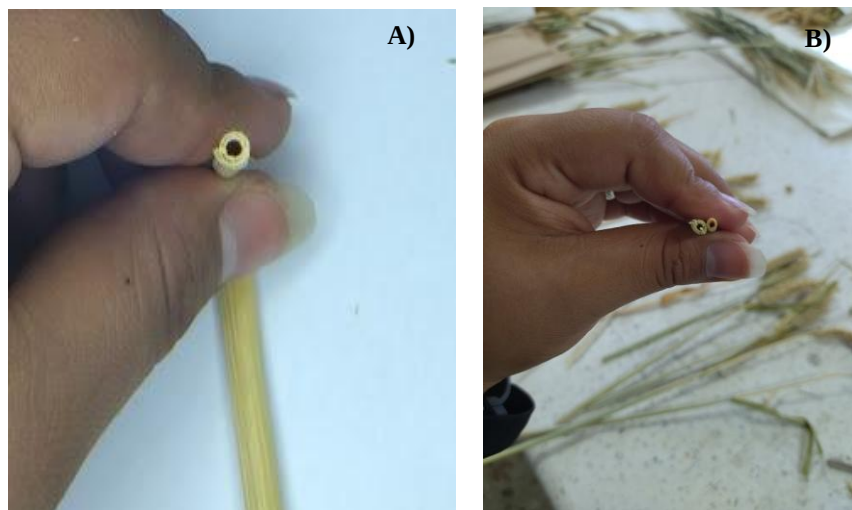


Figura 4.4 Grosor de la medula en la sección transversal. A) grosor medio y, B) medula delgada.

D11, D13, D14. Posición, espiga número de hileras y forma de la espiga

El análisis estadístico en el descriptor de la posición de espiga (D11) se encontró una alta diferencia significativa (Cuadro 4.1); distinguiendo a la línea CANB-22 con una posición de espiga como semi-erecta a diferencia del resto de materiales donde se identificaron con una posición erecta (Figura 4.5).

Así mismo, en el número de hileras en la espiga (D13) todos los materiales se clasificaron con seis hileras, por lo que no hubo diferencias entre los genotipos estudiados (Figura 4.5).



Figura 4.5 En espiga en la etapa 92 escala de Zadoks, descriptor D11: posición y forma de la espiga (A) y (B); en etapa 100 escala de Zadoks, descriptor D13: número de hileras (C, D y E).

En cuanto a la forma de las espigas (D14), el análisis de varianza reflejó una diferencia altamente significativa entre los genotipos (Cuadro 4.3); destacando en la prueba de comparación de medias a CANI-129 y GABYAN95 al presentar una forma fusiforme (Cuadro 4.4); a diferencia del resto de los genotipos por tener una espiga con forma paralela (Figura 4.5).

D15. Espiga densidad considerando los segmentos del raquis

El análisis de varianza para este descriptor indicó diferencias altamente significativas entre los genotipos estudiados (Cuadro 4.3), teniendo al menos un genotipo con diferente dimensión en los segmentos del raquis de la espiga; al considerar la prueba de comparación de medias se reflejó que CANI-130 presento el nivel más alto caracterizado como laxa, seguidos CANI-9, CANI-10, CANI-129, GABYAN95 y ALICIAN 221 clasificados también como laxa; en cambio CANB-22, Esperanza y Armida se clasificaron con una densidad muy laxa (Cuadro 4.4).

D18 Arista. Textura

Los resultados obtenidos para este descriptor fueron muy evidentes en la diferenciación ya que las variedades Armida y Esperanza, así como CANB-22 presentaron espigas con aristas con una textura aserrada; mientras que CANI-10,

CANI-129, CANI-130, GABYAN95, ALICIAN221 y CANI-9 su clasificación fue de ausente ya que no presentaron aristas, como se muestra en la Figura 4.6.



Figura 4.6 Espiga cosechada, descriptor D18: Textura de la arista aserrada (A, B y C); sin arista (D).

D20. Raquis, curvatura del primer segmento

En el análisis de varianza se encontró una diferencia altamente significativa en la curvatura del primer segmento del raquis (Cuadro 4.3), lo que indica que existió algún genotipo con características diferentes en la curvatura; que al realizar la prueba de comparación de medias, como se muestra el Cuadro 4.4, se reflejó que la var Armida se caracterizó con una curvatura fuerte (Figura 4.7 A); mientras que CANI-129, CANI-9, Esperanza, ALICIAN221, CANI-10 y CANB-22 presentaron una curvatura media; así como CANI-130 y GABYAN95 que se consideraron con una curvatura ausente o muy ligera (Figura 4.7 B).

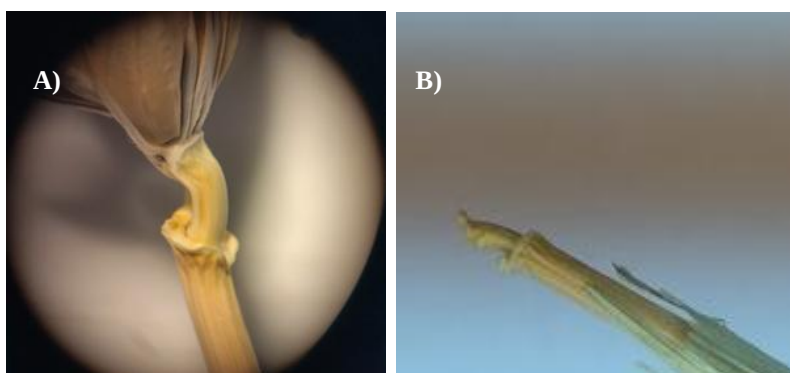


Figura 4.7 Espiga cosechada, descriptor D20: Longitud del primer segmento del raquis y curvatura, A) media y B) ausente o muy ligera.

