

Caracterización agromorfológica de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el Municipio de Chivatá Boyacá, Colombia*

Agromorphological characterization of barley (*Hordeum vulgare* L.) in the Municipality of Chivatá Boyacá, Colombia

Caracterização agromorfológica de cevada (*Hordeum vulgare* L.) no Município de Chivatá Boyacá, Colombia

YURANI VELASCO-LAITON¹, WILLIAM SANA-PULIDO², ANA MORILLO-CORONADO³

Historial del Artículo

Recibido para evaluación: 27 de Febrero 2020.

Aprobado para publicación: 4 de Mayo 2020.

* Proyecto de investigación de origen: para optar por el título de ingeniero agrónomo, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Financiación: Fenalce sede Tunja. Culminación: 16 de septiembre de 2018.

- 1 Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad Ciencias Agropecuarias. Ingeniero Agrónomo, Tunja, Colombia. <http://orcid.org/0000-0003-3125-0697>
- 2 Federación Nacional de Cerealeros (FENALCE). Ingeniero Agrónomo, Tunja, Colombia <https://orcid.org/0000-0001-8443-4022>
- 3 Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad Ciencias Agropecuarias, Grupo CIDE, Docente Asociado UPTC, Tunja, Colombia. <http://orcid.org/0000-0003-3125-0697>

Correspondencia: ana.morillo@uptc.edu.co

Cómo citar este artículo: YURANI VELASCO-LAITON, WILLIAM SANA-PULIDO, ANA MORILLO-CORONADO. Caracterización agromorfológica de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el Municipio de Chivatá Boyacá, Colombia. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 18(2), 2020, 103-117, DOI: [http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(18\)103-116](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(18)103-116)

RESUMEN

La cebada es uno de los cereales más importantes a nivel mundial. En Boyacá, Colombia, sus áreas de siembra han disminuido, entre otras causas, por la falta de materiales genéticos sobresalientes. Esta investigación tuvo como objetivo caracterizar morfoagronómicamente 83 accesiones de la colección base de germoplasma de FENALCE, en Chivatá, Colombia. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar y los descriptores del IPGR. Se obtuvo que el color de la aurícula, forma de la arista y hábito de crecimiento no mostraron alta variabilidad, contrario a los rasgos asociados al rendimiento y la reacción a roya (*Puccinia* spp.). Los cuatro primeros componentes explicaron más del 70% de la variación. En el grupo uno se encontraron las accesiones con características agronómicas deseables: MALTERA 2, MALTERA 5, CB CUCHUQ 163, CB CUCHU L 128, CB XVII MISE 6, CB 195 COS -01-03, CB 117 SULBATE, CB 52 ONSLON, CB 143 PM - 17 X POLA, CB 92 PAX, CB 125 BONANZA, CB 197 COPELAND, CB 184 (PTRIN), CB 84 JUBILANT, CB 38 ROMANTIK, CEBADA L12 NAR, CB CUCHUQ 66, CEBADA L1 5B NAR y CB 221 556-564, las cuales pueden ser tenidas en cuenta en programas de mejoramiento genético en Boyacá.

ABSTRACT

Barley is one of the most important cereals worldwide. In Boyacá, Colombia, its planting areas have decreased, among other causes, due to the lack of outstanding genetic materials. This research aimed to characterize morphoagronomically 83 accessions from the FENALCE germplasm base collection, in Chivatá, Colombia. A completely randomized block design and the IPGR descriptors were used. It was found that the color of the auricle, the shape of the awn and the growth habit did not show high variability, contrary to the traits associated with yield and the reaction to rust (*Puccinia* spp.). The first four components explained more than 70% of the variation. In group one, accessions with desirable agronomic characteristics were found: MALTERA 2, MALTERA 5, CB CUCHUQ 163, CB CUCHU L 128, CB XVII MISE 6, CB 195 COS -01-03, CB 117 SULBATE, CB 52 ONSLON, CB 143 PM - 17 X POLA, CB 92 PAX, CB 125 BONANZA, CB 197 COPELAND, CB 184 (PTRIN), CB 84 JUBILANT, CB 38 ROMANTIK, CEBADA L12 NAR, CB CUCHUQ 66, CEBADA L1 5B NAR and CB 221 556-564, which can be taken into account in genetic improvement programs in Boyacá.

RESUMO

A cevada é um dos cereais mais importantes do mundo. Em Boyacá, Colômbia, suas áreas de plantio diminuíram, entre outras causas, devido à falta de materiais genéticos em circulação. O objetivo desta pesquisa foi caracterizar morfoagronomicamente 83 acessos da coleção de bases de germoplasma FENALCE, em Chivatá, Colômbia. O delineamento experimental foi em blocos casualizados e os descritores IPGR. Verificou-se que a cor do átrio, a forma da crista e o hábito de crescimento não apresentaram alta variabilidade, ao contrário das características associadas ao desempenho e à reação à ferrugem (*Puccinia*

PALABRAS CLAVE:

Cereal, Descriptor, Diversidad, Variación morfológica.

KEYWORDS:

Cereal, Descriptor, Diversity, Morphological variation.

PALAVRAS-CHAVE:

Cereal, Descritor, Diversidade, Variação morfológica.

spp.). Os quatro primeiros componentes explicaram mais de 70% da variação. No grupo um, foram encontrados acessos com características agrônomicas desejáveis: MALTERA 2, MALTERA 5, CB CUCHUQ 163, CB CUCHU L 128, CB XVII MISE 6, CB 195 COS -01-03, CB 117 SULBATE, CB 52 ONSLON, CB 143 PM - 17 X POLA, CB 92 PAX, CB 125 BONANZA, CB 197 COPELAND, CB 184 (PTRIN), CB 84 JUBILANT, CB 38 ROMANTIK, CEBADA L12 NAR, CB CUCHUQ 66, CEBADA L1 5B NAR e CB 221 556-564, que podem ser levados em consideração nos programas de melhoramento genético em Boyacá.

INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es una planta diploide ($2n = 2x = 14$ cromosomas), monoica y autógama, perteneciente a la familia Poaceae, originaria de Asia y ocupa el 9,4% de la superficie total de cereales cultivados en el mundo, aportando un 7,8% de la producción total [1,2,3]. Se encuentra representada por dos ecovariiedades: *distichum*, también conocida como cebada cervecera, y *vulgare*, nominada cebada forageira. Debido a su amplia adaptación agroecológica se cultiva comúnmente en zonas templadas, como cultivo de verano, y en zonas tropicales, como cultivo de invierno. Es rica en nutrientes porque tiene una alta concentración de carbohidratos, una concentración moderada de proteínas, un alto contenido de fibra dietética, especialmente β -glucano, y es una buena fuente de fósforo y potasio [4]. Es un cereal multipropósito que se utiliza para la alimentación animal y humana en variedad de formas como cebada perlada, harinas, copos, semolina y malta, en la producción de etanol o como cultivo asociado [5].

