



Productividad y valor nutricional de forraje de cebada y trigo del trópico alto colombiano¹

Productivity and nutritional value of barley and wheat forage from Colombian's highlands

Edgar A. Mancipe-Muñoz², Julio E. Vásquez-Vanegas², Javier Castillo-Sierra², Ronnal E. Ortiz-Cuadros², Yesid Avellaneda-Avellaneda², Juan de J. Vargas-Martínez²

¹ Recepción: 29 de enero, 2020. Aceptación: 18 de agosto, 2020. Este trabajo hizo parte de la agenda de investigación de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) con recursos del Fiduagraria S.A. y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.

² Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Tibaitatá. Km 14 vía a Bogotá-Mosquera, Mosquera, Colombia. emancipe@agrosavia.co, jevasquez@agrosavia.co, jcastillos@agrosavia.co, rortiz@agrosavia.co, yavellaneda@agrosavia.co, jvargasm@agrosavia.co (autor para la correspondencia, <https://orcid.org/0000-0002-7674-3850>).

Resumen

Introducción. La evaluación y selección de cereales de grano pequeño para sistemas de producción de rumiantes promueven sistemas de producción eficientes. Sin embargo, es necesario evaluar la diversidad presente en bancos de germoplasma nacional, para reconocer accesiones con atributos sobresalientes. **Objetivo.** Evaluar la respuesta agronómica y nutricional en el forraje de accesiones de cereales de grano pequeño. **Materiales y métodos.** Entre junio y diciembre de 2018, en el centro de investigación Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Mosquera, Colombia, se establecieron veintiséis accesiones de cebada (*Hordeum vulgare*) y veinticinco de trigo (*Triticum* sp.). Cuatro repeticiones de cada material se sembraron en un surco de 5,0 m con distancia de 0,2 m entre plantas. Durante el periodo fenológico del cultivo se evaluaron quincenalmente: altura, vigor, presencia de plagas y enfermedades, número de tallos por planta y hojas por planta. Cuando el 50 % de las plantas de cada variedad alcanzaron los estados de vaina engrosada o de grano lechoso-pastoso, se cosecharon dos plantas por surco, y se determinó la proporción de tallos, hojas y espiga, producción de materia seca y concentración de nutrientes. Las variables evaluadas quincenalmente se analizaron con un modelo de bloques con medidas repetidas, mientras las demás se analizaron con un modelo de bloques al azar. **Resultados.** A mayor edad del cultivo se presentaron mayor altura de la planta, relación tallo: planta, presencia de enfermedades y menor vigor. Durante el periodo de vaina engrosada las accesiones C7 y T24 presentaron la mayor ($p < 0,05$) producción de biomasa, mientras que en el estado de grano lechoso-pastoso fue el material T24 ($p < 0,05$). **Conclusión.** Las accesiones C7, C17 y C20 de cebada, y las T12, T15 y T24 del trigo presentaron características productivas y nutricionales con potencial para ser evaluados en futuros trabajos de investigación.

Palabras clave: cereales, conservación de forrajes, cultivos forrajeros, sistemas de alimentación.



Abstract

Introduction. The evaluation and selection of small grain crops for ruminant production systems promote efficient systems. However, it is necessary to evaluate the diversity present in national germplasm banks to recognize accessions with outstanding attributes. **Objective.** To evaluate the agronomic and nutritional response of accessions of small grain forage crops. **Materials and methods.** Between June and December 2018 26 accessions of barley (*Hordeum vulgare*) and 25 accessions of wheat (*Triticum* sp.) were established at the Tibaitatá research center of Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Mosquera, Colombia. Four repetitions of each material were planted in rows of 5,0 m to 0.2 m between plants. During the phenological period of the crop, height, vigor, presence of pests and diseases, number of stems per plant and leaves per plant were evaluated fortnightly. Once 50 % of the plants of each variety reached the states of thickened pod or milky-pasty grain, two plants were harvested per row, and stem, leaves, and spike proportions, dry matter production, and nutrients concentration were determined. The variables evaluated fortnightly were analyzed with a block model with repeated measures, while the others were analyzed with a random block model. **Results.** The older the crop the higher the height of the plant, relation stem: plant, disease presence, and less vigor were presented. During the thickened pod stage, the C7 and T24 accessions had the highest ($p < 0.05$) biomass production, while in the milky-pasty stage it was the T24 accession ($p < 0.05$). **Conclusion.** Barleys C7, C17 and C20, and wheat T12, T15 and T24 showed productive and compositional characteristics with the potential to continue being evaluated in future research works.

Keywords: cereals, forage conservation, forage crops, feeding systems.