Cuadro 4.3 Cuadrados medios y nivel de significancia en descriptores cualitativos D14 a D32 evaluados en materiales genéticos de cebada.

FV	GL	D14	D15	D20	D21	D22	D24	D26	D27	D32C	D32D
GEN	8	0.750**	2.66**	3.981**	1.065**	1.287**	0.509**	5.427**	2.9166*	2.950**	0.481**
REP	2	0.333	0.110	0.259	0.037	0.037	0.259	0.148	1.333	0.050	0.005
E.E.	16	0.083	0.194	0.467	0.037	0.120	0.134	0.356	2.417	0.067	0.005
D.E.		±0.28	±0.19	±0.68	±0.19	±0.35	±0.37	±0.60	±1.55	±0.26	±0.07
CV%		5.41	11.6	13.88	11.05	13.19	24.73	14.39	10.62	11.63	5.34

**Altamente significativo ($p \leq 0.01$); *Significativo ($p \leq 0.05$); FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; REP= Repeticiones; E.E.= Error experimental; CV= Porcentaje de Coeficiente de variación; DE= Desviación estándar.

Cuadro 4.4 Comparación de medias en los descriptores cualitativos D14 a D32 evaluados en nueve materiales de cebada.

GEN	D14	D15	D20	D21	D22	D24	D26	D27	D32C	D32D
CANI-9	5.3 b	2.0 b	4.7 bc	2.0 b	3.0 a	1.7 ab	5.0 b	1.0 b	3.2 ^a	1.8 a
CANI-10	5.0 b	2.0 b	4.6 bc	2.0 b	3.0 a	1.3 c	3.0 c	4.0 a	1.5 c	1.0 c
CANI-129	6.3 a	2.0 b	5.0 d	2.0 b	3.0 a	2.0 a	3.0 c	1.0 b	2.7 b	1.0 c
CANI-130	5.3 b	2.6 a	3.3 d	2.7 a	3.0 a	1.7ab	3.0 c	1.7 b	3.1ab	1.6 b
GABYAN-95	6.0 a	2.0 b	3.7 d	2.0 b	2.3 b	1.0 c	4.3 b	1.0 b	1.0 d	1.0 c
ALICIAN-221	5.0 b	2.0 b	5.0 b	2.0 b	1.0 c	1.0 c	7.0 a	1.0 b	1.2cd	1.0 c
ARMIDA	5.0 b	1.0 c	7.3 a	1.0 c	3.0 a	1.3 c	3.0 c	1.0 b	1.0 d	1.0 c
ESPERANZA	5.0 b	1.0 c	5.7 b	1.0 c	3.0 a	1.7 ab	4.7 b	1.3 b	3.2 a	1.8 a
CANB22	5.0 b	1.0 c	5.0 b	1.0 c	3.0 a	2.0 a	4.3 b	1.0 b	2.8ab	1.8 a

Medias seguidas por la misma lateral no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

D14= Forma de la espiga (FE)

D15= Densidad de la espiga (DE)

D20= Curvatura del raquis en el primer segmento (CRPS)

D21= Disposición de espiguillas (DE)

D22= Tamaño de la gluma en espiguillas medias (TGEM)

D24= Grano, tipo de pubescencia en la raquilla (GTPR)

D26= Grano, presencia de espículas en las nervaduras laterales internas (GPENLI)

D27= Grano, pubescencia en el surco ventral (GPSV)

D32C= Prueba de fenol semilla cubierta (PFSC)

D32D= Prueba de fenol semilla descubierta (PFSD)

D21. Espiguillas, disposición en el tercio medio de la espiga

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza para este descriptor, se encontraron diferencias altamente significativas entre los genotipos, como lo muestra el Cuadro 4.3. Debido a ello, al realizar la prueba de comparación se destacó a CANI-130 al tener una disposición en las espiguillas clasificadas como divergentes, señalado en el Cuadro 4.4; mientras que CANI-10, CANI-129, GABYAN95, ALICIAN221 y CANI-9 resultaron con una disposición paralela o ligeramente paralela; y por último a Esperanza, Armida y CANB-22 se clasificaron como paralelas (Figura 4.8).