En Colombia se reporta que, durante el año 2017, se sembraron de este cereal 2.957 ha con una producción de 5.510 toneladas, siendo los principales departamentos productores Cundinamarca, Nariño y Boyacá [3]. El 10% de la producción nacional está destinada a los molinos de perlado y producción harinera (consumo humano), un 5% se vende a los agricultores como semilla, y el 85 % restante es utilizado por la industria cervecera y maltera [2]. Esa es la materia prima fundamental para la elaboración de cerveza, influyendo notablemente en la mayoría de sus características como cuerpo, sabor y aroma; esta bebida representa un 75% del gasto de los hogares colombianos en licores, con un consumo per cápita de 44 L/año siendo el tercer país con mayor consumo después de Brasil y México, moviendo alrededor de \$21,6 billones por año [2].

El proceso de domesticación de la cebada durante siglos ha influenciado su genética, acumulando gradualmente características importantes como raquis fuerte, espigas de seis carreras, cariósipide desnuda, número, forma, tamaño y viabilidad de la semilla, reducción de la dormancia, entre otras, obteniendo como resultado aquellas variedades locales que exhiben patrones abundantes de variación para caracteres cualitativos y cuantitativos y una amplia adaptación agroecológica a diferentes tipos de estrés bióticos y abióticos [6]. En efecto, se han realizado una gran cantidad de estudios sobre la diversidad genética en la cebada cultivada y silvestre. Éstos, son una herramienta importante que ayuda al mejoramiento de cultivos en la identificación de diversas líneas parentales para la hibridación y para introgresar genes deseables dentro de germoplasma élite [7,8].

El estudio de los recursos genéticos de cebada con base en sus características morfoagronómicas, bioquímicas y moleculares es todavía una herramienta importante para el manejo de las colecciones de germoplasma de cultivos ya que han permitido la identificación de duplicados, el establecimiento de colecciones núcleo, investigar las relaciones entre las variedades locales y sus especies silvestre y priorizar el material para su uso en programas de mejoramiento [9,10,11].

Caracterizar un germoplasma básicamente, significa identificar y describir las diferencias entre las accesiones. Además de la información sobre el origen del material (datos de pasaporte), normalmente también se consideran las diferencias relacionadas con el rendimiento agrícola de las accesiones, así como las botánicas relacionadas con los descriptores específicos de cada taxón [12].

Estudios de caracterización agromorfológica de germoplasma de cebada en diferentes regiones del mundo, han demostrado la existencia de variabilidad genética en distintas características asociadas al rendimiento del grano. Así, en el estudio de la evaluación de las características agromorfológicas de 20 accesiones de cebada de la colección núcleo del banco de germoplasma de Albania, encontraron variabilidad en las características altura de la planta, longitud de la espiga, densidad de la espiga, cubrimiento del grano y peso de 1000 granos [13]. Resultados que fueron corroborados en otros estudios [5,7] quienes al evaluar 2.517 accesiones de cebada del Instituto de Investigación Agrícola de la Zona de Transición de Eskisehir, en Turquía, encontraron una

serie de similitudes y diferencias fenotípicas entre los materiales de varios países, así como la existencia de una gran diversidad que se extiende entre y dentro del germoplasma de todo el mundo. Este cultivar ofrece una rica fuente de recurso genético para los mejoradores, para que desarrollen variedades mejor adaptadas a diferentes zonas agroclimáticas del mundo. Otros estudios han demostrado la influencia de los factores ambientales, ya sea de tipo espacial o temporal, influyendo en la expresión de las características morfológicas evaluadas y como estos factores pueden influir positiva o negativamente en el rendimiento de los materiales [14, 15, 16].

Con base en los resultados obtenidos en este tipo de investigaciones, se han podido obtener ganancias cualitativas y cuantitativas significativas, haciendo así más eficiente el proceso de selección y evaluación de materiales dentro de los esquemas que buscan la identificación de las mejores combinaciones parentales para generar poblaciones segregantes. A nivel internacional, también se ha evaluado el efecto de las mutaciones puntuales mediante la técnica TILLING (Targeting Induced Local Lesions IN Genoma) como una estrategia de premejoramiento y generación de poblaciones mutantes altamente variables para las características de interés [17].

En Colombia, se siembran los cuatro tipos de cebada, que resultan de la combinación del número de carreras en la espiga y la persistencia de las glumillas del grano: las de dos y seis carreras, cada una con granos desnudos y cubiertos. El objetivo principal del fitomejoramiento en cereales menores en el país, ha sido el obtener genotipos con adecuados rendimientos de grano, resistentes a las enfermedades, especialmente la roya (*Puccinia* spp.), y con una buena calidad [9]. El rendimiento es quizá la parte más importante, ya que determina que se siembre o no un genotipo dado, por parte de los agricultores. Estudios realizados demostraron el efecto diferencial de los componentes de rendimiento en materiales de cebada de dos y seis carreras, siendo de gran utilidad para la selección en campo y orientar las hibridaciones [9]. Por otra parte, la evaluación agronómica de nueve genotipos promisorios de cebada en el convenio FENALCE (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas) y Bavaria S.A. en la región alto-andina de Cundinamarca y Boyacá, permitió identificar dos genotipos promisorios de seis hileras y tres de dos [18].

Dentro de este contexto, el objetivo de esta investigación fue caracterizar morfoagronómicamente, en Chivatá, Colombia, 83 accesiones de cebada procedentes de la colección de Fenalce en las regionales de Nariño y Boyacá y explorar fuentes de variación para su uso futuro en programas de mejoramiento y conservación de cebada.

MÉTODO

Material Vegetal

Se evaluaron 83 accesiones de cebada (*H. vulgare*) de la colección base de cereales de FENALCE Boyacá, procedentes de las regionales de Nariño y Boyacá (Cuadro 1).

Localización

Para la evaluación morfoagronómica de las accesiones de cebada, éstas se establecieron en la finca La Vega de Agro Chivata, ubicada en la vereda la Siatoca del municipio de Chivatá Boyacá, ubicado a 2.811 m.s.n.m, latitud 5° 33' 28,3422" N y 73° 14' 30,894" W. Su temperatura promedio oscila entre los 11,4°C y 14,7°C, con una humedad relativa del 82% y precipitación promedio de 1000 mm anuales, con suelos arcillo-arenosos [19].

Implementación y conducción del experimento

Para la siembra se tomó un lote que anteriormente había sido cultivado con papa, por lo cual no requirió de desmalezado, se utilizó un surcador manual para establecer los surcos a 20 cm de distancia entre sí, con una densidad de siembra de 80 Kg/ha. Se realizó control cultural y químico para las malezas de hoja ancha y angosta. No se realizó control de enfermedades, debido a que uno de los objetivos del trabajo fue evaluar el grado de resistencia o susceptibilidad a patógenos como la roya. La cosecha y la trilla se realizaron de forma manual, para conservar la pureza genética de cada uno de los materiales, mientras que el secado del material se realizó a temperatura ambiente bajo techo.

El diseño experimental fue de bloques completamente al azar, en donde los tratamientos corresponden a cada una de las accesiones evaluadas; con cuatro repeticiones cada una. La unidad experimen-

Cuadro 1. Accesiones evaluadas de la colección base de cereales de Fenalce.