Introducción

La intensificación sostenible de los sistemas de producción animal es considerada una estrategia para suplir la demanda de proteína de origen animal y disminuir el impacto sobre el ambiente (Rao et al., 2015). Este enfoque requiere de la evaluación, el desarrollo y la adaptación de estrategias de intensificación, de acuerdo con la oferta ambiental donde se desarrolla cada sistema de producción (Godde et al., 2018), la disponibilidad de tecnologías y las expectativas del productor (Herrero et al., 2015). En este sentido, la literatura reporta diferentes tipos de intervenciones en los sistemas pastoriles que permitirían maximizar la rentabilidad y a la vez promover sistemas con mayor sostenibilidad (Galloway et al., 2018).

Los sistemas pastoriles soportados por forrajes (pasturas o cultivos forrajeros) (Carulla & Ortega, 2016; Mottet et al., 2017) son fuertemente influenciados por la oferta ambiental (precipitación, temperatura, brillo solar) y las prácticas de manejo (carga animal, forraje residual) (Roche et al., 2017), además, representan un rubro importante dentro de los costos de producción (Britt et al., 2018; Celis-Álvarez et al., 2017). De esta manera, prácticas que aseguren la oferta constante de forraje a lo largo del año, especialmente en épocas críticas, permitirían intensificar los sistemas de producción al potencializar la respuesta animal en una menor área y disminuir la presión sobre ecosistemas frágiles.

Los cereales de grano pequeño (cebada y trigo) han sido incorporados dentro de los sistemas de alimentación de rumiantes (Arreaza, 2012). Los trabajos con cereales en dietas totalmente mezcladas han estado enfocados en la incorporación de fibras de buena calidad para mantener la adecuada funcionalidad ruminal (Nair et al., 2016), mientras que, en sistemas mixtos, es usado el tamo de los cereales como subproducto de la cosecha del grano (Habib et al., 1998). La producción de cereales destinados a ser pastoreados directamente o incorporados a través de

forrajes conservados (ensilajes, henolajes o henos) es una estrategia que permite suplir las deficiencias de forraje en épocas de poca disponibilidad de biomasa (sequía o heladas) (Ding et al., 2015). En Colombia, la oferta de recursos forrajeros que permitan suplir la deficiencia de biomasa durante las épocas críticas es limitada, especialmente en el trópico alto, lo que se traduce en una alta estacionalidad de la producción (Carulla & Ortega, 2016). En este sentido, la incorporación de cereales de grano pequeño con potencial para la producción de forraje es considerada una estrategia para los sistemas ganaderos (Arreaza, 2012).

Los cultivos forrajeros destinados a la alimentación de rumiantes requieren la evaluación de la respuesta agronómica y nutricional en los diferentes estados fisiológicos del cultivo, especialmente en el de vaina engrosada y granos lechoso-pastoso (Campuzano et al., 2020).

La investigación ha sido escasa en torno al reconocimiento, selección, mejoramiento y liberación de nuevas variedades de cereales adaptados a las condiciones de variabilidad climática y la presencia de plagas y enfermedades. Es necesario generar trabajos de investigación en donde se identifiquen nuevas accesiones con características de interés productivo, que permitan ser incorporadas dentro de los sistemas de alimentación de rumiantes o ingresar a programas de mejoramiento genético. La hipótesis de investigación fue que accesiones de cebada y trigo, en custodia del Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura (SBGNAA), a cargo de la corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA), en Colombia, presentan variación en las características productivas y nutricionales. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta agronómica y nutricional en el forraje de accesiones de cereales de grano pequeño.

Materiales y métodos

Localización y preparación del terreno

La evaluación de la respuesta agronómica y nutricional de los cereales (*Hordeum vulgare* y *Triticum* spp.) se desarrolló desde junio a diciembre de 2018. Para esto se seleccionó un lote de 2000 m² en el centro de investigación Tibaitatá ubicado en Mosquera, Cundinamarca, Colombia (latitud 4°35'56''N y longitud 74°04'51''O); el cual presenta una temperatura media de 16° C, humedad relativa del 75 % y precipitación bimodal de 700 mm anuales (Vargas et al., 2018). Antes de la siembra se tomó una muestra de suelo que fue analizada en el laboratorio de suelos de AGROSAVIA. La preparación del terreno se efectuó con dos pases de cincel vibratorio y dos pases de rastra sin traba, además, se realizó la limpieza manual del lote, en la cual se retiró el material vegetal residual. Debido a que no se encontraron minerales limitantes en el suelo (Cuadro 1) se realizó un plan de fertilización solo con nitrógeno, por lo que se aplicó 150 kg ha⁻¹ de N repartidos en partes iguales en el momento de la siembra y en los estados de macollamiento y espigado de las accesiones (Amézquita, 1998; Pantoja & García, 1998).

Cuadro 1. Características químicas del suelo en Mosquera (Cundinamarca), Colombia. Junio, 2018.