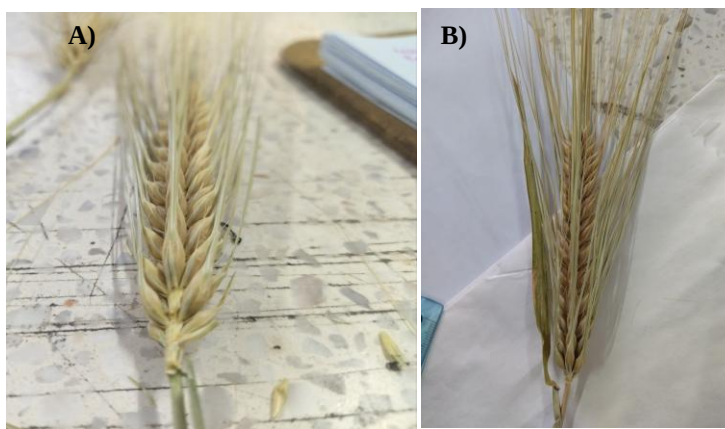


Figura 4.8 Espiga cosechada, descriptor D21: Espiguillas, disposición en el tercio medio de la espiga; A) ligeramente paralela y B) paralela.

D22. Espiguillas medias, tamaño de la gluma y aristas en relación del grano

En el Cuadro 4.3, se logra ver que en este descriptor existieron diferencias altamente significativas en materiales genéticos. En cuanto a los resultados de la prueba de medias señalados en el Cuadro 4.4, se observó que la var. ALICIAN221 sobresalió por presentar espiguillas cortas, asimismo la variedad GABYAN95 con un tamaño igual con relación al grano (Figura 4.9 A); mientras el resto de los genotipos presentaron espiguillas más largas (Figura 4.9 B).

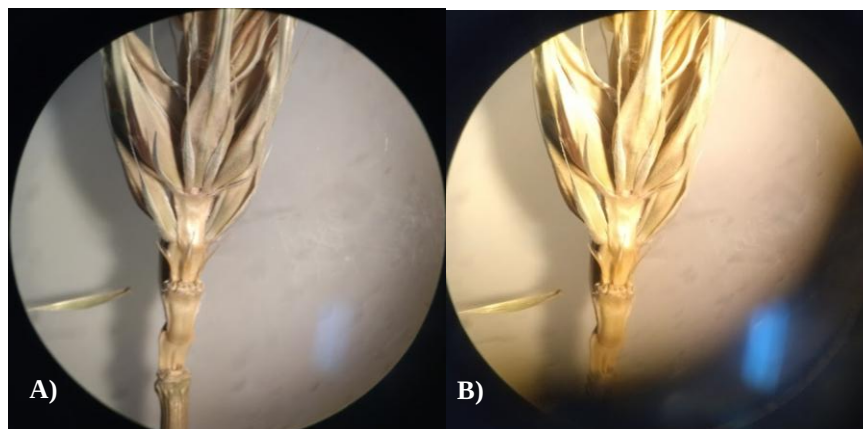


Figura 4.9 Espiga cosechada, descriptor D22: Arista tamaño comparado con la espiga.

D23. Grano, tipo de pubescencia en la raquilla

En cuanto al tipo de pubescencia en la raquilla, en el mismo Cuadro 4.3, el análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas en los materiales estudiados, destacando en la prueba de medias como primer grupo estadístico a CANB-22 y CANI-130, como se observa en el Cuadro 4.4; seguidos en el mismo grupo CANI-129, Esperanza y CANI-9 al presentar pelos largos, y como tercer grupo a los genotipos CANI-10, GABYAN95, ALICIAN22 y Armida presentaron pelos cortos en el grano (Figura 4.10 B).

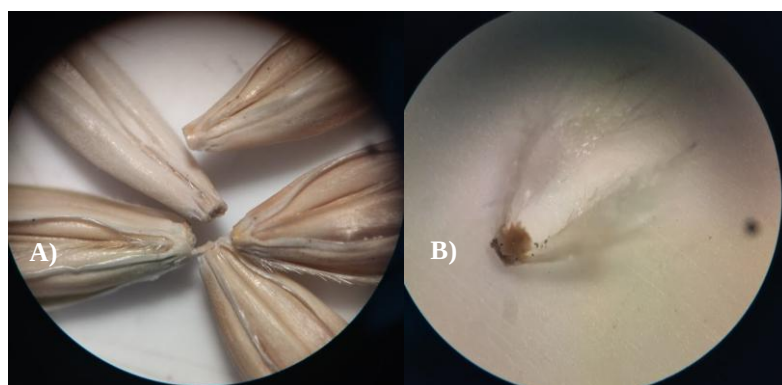


Figura 4.10 Descriptor 24 y 25: Tipo de pubescencia en la raquilla, presencia o ausencia de glumas. A) presencia de glumas y B) Pelos cortos.

Así mismo, todos los materiales del estudio presentaron los granos con presencia de glumas, descriptor D25, como se observa el ejemplo de la Figura 4.10 A. Además de observar que las nervaduras de la lema coloreada por antocianinas en el grano fueron de color claro.

D26. Presencia de espículas en las nervaduras laterales internas y dorsales de la lema

Los resultados del análisis de varianza indicaron que en la presencia de espículas en las nervaduras laterales internas existió diferencia entre genotipos, señalado el nivel significancia en el Cuadro 4.3. Por ello, al realizar la prueba de medias DMS al 0.05%, se encontró que la var ALICIAN221 tuvo presencia de espículas, estando en el primer grupo estadístico en el Cuadro 4.4 y como se muestra en Figura 4.11A; mientras que GABYAN95, CANI-9 Esperanza y CAMB-22 presentaron una visión media, como el segundo grupo; y CANI-10, CANI129, CANI-130 y Armida no presentaron evidencia de espículas.