N°	Accesión	N°	Accesión
1	CB 186 TROPICAL -1	43	CB 23 ALEXIS
2	CB 3 I3 S1 09A	44	CB 202 NEMESIA
3	CB 1 TD 1 UPTC- 09 A	45	CB 30 PODOLGKIJ 8
4	CB XVII MISE 6	46	CB 155 BUSHE
5	L,2 TDR MELTALFE	47	CB 152 (110 112 TERM) SAN 17 A
6	CB - 7 T,D 25 UPTC -09 A	48	CB 205 PROPINO
7	CB METEALFE BY -09B	49	CB 3 NN (237)
8	CEB 1A SEL TROP1 I 39	50	CB 141 IRACA
9	CB -7 TD 39 UPTC -09 A	51	CB 221 556-564
10	CEB CC 3A 51-09 H	52	CB 167 (1102- 2 TREM)
11	CB 195 COS -01-03	53	CB 57 PCR- 91- 5B- 99
12	CB 117 SULBATE	54	CB 109 TX OID 265
13	CB 52 ONSLON	55	CB 10 MESTERNHAZI 153
14	CB 143 PM - 17 X POLA	56	NN 64 (233)
15	CB 180 BOHTIR	57	CB 137 IRACA
16	CB 92 PAX	58	CB 220 BRS BORMA
17	CB 125 BONANZA	59	CB 120 YANALA
18	CB 197 COPELAND	60	CB 173 TIPPER
19	CB 217 BRS GRETA	61	CB 139 IRACA
20	CB 175 TALLON	62	CB 118 POLA
21	CB 144 IRACA	63	CB 158 BUSHHELL XP
22	CB 172ZARJAN/ 8D	64	CB 243 IRACA
23	CB 255 IRACA	65	CB 218 BRS 195
24	CB 138 IRACA 3 X POLA - S11	66	162 X PM POLA
25	CB 196 CO3 -12-21	67	CB TROPICAL I ORG I9 35 SI 09A
26	CB 83 TERNO	68	87 IRACA SLADKO
27	CB 241 IRACA	69	CEBADA L11 NAR
28	231 NN 165	70	CEBADA L14 5B NAR
29	CB 184 (PTRIN)	71	CEBADA L3 5B NAR
30	CB 110 - TXOLP 274	72	CEBADA L9 NAR
31	CB 188 LAISA	73	CEBADA L2 5B NAR
32	CB 165 PM - 3 POLA	74	CEBADA L1 5B NAR
33	CB 138 BORUN	75	CEBADA L13 CB NAR
34	CB 225 TROPICAL -2	76	CEBADA L12 NAR
35	CB 210 SANTUARIO	77	CB ESPERANZA NAR
36	CB 5 bcardiniijal	78	CB L5 5B NAR
37	CB 191 BOUCLIN	79	MALTERA 2
38	CB 84 JUBILANT	80	MALTERA 5
39	CB 240 POWER	81	CB CUCHUQ 163
40	CB 38 ROMANTIK	82	CB CUCHUQ 66
41	135 IRACA	83	CB CUCHU L 128
42	CB 100 BONUS		

tal se estableció de manera aleatoria, que corresponde a cuatro surcos de cada material separados 0,20 m de distancia con una longitud entre surco de 5 m (longitud del surco 25 m). Se evaluaron 10 plantas al azar por cada material.

Caracterización Morfoagronómica

Una vez establecidas las accesiones en campo, se realizó la caracterización morfoagronómica empleando los descriptores y algunas variables de rendimiento agronómico [18,20]:

Hábito de crecimiento (HC). Se determinó de manera visual, a los 60 días después de emergencia, usando la escala: 1: erecto, 2: semierecto y 3: rastrero.

Vigor de la planta (VP). Se estimó de manera visual, calificando en escala de 1-9, considerando el porcentaje de germinación de las plantas y crecimiento homogéneo de la parcela, siendo 1 la menor calificación.

Color de aurícula. Se determinó visualmente cuando las plantas se encontraban en floración, tomando como referencia la hoja bandera, de acuerdo con la escala: 1: verde, 2: morado pálido, 3: morado y 4: morado oscuro.

Daño por enfermedades foliares. Se evaluó durante el ciclo del cultivo hasta grano lechoso, adoptando la escala: 0: no enfermedad y 5: espiga completamente negra por la presencia de patógenos foliares.

Días a espigamiento (DE). Se determinó considerando los días desde la siembra hasta el momento cuando más del 50% de las espigas, sobresalen más del 50% de la hoja bandera.

Altura de la planta (AP). Se midió, previo a la cosecha, tomando la altura desde el suelo hasta la espiga, sin considerar las aristas.

Porcentaje de volcamiento (PDV). Se evaluó durante la madurez del cultivo, de manera visual, estimando el grado de volcamiento.

Longitud de la espiga (LE). Se realizó la medición desde la base de la espiga hasta el ápice, sin considerar la longitud de la arista.

Número de hileras por espiga. Se determinó mediante observación directa, en la etapa de espigamiento a madurez: 1: dos filas, 2: tres a cinco filas y 3: seis filas.

Precocidad (P). Se tomó como días transcurridos desde la siembra hasta el punto de cosecha: 1: precoz (menos de 95 días), 2: semiprecoz (95-105 días), 3: semitardía (106-115 días) y 4: tardía (más de 115 días).

Porcentaje de roya foliar (*Puccinia* spp.)

Porcentaje de roya en espiga (*Puccinia* spp.). Se determinó durante el espigamiento y grano en estado lechoso, midiendo la incidencia en porcentaje (%).

Calificación de roya (*Puccinia* spp.). Se determinó durante el espigamiento y grano en estado lechoso. Usando la escala de Cobb, modificada por [18], la cual mide la incidencia en porcentaje (%) y la reacción como R: Resistente, MR: Moderadamente Resistente; MS: Moderadamente Susceptible y S: Susceptible.

Número de macollas por planta (NMP). Se evaluó al final del ciclo del cultivo, utilizando la escala: 1: escaso (menos de 4), 2: regular (4-6) y 3: abundante (más de 6).

Número de macollas efectivas (ME). Se determinó el número de macollas con espigas por planta, durante el proceso de maduración y secado.

Forma de la arista de la lema. Se realizó al momento en el que el grano llegó a secado, utilizando la escala 1: sin aristas, 2: arista corta, 3: arista larga, 4: arista en forma de capucha sésil y 5: arista en forma de capucha alargada.

Número de granos por espiga (NG). Se midió en el período de cosecha realizando desgrane en cada planta.

Tamaño del grano (TG). Después de cosecha se tomaron 10 granos de cada repetición, y con un calibre en sentido longitudinal se midió expresando en milímetros, según la escala: 1: pequeño (≤ 5 mm), 2: intermedio (6 a 9 mm) y 3: largo (≥ 10 mm).

Peso de mil semillas (PMS). La medición de esta variable se realizó durante la cosecha, tomando al azar 1000 granos de cada parcela y pesándolos en una balanza de precisión.

Rendimiento: Con base en las características de peso y la humedad del grano. De la producción total de cada unidad experimental, se determinó en g/parcela al 15% de humedad.