Table 1. Chemical characteristics of the soil in Mosquera (Cundinamarca), Colombia. June, 2018.

pH	MO	P	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Ca	Mg	K	Na	CIC
5,67	%				mg kg ⁻¹						cmol kg ⁻¹		
	49	108	42,8	831	7,34	61,4	3,56	0,78	12	4,19	1,82	0,76	18,8

Cereales evaluados y diseño experimental

Se evaluaron accesiones de cebadas (26) y de trigos (25) del Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura en custodia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Colombia (Cuadros 2 y 3). Se sembraron veinticinco semillas de cada accesión en un surco de 5 m, a una distancia de 0,2 m entre plantas. Los surcos de cada accesión estuvieron separados a 0,3 m dentro de cada bloque. Se establecieron cuatro bloques (repeticiones) de evaluación.

Cuadro 2. Código y origen de las accesiones de cebada (*Hordeum vulgare*). Mosquera Cundinamarca, Colombia. 2018.

Table 2. Code and origin of barley (*Hordeum vulgare*) accessions evaluated agronomically and nutritionally. Mosquera (Cundinamarca), Colombia. 2018.

Código	Código del SBGNAA*	Procedencia
C1	BS 78-3-4	Inglaterra
C2	BS 90-9-1	Inglaterra
C3	BS 90-9-2	Inglaterra
C4	ZERNOGRADSKIJ 73	Rusia
C5	ENISEJ	Rusia
C6	ONSLow	Australia
C7	ORBIT	Eslovaquia
C8	SVIT	Eslovaquia
C9	DINA	Rusia
C10	RISK	Rusia
C11	TX01D254	Estados Unidos
C12	TX01D265	Estados Unidos
C13	TX01D274	Estados Unidos
C14	TX01D282	Estados Unidos
C15	TX01D313	Estados Unidos
C16	ROHO/MASURKA//ICB-103020/3/CWB117-77-9-7/ICB-104073 ICBH94-0146-OAP-OAP-5AP-OAP	México
C17	RADICAL/BIRGIT//ICB-100811 ICBH94-0420-OAP-14AP-OAP	México
C18	GK58//RHN-03/LIGNEE640 ICBH94-0233-OAP-OAP-8AP-OAP	México
C19	GK58/3/KC/MULLERSHEYDLA//SLS ICBH94-0237-OAP-16AP-OAP	México
C20	BOHATYR	República Checa
C21	C-105	Suráfrica
C22	C-120	Suráfrica
C23	S.5	Suráfrica
C24	S.6	Suráfrica
C25	SSG-564	Suráfrica

*SBGNAA: Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Colombia / SBGNAA: National Germplasm Banks system for Food and Agriculture. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Colombia.

Cuadro 3. Código y origen de las accesiones de trigo (*Triticum* spp.) evaluadas agronómica y nutricionalmente. Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Table 3. Code and origin of wheat (*Triticum* spp.) accessions evaluated agronomically and nutritionally. Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Código	Código del SBNAA*	Procedencia
T1	BARBON CAFE	Colombia
T2	ICA TENZA	México
T3	ICTA SARA 82	México
T4	KENYA 4	Kenia
T5	CHUAN MAI#18	China
T6	SEL. TRIGO AZUL. GRANO COLOR CAFÉ CLARO	México
T7	ALDAN”S”/CNT9	México
T8	CHIL”S”	Ecuador
T9	BOW”S”	México
T10	CHILERO”S”	México
T11	HI977	India
T12	BURI	México
T13	CURRENCY	Australia
T14	JACUI	Brasil
T15	BR 15	Brasil
T16	HORTO	Brasil
T17	TIBA	Colombia
T18	FAN#1	China
T19	NING 8319	China
T20	OPATA “S”	México
T21	BAU”S”	México
T22	FASAN	México
T23	TRIGO TIPO AZUL	Colombia
T24	ANDINO 2	Colombia
T25	SEL. BOYACA	Colombia

*SBNAA: Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Colombia / SBNAA: National Germplasm Banks system for Food and Agriculture. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Colombia.

Variables evaluadas y análisis de laboratorio

Durante el periodo de evaluación se seleccionaron tres plantas modales de cada surco, a las cuales, desde la emergencia y hasta el estado de grano lechoso-pastoso, quincenalmente se les determinó la altura, el vigor, en escala de 1 a 4, en donde 1 representó vigor bajo y 4 vigor alto (Toledo & Schultse-Kraft, 1982), la presencia de plagas y patógenos (p.e. *Collaria scenica* o *Puccina graminis*, respectivamente) en escala de 1 a 4, en donde 1 representó

baja presencia y 4 alta presencia (Toledo & Schultse-Kraft, 1982), número de tallos por planta y número de hojas por tallo.