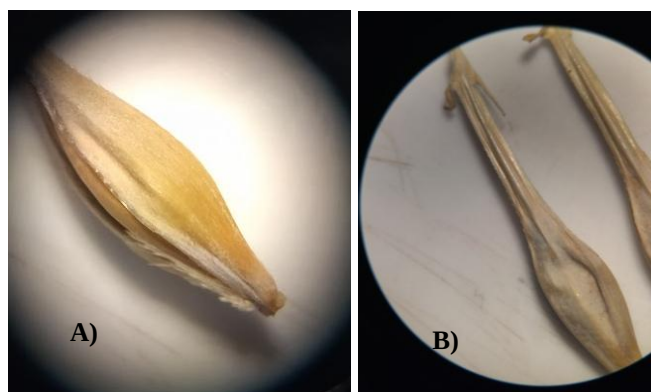


Figura 4.11 Descriptor D26: Presencia de espículas en las nervaduras laterales internas y dorsales de la lema.

D27. Pubescencia en el surco ventral

Con respecto al análisis de varianza en este descriptor varietal, pubescencia en el surco ventral, se registró una diferencia significativa, indicando que alguno de los materiales genéticos presentó alguna diferencia (Cuadro 4.3). Dado lo anterior, en la prueba de medias destacó CANI-10 por presentar pubescencia, como se señala

en el Figura 4.12 y el Cuadro 4.4; a diferencia del resto de los genotipos que se clasificaron como ausentes al no presentar pubescencia en el surco ventral.

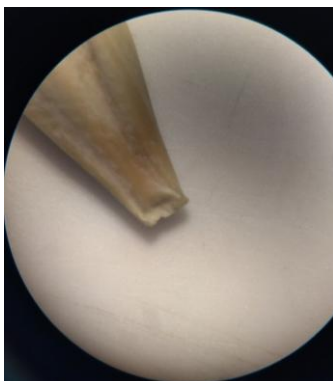


Figura 4.12 Pubescencia en el surco ventral, dado

D28 y D29. Grano, disposición de lodículos, color de la capa de aleurona

En estos descriptores, la presencia de lodiculos en los genotipos evaluados se observó que todos se posicionaron de manera lateral (Figura 4.13), indicando que no existieron diferencias estadísticas; así como la coloración de la capa de aleurona se observó que todos los materiales presentan una coloración blanca.

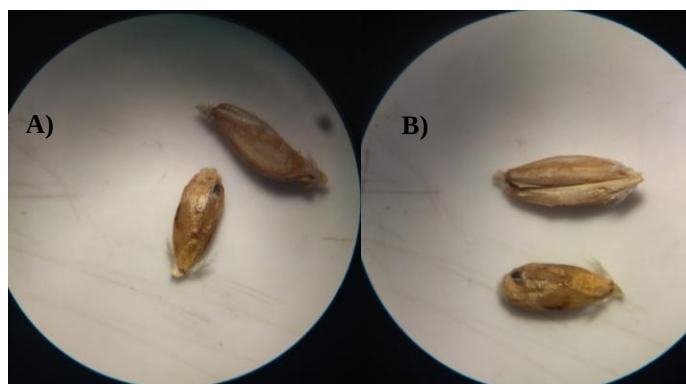


Figura 4.13 Descriptor D28: Disposición de lodículos.

D30, D31. Grano, lema y palea

Al igual que los descriptores anteriores, en el cubierto tanto del lema como de palea (cáscara) como se observa en la Figura 4.14.

Todos los materiales tienen un tipo de estacionalidad de tipo primaveral de acuerdo con ciclo de producción que fueron evaluados, por lo que se consideraron sin diferencias estadísticas.

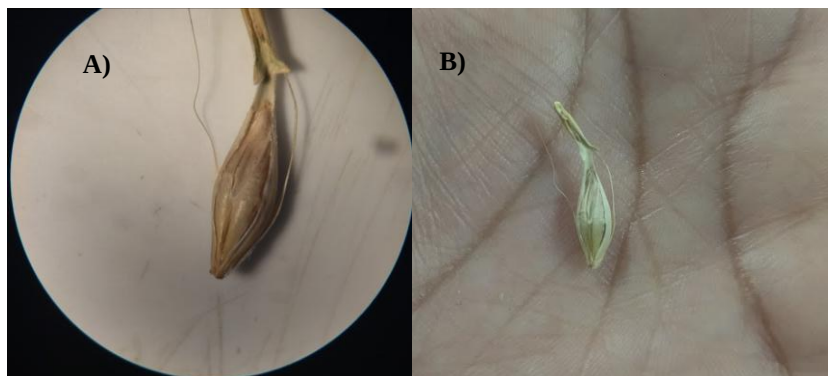


Figura 4.14 Descriptor D30: Grano cubierto por del lema y palea.

D32. Prueba de fenol

En cuanto a los resultados del análisis de varianza en este descriptor, ambos métodos de evaluación con semilla cubierta (lema y palea, D32C), así como semilla desnuda (D32D) presentaron diferencias altamente significativas (Cudaro 4.3), indicando que entre los genotipos existió al menos un material con diferente respuesta a la reacción de fenol.