Análisis de la Información

Con los datos obtenidos de la caracterización morfoagronómica se realizó un análisis multivariado usando el programa estadístico InfoStat versión 2018. Se realizó la prueba de Bartlett para asegurar la homogeneidad en los datos tomados para posteriormente generar la matriz de correlaciones y se hizo el análisis de componentes principales, para determinar las características más discriminantes dentro del conjunto

de variables evaluadas [21]. Los componentes principales se graficaron en un plano bidimensional. Con el paquete estadístico NTSYSpc® se realizó el análisis de conglomerados jerárquicos mediante la matriz de distancias taxonómicas medias entre caracteres cualitativos y cuantitativos y el algoritmo por agrupamiento (UPGMA), para ello se aplica la distancia euclidiana al cuadrado y el algoritmo de enlace completo.

RESULTADOS

En la evaluación de las características cualitativas, el hábito de crecimiento determina el grado de dificultad en las labores de cosecha, y los materiales erectos facilitan las labores agronómicas e igualmente materiales no erectos tienen una tendencia al volcamiento [9].

En este estudio se encontró que todas las accesiones presentaron un crecimiento erecto, excepto 231 NN 165, CB 165 PM - 3 POLA y CB 225 TROPICAL-2, las cuales mostraron inclinación en el desarrollo de su tallo, es decir, un crecimiento semi-erecto. Aspecto que concuerda con los resultados encontrados al evaluar 136 accesiones de cebada del INIAP en Quito, Perú, en donde encontraron que no hubo diferencias significativas en estas variables [22].

En la característica de color de la aurícula se pudo observar que el 82% de las accesiones presentaron un color verde y el 18% restante morado pálido, mostrando poca variabilidad de esta característica en las accesiones evaluadas. Sin embargo, este es un rasgo que normalmente se utiliza para la diferenciación de germoplasma de cebada [5,12]. En cuanto a la forma de la arista de la lema, se presentó en tres categorías: cortas, en capucha sésil y larga, siendo esta última la que predominó en las accesiones evaluadas (78%). En otras investigaciones, esta característica ha mostrado ser un carácter altamente variable y que permite la discriminación del germoplasma de cebada [5,6,16].

En la variable precocidad no se encontraron diferencias entre las accesiones ya que todas tuvieron un punto superior de cosecha a los 115 días que, según la escala utilizada por [18], son materiales de tipo tardío, por lo cual es necesario establecer estrategias de mejoramiento que conduzcan a obtener materiales de ciclos cortos. Los mejoradores generalmente prestan atención a la precocidad en sus procesos de selección, especialmente en áreas con regímenes de precipita-

ciones impredecibles, aunque se considera que los cultivos de ciclo tardío tienen un mayor rendimiento al tener un período de madurez tan largo; esto no significa que las accesiones tardías siempre vayan a producir los mayores rendimientos en condiciones favorables, por otro lado se reporta que las variedades tempranas presentan resistencia a ciertas enfermedades [5,7,15].

La calificación de royas (*Puccinia* spp.) es una variable de interés para la caracterización de las accesiones de cebada, ya que esta se manifiesta desde los primeros estados vegetativos de la planta y puede ir aumentando considerablemente de acuerdo a la reacción de cada material [9,12]. Por tal razón, se presenta alta variabilidad para esta característica, en donde 55 materiales fueron moderadamente resistentes (66%) y 28 moderadamente susceptible, entre éstos últimos CB 57 PCR- 91- 5B- 99, CB 109 TX OID 265, CB 10 MESTERNHAZI 153, CB 83 TERNO, CB 110-TXOLP 274 fueron los que presentaron un alto porcentaje de roya en planta y espiga, por lo cual podrían ser descartados para programas de mejoramiento genético en cebada. En otros estudios, se han encontrado reacciones diferentes a roya en la evaluación de germoplasma de cebada en la región alto andina de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, siendo las líneas 163 y 161 las que mostraron mayor resistencia [18]. Los materiales que muestran menor reacción al ataque de royas son de preferencia para el mercado, debido a que esta enfermedad se considera limitante en el cultivo, reduciendo la tasa fotosintética y, por ende, el rendimiento del material.

El 54% de las accesiones presentaron daño foliar grado 2, donde la afección se considera medianamente leve. Las accesiones 87 IRACA SLADKO, 162 X PM POLA, CB 137 IRACA, CB 152 (110 112 TERM) SAN 17 A, CB 100 BONUS, CB 225 TROPICAL -2, CB 5 bcardini-ijal y CB XVII MISE 6 presentaron los valores más bajos de daño foliar, siendo una característica deseable, al ser más resistentes o tolerantes al daño foliar no se verá afectada de igual manera, el área foliar, traducéndose en una mayor tasa fotosintética, más desarrollo y crecimiento y, por ende, mayores rendimientos.

En relación con la variable número de macollas por planta, el 16% de las accesiones presentaron menos de 4 macollas (escaso), el 40% tuvo entre 4 y 6 (regular) y el 28% más de 6 macollas (abundante). Las que presentaron mayor número de macollas en este estudio fueron MALTERA 2, MALTERA 5, CB XVII

MISE 6, CB 117 SULBATE, CB 172 ZARJAN/ 8D, CB 138 IRACA 3 X POLA - S11, CB 184 (PTRIN), CB 84 JUBILANT, CB 141 IRACA y 162 X PM POLA. Estas pueden ser consideradas en programas de mejoramiento genético, ya que esta es una característica estrechamente correlacionada con el rendimiento. Otra característica asociada al rendimiento es el tamaño del grano, donde el 31% de las accesiones tuvieron un tamaño de grano mayor (≥ 10 mm). Además, esta variable presenta una correlación positiva con el peso de 1.000 semillas que también muestra un incremento en estas accesiones [6,9,13].

El número de carreras o filas por espiga es una variable morfológica ligada al rendimiento de las plantas, pues algunos materiales de 6 carreras cuentan con mayor número de granos por espiga lo que determinaría una mayor cosecha. Sin embargo, se deben tener en cuenta otras variables asociadas puesto que genotipos con espigas de dos carreras de variedades comerciales (Metcalfe, Tropical 1) produjeron un mayor número de macollas efectivas y granos más pesados frente a materiales de 6 carreras (Andina, 128) [9,23]. Para las 83 accesiones evaluadas se encuentra que la cantidad de cebada de dos carreras es similar a las cebadas de seis carreras, esto coincide con lo reportado en otros estudios en donde se encontraron promedios para número de filas por espiga entre 2,11 a 6 [22]. En la evaluación de 57 accesiones en las Islas Canarias, a excepción de las variedades CBT01080 y CBT01321, todos los materiales presentaron seis filas o carreras por espiga [16]. Los materiales de dos carreras son utilizados en la industria maltera, mientras los de 6 se utilizan en su mayoría en la industria harinera, por lo tanto, los resultados indican la posibilidad de cultivar cebada de uso en las industrias, tanto harinera como maltera en el departamento de Boyacá [18].

En general, en la evaluación de los caracteres cualitativos se encontró que algunas variables como color de aurícula, forma de arista y hábito de crecimiento no mostraron alta variabilidad. La variable reacción a roya nos indica que hay materiales moderadamente resistentes con los cuales se pueden ampliar nuevos estudios. En cuanto a número de macollas, los materiales que presentan mayor número deben ser tenidos en cuenta, debido a que un mayor número de macollas mayor rendimiento se tendrá. Se obtuvo un tamaño de grano adecuado en las accesiones similar al presentado

en variedades comerciales, además algunas accesiones presentaron un tamaño de grano superior lo cual es importante tener en cuenta ya que es un componente de rendimiento. El número de carreras por espiga influye en el rendimiento, pero no es la única variable que lo afecta, el estudio mostró valores muy similares para materiales de 2 o de 6 carreras, resultados que concuerdan con la evaluación de germoplasma de cebada tanto a nivel internacional como nacional [10,15,18].