Al realizar la prueba de comparación de medias se encontró que, en la semilla cubierta los materiales CANB-22, Esperanza, CANI-9 y CANI-130 obtuvieron poca reducción en los azúcares presentando un color claro o sin color y señalado como el primer grupo estadístico en el Cuadro 4.4; mientras que el resto de los genotipos se identificaron como café medio (Figura 4.17) y formando el segundo grupo estadístico.

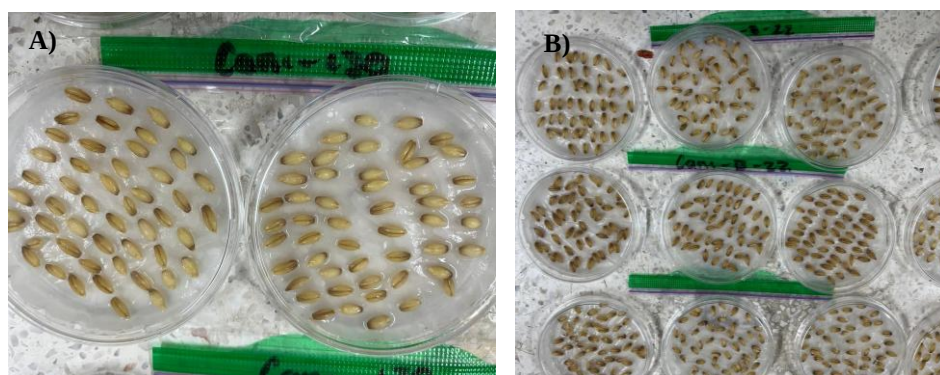


Figura 4.15 Descriptor D32: Prueba de fenol A) claro o nulo y B) café medio.

En cambio, con el método de semillas desnudas, se confirmó que CANB-22, CANI-130, Esperanza y CANI-9 presentaron un color claro o sin color, así como el resto de los genotipos presentaron coloración café medio (Cuadro 4.4).

Descriptores cuantitativos

D8 y D9 Coloración por antocianinas e intensidad de coloración en planta y en semilla

Los resultados del análisis de varianza indicaron que no existe diferencia significativa en la coloración por antocianinas en los materiales genéticos, al caracterizarse sin color en los coleóptilos una vez expuestos a luz por tres días (Figura 4.16 B).

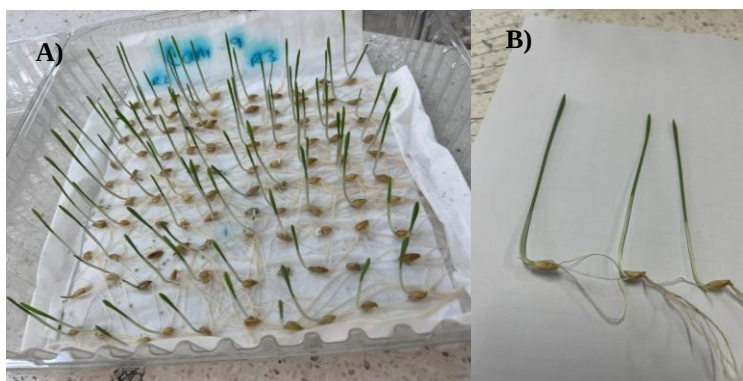


Figura 4.16 Coloración por antocianinas e intensidad de coloración, plantas sin coloración; A) Implementación de la prueba y B) Coloración nula.

D12. Altura de la planta

En cuanto al descriptor altura de planta, los resultados del análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas como se muestra en el Cuadro 4.5; indicando que al menos un material genético se caracterizó diferente al resto.

Así mismo, al realizar la prueba de comparación de medias entre los genotipos, se reflejó el alto valor de la planta en GABYAN95 registrando hasta 104.39 cm, formando el primer grupo estadístico, seguidos ALICIAN221 y Armida con 96.27 y 93.5 cm, respectivamente (Cuadro 4.6); mientras que CANI-129 y Esperanza presentaron las menores alturas, formando el último grupo estadístico.

Cuadro 4.5 Cuadrados medios y nivel de significancia en descriptores cuantitativos D12, 16, D17 y D19, evaluados en materiales genéticos de cebada.

Fuente de variación	GL	D12	D16	D17	D19
Genotipos	8	278.59**	1.41 ^{NS}	19.24**	0.02**
Repeticiones	2	5.39	0.69	0.37	0.00
Error Exp.	16	6.02	1.85	0.27	0.00
Desv. Estándar		±2.45	±1.36	±0.52	±0.04
CV%		2.79	15.55	4.89	11.43

**Altamente significativo ($p \leq 0.01$); NS= No significativo; GL= Grados de libertad; CV= Porcentaje de Coeficiente de variación; D12= Altura de la planta (cm); D16= Longitud de la espiga (cm); D17= Tamaño de la arista (cm); D19= Longitud del primer segmento del raquis (mm)

Cuadro 4.6 Resultados de la prueba de comparación de medias en descriptores cuantitativos D12, 16, D17 y D19, evaluados en materiales genéticos de cebada.

GENOTIPO	D12	D16	D17	D19
CANI-9	86.98_d	9.287_a	0.0_c	0.505_a
CANI-10	83.47_d	8.768_a	0.0_c	0.349_bc
CANI-129	76.89_e	8.468_a	0.0_c	0.373_bc
CANI-130	84.16_d	8.267_a	0.0_c	0.230_d
GABYAN-95	104.39_a	9.659_a	0.0_c	0.320_c
ALICIAN-221	96.27_b	8.388_a	0.0_c	0.345_bc
ARMIDA	93.50_bc	8.872_a	14.56_a	0.404_b
ESPERANZA	73.80_e	7.456_a	13.91_ab	0.238_d
CANB-22	91.79_c	9.464_a	13.65_b	0.360_bc

Medias seguidas por la misma lateral no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$); D12= Altura de la planta (cm); D16= Longitud de la espiga (cm); D17= Tamaño de la arista (cm); D19= Longitud del primer segmento del raquis (mm).

D16 Longitud de la espiga incluyendo aristas

Con respecto a la longitud de espiga, el análisis de varianza mostrado en el Cuadro 4.5, indicó que no existieron diferencias estadísticas en los materiales genéticos estudiados teniendo longitudes desde 7.4 a 9.45 cm (Figura 4.17), formando un solo grupo estadístico. Este descriptor es una característica morfológica que tiene una gran importancia en el mejoramiento genético y la caracterización agromorfológica, ya que actúa como indicador clave de productividad y rendimiento.

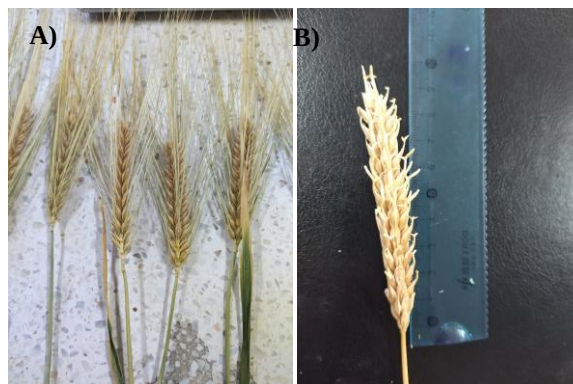


Figura 4.17 Descriptor D16: Longitud de la espiga incluyendo aristas.

D17. Arista tamaño comparado con la espiga

El análisis de varianza resultante de este descriptor mostró una diferencia altamente significativa, indicado en el Cuadro 4.5, y en cuanto los resultados de la prueba de comparación de medias confirmo la característica evidente de los genotipos CANB-22, Esperanza y Armida están clasificados como materiales barbados y presentaron un tamaño de arista de 13 a 15 cm (Figura 4.18); en contraste CANI-10, CANI-129, CANI-130, GABYAN95, ALICIAN221 y CANI-9 clasificados materiales no barbados o imberbes al tener ausencia de aristas, como se muestra en el Cuadro 4.6.



Figura 4.18 Descriptor D17: Arista tamaño comparado con la espiga.

D19. La longitud del primer segmento del raquis

En el mismo Cuadro 4.5, se describe que los genotipos estudiados presentaron diferencias altamente significativas en este descriptor D19; y en la prueba de medias se evidenció que la línea CANI-9 presentó la mayor longitud del primer segmento de 0.505 cm (Figura 4.19), formando el primer grupo estadístico, seguidos los genotipos CANI-10, CANI-129, ALICIAN221, Armida y CANB-22 con valores de 0.40 a 0.36 cm; y como último grupo estadístico a CANI-130 con la menor longitud de 0.23 cm, desterrminando su diferenciación con respecto a al resto.



Figura 4.19 Descriptor D.19: Longitud del primer segmento del raquis.

D33. Calidad física de las semillas

En la calidad física de los materiales evaluados, el análisis de varianza mostró que para las variables contenido de humedad y peso volumétrico se tuvieron diferencias altamente significativas, reflejando que al menos uno de los genotipos presentó un valor estadísticamente diferente en estos parámetros (Cuadro 4.7).

Por ello, en la prueba de comparación de medias se encontró que ALICIAN221, Armida y Esperanza un contenido relativamente alto de humedad desde 7.8 a 7.70 % (Cuadro 4.8), estando en los valores aceptables para una buena conservación de la semilla. Mientras en el peso volumétrico se encontró de la var Armida con el mayor valor de 65.5 Kg/HL formando el primer grupo estadístico, seguidos Esperanza y CANB-22, ambas con un valor de 63.4 Kg hL⁻¹.

Cuadro 4.7 Cuadrados medios y nivel de significancia en pruebas físicas y fisiológicas (D33 y D34) evaluadas en los materiales genéticos de cebada.