Para los descriptores cuantitativos (Cuadro 2) se encontró un coeficiente de variación mayor al 30% para las características volcamiento, número de macollas efectivas, número de granos por espiga, infestación de roya a nivel foliar, y rendimiento, representando la variabilidad más alta, mientras que características como altura de la planta, longitud de la espiga, peso de mil semillas, días a espigamiento, roya en espiga y vigor presentaron un coeficiente menor al 30%. La diversidad genética es la suma de características genéticas dentro de cualquier especie y género, la cual es necesaria para el éxito de cualquier programa de mejoramiento. El coeficiente de variación (CV) es un indicador de diversidad donde valores por encima de un 10% se considera que hay gran diversidad en la característica evaluada [5]. Los resultados encontrados en este estudio, muestran que las accesiones exhiben rasgos comunes entre ellas, características como el número de días a espigamiento se relaciona con la precocidad, siendo la mayoría de los materiales de ciclo vegetativo tardío y no se presentan cambios en el resultado de días aparición de la espiga. En la evaluación de germoplasma de cebada en India, encontraron los mayores valores de coeficiente de variación para las características correlacionadas con el rendimiento y que características como altura de la planta fueron las menos divergentes [10].

Para la variable volcamiento, el resultado de 43,37% se debe a que algunas accesiones no presentaron esta característica, mientras que otras como el CB 152 (110 112 TERM) SAN 17 A (15%), CB 155 BUSHE (20%) CB 165 PM-3 POLA (20%) y CB 225 TROPICAL-2 (10%), si presentaron volcamiento. Esta es una característica no deseable en materiales de cebada, ya que indica que el tallo no tiene la capacidad de soportar el peso de la espiga o corrientes de viento, por lo general, se asocia con la longitud del tallo; sin embargo, también se presenta en materiales de longitud promedio, por lo que deben ser descartados en programas de mejoramiento genético [18].

Cuadro 2. Estadística descriptiva para los caracteres cuantitativos de 83 accesiones de cebada.

Variable	Media	Desviación Estándar	Coefficiente Variación
Vigor de la planta	6,77	0,87	12,91
Altura de la planta	61,55	13,14	21,35
Días a espigamiento	93,58	12,22	13,06
Volcamiento (%)	1,08	4,69	43,37
Longitud de la espiga	7,03	1,42	20,17
Roya foliar (<i>Puccinia</i> spp.)	31,99	22,87	31,5
Roya en espiga (<i>Puccinia</i> spp.)	9,29	10,87	11,02
Número de macollas efectivas	5,39	2,25	41,7
Número de granos por espiga	40,31	16,52	40,98
Peso de mil semillas	69,16	8,95	12,95
Rendimiento	1617,07	858,03	53,06

En cuanto a la variable infestación de royas a nivel foliar y en espiga se obtuvo un porcentaje superior al 100%, esto se debe a resultados altamente contrastantes donde se observan materiales con porcentaje de infestación de roya inferior al 20% como MALTERA 2, MALTERA 5, CB CUCHUQ 163, CB CUCHUQ 66, CB CUCHU L128, CB ESPERANZA NAR y CB L5 5B NAR, mientras que otros materiales como CB 57 PCR- 91- 5B- 99, CB 109 TX OID 265, CB 10 MESTERNHAZI 153, CB 83 TERNO y CB 110 - TXOLP 274, alcanzaron valores del 90% de infestación, mostrando así alta susceptibilidad en la escala.

La roya (*Puccinia* spp.) es uno de los problemas fitosanitarios más limitantes del cultivo, debido a la amplia distribución del patógeno, su agresividad e impacto económico. Aunque este hongo puede controlarse mediante la aplicación oportuna de fungicidas, se debe hacer énfasis en el mejoramiento de la resistencia (identificación de individuos resistentes) como una alternativa rentable, ambiental y amigable para el consumidor [24,25] por lo que los materiales con menores porcentajes

de infestación, pueden ser una alternativa económicamente rentable para los agricultores del país.

La variable rendimiento presentó un coeficiente del 53,06% y la media para esta variable fue de 1617,07 kg/ha. Esto se debe a que algunos materiales tuvieron rendimientos altos 4444,32 (CB 184 PTRIN) y otros muy bajos con 208,78 kg/ha (CB 188 LAISA). Se ha encontrado que el rendimiento puede verse afectado por condiciones sanitarias [19]. Por lo tanto, los materiales en este ensayo que presentan rendimientos altos y baja reacción a roya son de importancia para futuras investigaciones tendientes a la identificación de materiales élite.

El carácter número de macollas efectivas, es una variable útil para estimar el rendimiento de los materiales. En este estudio se encontró que el 16% de los materiales presentaron menos de 4 macollas (escaso), el 40% en un rango de 4-6 (regular) y el 28% más de 6 macollas (abundante). Los materiales que presentan mayor número de macollas en este ensayo son MALTERA 2, MALTERA 5, CB XVII

MISE 6, CB 117 SULBATE, CB 172 ZARJAN/ 8D, CB 138 IRACA 3 X POLA - S11, CB 184 (PTRIN), CB 84 JUBILANT, CB 141 IRACA y 162 X PM POLA. Resultados contrarios a los reportados por [18], en donde los genotipos de cebada evaluados presentaron en promedio 4,5 macollas y [9] en la evaluación de 12 genotipos de cebada seis con espigas de seis carreras y los restantes de dos carreras, en donde las cebadas de dos carreras, registraron un mayor número de macollas con respecto a las de seis, cuya diferencia de 0,44 fue altamente significativa, lo cual también ya había sido reportado en otros estudios de caracterización morfoagronómica de *hordeum* [16,25]. Estos resultados demuestran que el macollamiento está influenciado por las características del genotipo, condiciones del terreno, densidad de siembra, rotación de cultivos, fotoperíodo, entre otros [9,16,18,25].

Por otro lado, las variables peso de mil semillas, días a espigamiento y vigor muestran los valores más bajos de cv 20%, ya que sus mediciones dan resultados similares en todas las accesiones. El vigor tiene relación con la homogeneidad de la parcela y germinación de la misma, siendo deseable un valor alto en esta variable. Para días a espigamiento, se tienen un valor promedio de 93 días, clasificando a las accesiones de ciclo tardío, mientras que otros materiales evaluados presentaban un promedio de 76 a 80 días [22].

La variable peso de mil semillas se encontró en un rango de 40,5 a 70,4 g, con una media de 69,16, mostrando así una baja dispersión de los datos, resultados superiores a los reportados por [13] al evaluar el patrón de diversidad morfológi-

ca en la colección base de cebada de Albania (rango 40.5 a 54.3; promedio 48,71). En la evaluación de 10 genotipos de cebada en México en cinco fechas de siembra y dos ciclos agrícolas, encontraron que los cultivares en ambientes contrastantes muestran rendimientos de semillas diferentes, pues la mayoría presenta adaptaciones específicas a condiciones ambientales determinadas [26]; en cebada el cultivar tiene una función importante en el rendimiento de semilla y las características agronómicas, como el potencial de rendimiento, macollas por planta y calidad física de la semilla, permiten mejorar la estabilidad del rendimiento [27]. La fecha de siembra es un aspecto importante en el manejo agronómico del cultivo de cebada, porque está directamente relacionada con la calidad industrial del grano [28]. Se encontraron diferencias altamente significativas, en efecto el peso de 1000 semillas fue mayor en las cebadas de dos carreras, con una diferencia de 5,37g [9], resultados similares a los encontrados en este estudio han sido reportados por [10,11,12,25].

Las accesiones evaluadas presentaron una altura promedio de 69,16 cm. En otros estudios realizados se encontró una altura comprendida en un rango entre 69,3 y 84,3 cm [18], resultados similares a los reportados en este estudio, en donde el promedio para la altura de la planta fue de 69,16 cm.

En cuanto a la variable longitud de espiga en la evaluación de las 83 accesiones de cebada, se encontró una media de 7,03 cm, resultados similares a los reportados en estudios de germoplasma en el país [18]. Esta variable influye en el rendimiento en cosecha debido a la relación con el número de granos por espiga. Por otra parte, las accesiones CEBADA L12 NAR, CB CUCHUQ 66, CEBADA L1 5B NAR,

CB 221 556-564 y CB 165 PM - 3 POLA, presentan valores superiores a 50 granos por espiga, mientras que en los trabajos de [9] obtuvieron un máximo de 25 granos por espiga para la variedad Explorer.

El análisis de componentes principales sobre las correlaciones de rasgos morfológicos y agronómicos cuantitativos, identificó las variaciones de los componentes principales y la proporción de la varianza total explicada por cada factor (Cuadro 3).

Los cuatros primeros componentes explican más del 70% de la variación total, lo cual es aceptable para la caracterización de colecciones de germoplasma [13]. Las características con la ponderación más significativa dentro de los PC se pueden utilizar como marcadores cuantitativos para la evaluación y caracterización del germoplasma de cereales [13]. En el primer componente las variables que mayor aporte hicieron a la varianza total observada fueron roya foliar (0,76), roya en espiga (0,7), altura de la planta (0,61) y días a espigamiento (0,6). Para el segundo componente, las variables altura de la planta (0,58) y peso de mil semillas (0,65) y en el tercero, se encuentran las variables número de macollas efectivas (0,57) y rendimiento (0,73). Estos resultados concuerdan con las investigaciones realizadas anteriormente en caracterizaciones morfoagronómicas en cebada [8,10,14]. En éstas, la variabilidad se encontró en las características morfológicas de la planta en general, seguidas por los rasgos asociados a rendimiento.

En la Figura 1 se observa la dispersión de los materiales. En los cuadrantes I y II se agrupan la mayoría de las variables, en el II, se ubican la mayor parte de las accesiones indicando poca variabilidad para el peso de mil semillas, macollas efectivas, vigor y volcamiento.

Cuadro 3. Componentes principales (CP) obtenidos en la caracterización de 83 accesiones de cebada.

Variable	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
Vigor de la planta	-0,41	0,42	-0,02	-0,36
Altura de la planta	0,61	0,58	-0,06	-0,05
Días a espigamiento	-0,6	-0,11	0,47	-0,01
Volcamiento	-0,2	0,23	0,06	0,72
Longitud de la espiga	0,44	0,36	0,16	-0,27
Roya foliar (<i>Puccinia</i> spp.)	0,76	-0,24	0,23	0,08
Roya en espiga (<i>Puccinia</i> spp.)	0,7	-0,11	0,3	0,15
Número de macollas efectivas	-0,38	0,34	0,57	0,33
Número de granos por espiga	0,19	0,48	-0,25	0,52
Peso de mil semillas	-0,14	0,65	-0,13	-0,27
Rendimiento	0,16	0,17	0,73	-0,22

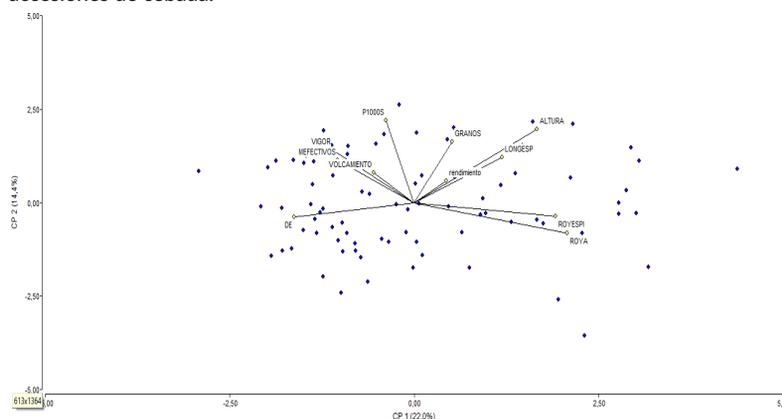
La caracterización reveló una amplia variación entre las variedades locales de cebada en casi todas las características morfológicas (rasgos cualitativos y cuantitativos) estudiados como se indica en el cuadro 3. Esto puede explicarse por la evolución del germoplasma de cebada, lo que sugiere niveles significativos de variación, en respuesta a la presión de selección [6]. Los estudios sobre el germoplasma de las especies, han demostrado el valor y la importancia de los caracteres agromorfológicos, con relevancia directa para los agricultores y mejoradores en el establecimiento de estrategias para la conservación y para estimar la diversidad del germoplasma y para describir el nivel de discriminación de las variedades. También han mostrado cómo los agricultores seleccionan los cultivares de maíz (*Zea mays* L.), dependiendo de sus caracteres agromorfológicos [29]. Del mismo modo, se ha evidenciado cómo la combinación de métodos etnobotánicos con análisis genéticos puede dar una idea de cómo se mantiene y gestiona la diversidad genética de los cultivos. Estos valores descriptivos de los caracteres morfológicos son genéticamente heredables y, por lo tanto, deben ser considerados a la hora de evaluar la diversidad genética en las plantas [5,13,16].

El dendrograma basado en las distancias euclidianas discriminó a las accesiones en tres grupos basados en las características morfoagronómicas más representativas (Figura 2). En el grupo I a una distancia de 6 se encuentra el 27% de las accesiones evaluadas, siendo las características más representativas de este grupo, peso de 1000 semillas, tamaño de grano, como

la reacción a royas y porcentaje de roya en hoja y espiga y sobresaliendo las accesiones: MALTERA 2, MALTERA 5, CB CUCHUQ 163, CB CUCHU L 128, CB XVII MISE 6, CB 195 COS -01-03, CB 117 SULBATE, CB 52 ONSLON, CB 143 PM - 17 X POLA, CB 92 PAX, CB 125 BONANZA, CB 197 COPELAND, CB 184 (PTRIN), CB 84 JUBILANT, CB 38 ROMANTIK.