FV	GL	CH (%)	PV (Kg hL ⁻¹)	PCS (gr)	GER (%)	VIGOR PC (%)	VIGOR PS (gr)
Genotipos	8	0.610**	39.858**	0.409**	17.259*	37.083NS	0.005**
Repeticiones	2	0.225	0.267	0.005	57.481	7.444	0.0001
Error Exp.	16	0.0206	0.0683	0.1653	14.3981	38.3194	0.0006
Desv. Est.		±0.143	±0.261	±0.076	±3.794	±6.190	±0.024
C.V.%		1.9734	0.4375	13.0764	4.2230	6.8191	5.9561

**Altamente significativo ($p \leq 0.01$); *Significativo ($p \leq 0.05$); NS= No significativo; FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; Error Exp.= Error experimental; Desv.Est.= Desviación estándar, CV= Porcentaje de Coeficiente de variación; CH= Contenido de humedad; PV= Peso volumétrico; PCS= Peso de cien semillas; GER= Germinación (Plántulas normales); PC= Primer conteo 4 días (vigor); PS= Peso seco de plántula (vigor).

Cuadro 4.8 Comparación de medias en pruebas físicas y fisiológicas (D33 y D34) evaluadas en los materiales genéticos de cebada.

GENOTIPOS	CH (%)	PV (Kg hL ⁻¹)	PCS (gr)	GER (%)	VIGOR PC (%)	VIGOR PS (gr)
CANI-9	6.833 de	57.43 e	3.912 bc	91.66 ab	93.66 ab	0.454 ab
CANI-10	6.800 de	57.67 e	4.039 b	86.67 b	88.66 ab	0.450 ab
CANI-129	6.700 e	55.10 g	3.731 e	94.33 a	95.33 a	0.411 bc
CANI-130	7.033 d	56.30 f	3.744 de	91.66 ab	83.00 b	0.462 a
GABYAN-95	7.467 bc	58.13 d	3.422 f	87.33 b	92.33 ab	0.339 d
ALICIAN-221	7.867 a	60.67 c	3.235 g	88.66 ab	90.66 ab	0.359 d
ARMIDA	7.767 a	65.53 a	4.035 b	88.66 ab	90.00 ab	0.403 c
ESPERANZA	7.70 ab	63.37 b	3.871 d	89.66 ab	92.00 ab	0.426 ab
CANB-22	7.367 c	63.37 b	4.510 a	90.00 ab	91.33 ab	0.435 ab

Medias seguidas por el mismo superíndice no difieren significativamente ($p \leq 0.05$); CH= Contenido de humedad; PV= Peso volumétrico; PCS= Pesos de cien semillas; GER= Germinación (Plántulas normales); PC= Primer conteo 4 días (vigor); PS= Peso seco de plántula (vigor).

De acuerdo al análisis estadístico se encontró una diferencia altamente significativa para variable peso de cien semillas, como se muestra en el Cuadro 4.7. Asimismo, en la prueba de comparación de medias, el genotipo CANB-22 presentó el valor más alto con 4.5 g, siendo superior y formando el primer grupo, caracterizado el

grano como más pesado de los genotipos estudiados; le continuaron en peso CANI-10, Armida y CANI-9 presentando valores de 4.04, 4.03 y 3.91 respectivamente, señalados en el Cuadro 4.8, como el segundo grupo estadístico; a diferencia de GABYAN95 y ALICIAN22 que presentaron los valores más bajos de 3.42 y 3.23 g respectivamente.

D34. Calidad fisiológica de semillas

En el Cuadro 4.7, los resultados del análisis de varianza para la prueba de germinación indicaron diferencia significativa en los materiales genéticos, formando dos grupos estadísticos como resultado de la prueba de medias, donde se destacan la mayoría de los genotipos con valores de germinación desde 95.33 a 88.66% (Figura 4.20), destacando a CANI-129 con el mayor porcentaje (Cuadro 4.8); en cambio, los más bajos valores los tuvieron CANI-10 y GABYAN95 con 86.67 y 87.33 % respectivamente. Sin embargo, a pesar de que fueron bajos, siguen siendo de alta calidad fisiológica.

Con respecto a las pruebas de vigor, en un primer conteo a cuatro días, no se encontraron diferencias significativas entre los materiales genéticos, presentando porcentajes desde 83 a 93% de germinación (Cuadro 4.8), y en cuanto al peso seco de plántulas, el análisis de varianza reflejó diferencia altamente significativa, donde CANI-130, CANI-9, CANI-10, Esperanza y CANB-22 obtuvieron la mayor acumulación de peso seco desde 0.462 a 0.426 gr por plántula; y los más bajos fueron GABYAN95 y ALICIAN221 con valores de 0.339 y 0.359 en forma repetitiva.



Figura 4.20 Calidad fisiológica de semillas mediante la prueba de germinación.

V. CONCLUSIÓN

La evaluación de las características cualitativas y cuantitativas permitió identificar la variabilidad fenotípica entre las líneas experimentales y las variedades comerciales de cebada estudiadas, observándose diferencias principalmente en caracteres relacionados con hábitos de crecimiento, glauescencia, forma y densidad de espiga, así como en los parámetros de calidad del grano y la semilla.

Las diferencias más notables se presentaron en caracteres como el hábito de crecimiento, donde CANI-9 mostró porte erecto; la glauescencia del tallo y espiga; destacando CANI-9 y Esperanza por presentar niveles fuertes o muy fuertes; además de la densidad y forma de espiga, en las que CANI-130, Armida, Esperanza y CANB-22 mostraron espigas laxas o muy laxas. Asimismo, se observaron variaciones en la disposición de espiguillas, textura de aristas y curvatura del raquis, lo que evidencia una importante diversidad morfológica entre los genotipos.