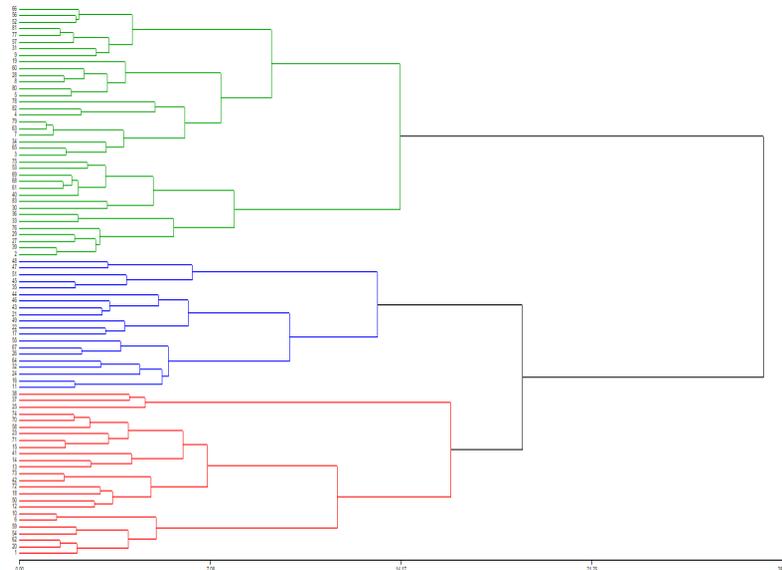
Por el contrario, en el grupo II se encuentran las accesiones que presentaron susceptibilidad a la roya, daño foliar y alto porcentaje de infestación de roya tanto en hojas como espigas (CB 143 PM - 17 X POLA, CB 241 IRACA, CB 188 LAISA, CB 202 NEMESIA, CB 57 PCR- 91- 5B- 99, CB 10 MESTERNHAZI 153, NN 64 (233), CB 220 BRS BORMA).

Figura 1. Distribución de variables morfológicas y agronomicas analizadas en 83 accesiones de cebada.



ALTURA: Altura de la planta; **DE:** Días a espigamiento; **LONGESP:** Longitud de la espiga; **ROYA:** Roya foliar; **ROYESPI:** Roya en espiga; **MEFECTIVA:** Número macollas efectivas; **GRANOS:** Número de granos por espiga; **P1000:** Peso de mil semillas.

Figura 2. Dendrograma obtenido mediante el análisis de clasificación de 83 accesiones de cebada.



El tercer grupo está conformado por las accesiones que presentaron similares peso de 1000 semillas, tamaño de grano, reacción a roya, caracterizándose porque la mayoría de estas accesiones no presentaron roya a nivel de la espiga pero sí a nivel foliar, en este grupo se encuentran a las accesiones CB 155 BUSHE, CB 152 (110 112 TERM) SAN 17 A, CB 225 TROPICAL -2, 162 X PM POLA, CB 100 BONUS, CB 30 PODOLGKIJ 8, mientras materiales como CEBADA L3 5B NAR, CEBADA L9 NAR, CEBADA L13 CB NAR a pesar de presentar reacciones diferentes tiene porcentajes de infestación similares.

Se pudo observar que el patrón de agrupamiento obtenido mostró una asociación con el rendimiento agronómico de las accesiones, indicando que la clasificación puede ayudar a discriminar y seleccionar las accesiones para esta característica. En términos generales, de acuerdo con la evaluación morfoagronómica realizada en las accesiones de cebada en el municipio de Chivatá Boyacá, se puede observar variabilidad en la expresión fenotípica de las características, especialmente aquellas variables cuantitativas, relacionadas con el rendimiento y que las accesiones MALTERA 2, MALTERA 5, CB CUCHUQ 163, CB CUCHU L 128, CB XVII MISE 6, CB 195 COS -01-03, CB 117 SULBATE, CB 52 ONSLON, CB 143 PM - 17 X POLA, CB 92 PAX, CB 125 BONANZA, CB 197 COPELAND, CB 184 (PTRIN), CB 84 JUBILANT, CB 38 ROMANTIK, CEBADA L12 NAR, CB CUCHUQ 66, CEBADA L1 5B NAR y CB 221 556-564, muestran características deseables para poder ser incluidos en programas de mejoramiento que busquen la identificación de materiales élite para el consumo humano, animal y para la industria maltera [9,18].

CONCLUSIONES

En la evaluación morfoagronómica del germoplasma de cebada se encontró que las características asociadas a rendimiento, como número de macollas por planta, número de granos por espiga, número de espigas, peso de 1000 semillas al igual que la calificación de las royas fueron altamente variables en todas las accesiones evaluadas, en tanto que características como el color de la aurícula, forma de la arista y hábito de crecimiento no mostraron mucha variabilidad.

Se identificaron accesiones con características agronómicas deseables, las cuales pueden ser tenidas en cuenta

en programas de mejoramiento genético que busquen la obtención de materiales con altos rendimientos, resistencia a roya y adaptados a las condiciones locales.

REFERENCIAS

- [1] BRASSAC, J. and BLATTNER, FR. Species level phylogeny and polyploid relationships in *Hordeum* (Poaceae) inferred by next-generation sequencing and in silico cloning of multiple nuclear loci. *Systematic Biology*, 64(5), 2015, p. 792-808. doi: <https://doi.org/10.1093/sysbio/syv035>.
- [2] VANEGAS, H., SIERRA, M., DUARTE, C., VARGAS, H. y MANTILLA, H. Coyuntura cerealista y de leguminosas. *El cerealista*, 126(59), 2018, p. 43-47.
- [3] AGRONET. Cifras agropecuarias [on line]. 2019. Disponible: www.agronet.gov.vo [citado 18 de junio de 2019].
- [4] LAHOUAR, L., GHRAIRI, F., EL AREM, A., MEDIMAGH, S., EL FELAH, M., BEN SALEM, H. and ACHOUR, L. Biochemical composition and nutritional evaluation of barley rihane (*Hordeum vulgare* L.). *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 14(1), 2017, p.310-317. doi: <https://doi.org/10.21010/ajtcam.v14i1.33>.
- [5] KARAGOZ, A., ÖZBEK, K., AKAR, T., ERGÜN, N., AYDOGÄN, S. and SAYIM, İ. Agro-morphological variation among an ancient world barley. *Journal of Agricultural Sciences*, 23(1), 2017, p. 444-452.
- [6] ALLEL, D., BEN-AMAR, A., LAMINE, M. and ABDELLY, C. Relationships and genetic structure of north African barley (*Hordeum vulgare* L.) germplasm revealed by morphological and molecular markers: Biogeographical considerations. *South African Journal of Botany*, 112(1), 2017, p. 1-10. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2017.05.005>.
- [7] AMABILE, R., FALEIRO, F., CAPETTINI, F., PEIXOTO, J. and MENESES R. Genetic variability in elite barley genotypes based on the agromorphological characteristics evaluated under irrigated system. *Ciencia e Agrotecnologia*, 41(2), 2017, p. 147-158. doi: <https://doi.org/10.1590/1413-70542017412010116>.
- [8] GURCAN, K., DEMIREL, F., TEKIN, M., DEMIREL, S. and TANER, A. Molecular and agro-morphological characterization of ancient wheat landraces of Turkey. *BMC Plant Biology*, 17(1), 2017, p. 155-165. doi: <https://dx.doi.org/10.1186/s12870-017-1133-0>.
- [9] RÍOS, D., BRITTO, R. y DELGADO, H. Evaluación del rendimiento y sus componentes en

- genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) diferenciados por su tipo de espiga y grano. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 14(2), 2011, p. 55-63. doi: <https://doi.org/10.31910/rudca.v14.n2.2011.775>.
- [10] BANJAREY, P., KUMAR, P., VERMA, S., TIKLE, A., MALIK, R., SARKER, A. and VERMA, R. Comparative analysis of agromorphological and molecular variations in huskless barley (*Hordeum vulgare* L.) under central agroclimatic zone of India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(12), 2017, p. 2821-2829. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.612.328>.
- [11] IVANIZS, L., FARKAS, A., LINC, G., LÁNG, M. and M.I. Molecular cytogenetic and morphological characterization of two wheat-barley translocation lines. PLoS ONE, 13 (6): e0198758. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198758>.
- [12] JAMALI, S., MOHAMMADI, S. and SADEGH-ZADEH, B. Association mapping for morphological traits relevant to registration of barley varieties. Spanish Journal of Agricultural Research, 15(4), 2017, p. 1-13. doi: <https://doi.org/10.5424/sjar/2017154-10494>.
- [13] XHULAJ, D., HOBDARY, V. and ELEZI, F. Evaluation of morphological diversity pattern in the Albanian barley (*Hordeum vulgare* L.) base collection. Albanian Journal Agricultural Sciences, 1(1), 2018, p. 22-29.
- [14] SAMAH, A., FARID, M. and KARIMA, A. Morphological and molecular characterization of some Egyptian barley cultivars under calcareous soil conditions. Middle East Journal of Agriculture, 7(2), 2018, p. 408-420.
- [15] POU DYAL, C., PATHAK, S., RAJ OJHA, B. and MARAHATTA, S. Agromorphological variability of barley under normal and late sown conditions in Chitwan, Nepal. Journal of Nepal Agricultural Research Council, 5(1), 2019, p. 43-52. doi: <https://doi.org/10.3126/jnarc.v5i1.23803>.
- [16] HAGENBLAD, J., LEINO, M., HERNÁNDEZ, G. and MORALES, D. Morphological and genetic characterization of barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces in the Canary islands. Genetic Resources Crop Evolution, 66(1), 2019, p. 465-480. doi: <https://doi.org/10.1007/s10722-018-0726-2.489>.
- [17] SZURMAN, M., ZBIESZYK, J., MARZEC, M., JELONEK, J., CHMIELEWSKA, B., KUROWSKA, M., KROK, M. and HORTILLUS. A rich and renewable source of induced mutations for forward/reverse genetics and pre-breeding programs in barley (*Hordeum vulgare* L.). Frontiers in Plant Science, 9(1), 2018, p. 1-16. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00216>.
- [18] DUARTE, J., AVENDAÑO, D., DÍAZ, C., RÍOS, H. y UBAQUE, H. Informe de resultados de las pruebas de evaluación agronómica de nueve (9) líneas promisorias de cebada (*Hordeum vulgare* L.) fnc-bav 1, fnc-bav 2, fnc-bav 3, fnc-bav 4, fnc-bav 5, l-160, l-161, l-163, l-166 y metcalfe, para la región altoandina de Cundinamarca y Boyacá. Cota (Colombia); Fenalce, 4(1), 2014, p. 90-99.
- [19] VALENZUELA, I. y TORRENTE, A. Ciencia del suelo principios básicos. Física de suelos. 2 ed. Bogotá (Colombia): Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2013, p. 143-207.
- [20] INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE (IPGRI). Descriptors for barley (*Hordeum vulgare* L.). International Plant Genetic Resources Institute. Rome (Italy): 1994.
- [21] DI RIENZO, J., CASANOVES, F., BALZARINI, M., GONZÁLEZ, L., TABLADA, M. y ROBLEDO, C. Manual Manejo InfoStat, FCA [online]. 2015. Disponible: [http:// https://www.infostat.com.ar/](http://https://www.infostat.com.ar/) [citado 11 de septiembre de 2019].
- [22] GUAÑUNA, G., GARÓFALO, J. y PONCE, L. Estudio de la variabilidad fenotípica de 82 accesiones de trigo y 136 de cebada de la colección del INIAP. Quito, Ecuador. Agronomía, 1(2), 2014, p. 45-54.
- [23] TERZI, V., TUMINO, G., PAGANI, D., RIZZA, F., GHIZZONI, R., MORCIA, C. and MICHELE, A. Barley developmental mutants: the high road to understand the cereal spike morphology. Diversity, 9(2), 2017, p. 2-16. doi: <https://doi.org/10.3390/d9020021>.
- [24] GONZÁLEZ, M., ZAMORA, M. y HUERTA, R. y SOLANO-HERNÁNDEZ, S. Eficacia de tres fungicidas para controlar roya de la hoja en cebada maltera. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 4(8), 2013, p.1237-1250.
- [25] VATTER, T., MAURER, A., PEROVIC, D., KOPAHNKE, D., PILLEN, K. and ORDON, F. Identification of QTL conferring resistance to stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) and leaf rust (*Puccinia hordei*) in barley using nested association mapping (NAM). PLoS ONE 13(1): e0191666. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191666>.
- [25] YADAV, R., GAUTAM, S., PALIKHEY, E., JOSHI, B., GHIMIRE, K., GURUNG, R., ADHIKARI, A., PUDASAINI, N. and DHAKAL, R. Agro-morphological diversity of Nepalese naked barley landraces. Agriculture & Food Security, 7(1), 2028, p. 86-98. doi: <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0238-5>.

- [26] PÉREZ, J., ZAMORA, M., MEJÍA, J., HERNÁNDEZ, A. y HERNÁNDEZ, S. Evaluación de 10 genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en cinco fechas de siembra y dos ciclos agrícolas. *Agrociencias*, 50(2), 2016, p. 201-2013.
- [27] FRIEDT, W., HORSLEY, R.D., HARVEY, B. L., POULSEN, D. M., LANCE, R., CECCARELLI, S. and CARPETTINI, F. En Barley: production, improvement and uses: Barley breeding, history, progress, objectives and technology. 1 ed. Miami (USA): Blackwell Publishing, 2011, p. 160-220.
- [28] O'DONOVAN, J., TURKINGTON, T., EDNEY, M., JUSKIW, P., MCKENZIE, R., HARKER, K., CLAYTON, G., LAFOND, G., GRANT, C., BRANDT, S., JOHNSON, E., MAY, W. and SMITH, E. Effect of seedling date and seedling rate on malting barley production in western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 92(2), 2012, p. 321-330. doi: <http://dx.doi.org/10.4141/cjps2011-130>.
- [29] MOUSSA, O., BIL-ASSANOU, I., MAHAMANE, A., MAMANE, S. and ZAMAN-ALLAH, M. Agro-morphological evaluation of three exotic maize genotypes (*Zea mays* L.) in the Sahelian context: Perspectives for improving local production. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 7(2), 2019, p. 1-9. doi: <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.7305>