En relación con las características del grano y la semillas, se detectaron diferencias en la pubescencia de la raquilla, visibilidad de espículas y coloración de fenol de la semilla, sobresaliendo Esperanza y algunas líneas como CANI por presentar tonalidad café de distinta intensidad, mientras que las variedades GABYAN95, ALICIAN221 y Armida mostraron ausencia de coloración.

Por otro lado, varios descriptores fueron similares entre los materiales genéticos, indicando estabilidad en ciertos caracteres agronómicos y morfológicos de la especie. En conjunto, los resultados demuestran que existe suficiente variabilidad fenotípica para diferenciar claramente las líneas experimentales y variedades comerciales, lo cual representa una base importante para procesos de selección, caracterización varietal y programas de mejoramiento genético de cebada.

VI. BIBLIOGRAFÍAS

- Bothmer, R, Sato, K, Komatsuda, T, Yasuda, S and Fischbeck, G. (2003). The domestication of cultivated barley. In Diversity in Barley. Ed. Bothmer R Von. Hintum T van, Knüpfner H, Sato K. Elsevier Science B.V., Amsterdam, NL p. 127.
- Calzada J. I., Gil, A., Espitia., Huerta, J., Zamora, J. L., Soltero, D., Mariscal, L. A., & Vázquez. M. (2017). Potencial productivo de cebada en México. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257069/Potencial-Cebada.pdf>.
- Carvajal, M. (1983). Nuevo grupo de patogenicidad de *Rhynchosporium secalis* (causante de la escaldadura de la cebada) en México. *Scientia Fungorum*, (18), 267-273
- Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) (2024). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) Edición: Anual (Octubre 2024) Núm. 21. 159 pg.
- Díaz, M. Z., Perches, M. Á. Á., Vázquez, F. P. G., Rodríguez, J. J. G., & Vázquez, A. J. G. (2025). Monserrat (D): variedad de cebada de riego para El Bajío. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 16(8), 20.
- Esquivel Higuera, Vicente, & Jasso García, Yesenia. (2014). Distribución espacial y mapeo de gusano soldado en seis localidades del Estado de México, en el año 2011. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(6), 923-935. Recuperado en 03 de junio de 2026, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000600002&lng=es&tlng=es

- Gilchrist-Saavedra, L. G., Fuentes-Dávila, C. Martínez-Cano, R.M. López-Atilano, E. Duveiller, R.P. Singh, M. Henry e I. García A. (2005). Guía práctica para la identificación de algunas enfermedades de trigo y cebada (2.^a ed.). Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
- González González, M., Zamora Díaz, M. R., Solano Hernández, S., Huerta Zurita, R., Gómez Mercado, R., & Rojas Martínez. (2021). Mejoramiento genético de cebada en el INIFAP (1985-2020). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2807>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (19 de septiembre de 2022). Cebada maltera de temporal en Valles Altos de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: <https://www.gob.mx/inifap/articulos/cebada-maltera-de-temporal-en-valles-altos-de-mexico>.
- Mapcarta. (2024). Mapcarta.com. Recuperado el 10 de noviembre de 2024, de <https://mapcarta.com/es/29904866>
- McDonald, B. A., & Mundt, C. C. (2016). How knowledge of pathogen population biology informs management of *Septoria tritici* blotch. *Phytopathology*, 106(9), 948-955.
- Pinedo, T. R., Rojas, I. F., & Bautista, C. M. (2020). Manual del cultivo de cebada. Universidad Nacional Agraria La Molina, Primera edición. Q&P Impresores S.R.Ltda. Jauja Perú. 46 pag.
- Torres Vásquez, A. C. (2023). Evaluación de MOB's aplicados al cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y alfalfa (*Medicago sativa* L.) para determinar su efectividad en el crecimiento. Tesis de grado. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24954>

- UPOV TG/19/11 corr. cebada. (2018-2025). Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Obtenido de (TG/19/11 Corr. Cebada, 2018-09-20 + 2025-09-24; <https://www.upov.int/documents/d/upov/tg-documents-es-tg019.pdf>),
- UPOV. (s.f). Acerca de la UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). <https://www.upov.int/es>
- Velasco-Laiton, Y., Sana-Pulido, W., & Morillo-Coronado, A. C. (4 de mayo de 2020). Caracterización agromorfológica de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el Municipio de Chivatá, Boyacá, Colombia. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: <https://www.redalyc.org/pdf/3808/380878989010.pdf>
- Zadoks, J.C., Chang, T.T. and Konzak, C.F. (1974) A Decimal Code for the Growth Stages of Cereals. *Weed Research*, 14, 415-421.
- Zamora, D. M. R., Pérez, R. J. A., Huerta, Z. Rurita., López, C. M L., Gómez, R. (2017). Maravilla: variedad de cebada forrajera para Valles Altos de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* Vol.8 Núm.6. 1449-1454.
- Zamora Díaz, Mauro, Solano Hernández, Salomón, Garza García, Ramón, Islas Gutiérrez, Juan, Huerta Zurita, Ramón, & López Cano, Martha. (2010). Armida, nueva variedad de cebada maltera para riego en El Bajío. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(5), 723-726.