Cuando al menos el 50 % de las plantas de cada variedad alcanzaron los estados de vaina engrosada o de grano lechoso-pastoso, se cosecharon dos plantas por surco y se realizó la separación del tallo, las hojas y las espigas, para determinar la producción de biomasa verde y la proporción de cada componente. Las muestras compuestas por hojas y tallos se secaron y conservaron para posterior análisis en el laboratorio. La concentración de proteína cruda (PC), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), cenizas (CEN), calcio (Ca) y fósforo (P) se determinaron a través de la metodología NIRS (Ariza-Nieto et al., 2017). Además, se calculó la concentración de nutrientes digeribles totales (NDT) y energía neta de lactancia (EN_L) de cada accesión (Adams, 1994).

Diseño estadístico

Las variables evaluadas en cebadas y trigos se compararon entre accesiones dentro cada especie. Las variables altura, vigor, presencia de enfermedades y de plagas, número de tallos por planta y número de hojas por tallo se analizaron con un modelo de bloques al azar con medidas repetidas, a través del procedimiento glimmix de SAS, correspondiendo al siguiente modelo: $Y_{ijkm} : \mu + \alpha_i + \beta_j + \sigma_m + (\alpha\sigma)_{im} + \epsilon_{ij}$, en donde: Y_{ijkm} es la respuesta de la j-ésima variedad, ubicada en el i-ésimo bloque, en la m-ésima edad de evaluación, $(\alpha\sigma)_{im}$ es la interacción entre la j-ésima accesión y la m-ésima edad de evaluación y ϵ_{ij} es el error experimental (Martínez et al., 2011). Las medias entre accesiones, para cada especie, se compararon a través de la prueba de Tukey con una significancia de 5 %.

Las variables productivas y nutricionales de cada periodo de corte (vainas engrosadas o grano lechoso-pastoso) se analizaron utilizando un modelo de bloques completos al azar a través del procedimiento glimmix de SAS, correspondiendo al siguiente modelo: $Y_{ijkm} : \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$, en donde: Y_{ijkm} es la respuesta de la j-ésima accesión, ubicada en el i-ésimo bloque y ϵ_{ij} es el error experimental (Martínez et al., 2011). Las medias se compararon entre accesiones, para cada especie, a través de la prueba de Tukey con una significancia de 5 %. No se encontró interacción entre la accesión y la edad de evaluación ($p > 0,05$), por este motivo los resultados presentan el efecto de los factores principales.

Resultados

Adaptación y hábito de crecimiento

Las accesiones evaluadas presentaron buen vigor (>3), baja incidencia de plagas y enfermedades (<2 y <1 , respectivamente). Además, el 55 y 65 % de las accesiones evaluadas de trigo y cebada presentaron un hábito de crecimiento semi-erecto, respectivamente (Cuadros 4 y 5). En el trigo, las accesiones T3, T12 y T17, presentaron baja germinación y solo se evaluaron durante el estado lechoso pastoso. El material T2 presentó baja germinación y no pudo ser evaluado.

La evaluación quincenal de las cebadas sugiere que al día 75 se presentó el mayor vigor, al día 85 la mayor relación hoja: tallo, al día 114 la mayor altura e incidencia de enfermedades y al día 126 la mayor relación tallo: planta. Por otra parte, la evaluación de los trigos mostró un mayor vigor entre los 30 y 99 días, en el día 45 la mayor relación hoja: tallo y al día 141 la mayor altura, relación tallo: planta y presencia de enfermedades (Cuadro 6).

Cuadro 4. Descripción de variables de adaptación y hábito de crecimiento de accesiones de cebadas (*Hordeum vulgare*) en Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Table 4. Description of adaptation and growth variables of barley (*Hordeum vulgare*) accessions in Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Accesión	Vigor	Enfermedades ¹	Plagas ²	Habito crecimiento ³
C1	3,3 ^{abcd}	1,9 ^{ab}	1,1	SE
C2	3,3 ^{abcd}	2,0 ^{ab}	1,0	SE
C3	3,4 ^{abcd}	1,8 ^{abc}	1,1	SE
C4	3,4 ^{abcd}	1,8 ^{abc}	1,1	SE
C5	3,3 ^{abcd}	1,7 ^{abc}	1,1	SE
C6	3,4 ^{abcd}	1,8 ^{abc}	1,1	E
C7	3,7 ^a	1,5 ^{abc}	1,2	SP
C8	3,3 ^{abcd}	1,9 ^{abc}	1,1	SE
C9	3,4 ^{abcd}	1,8 ^{abc}	1,1	SE
C10	3,1 ^{cd}	1,9 ^{ab}	1,1	SE
C11	3,4 ^{abcd}	1,8 ^{abc}	1,1	SE
C12	3,5 ^{abcd}	1,7 ^{abc}	1,1	E
C13	3,2 ^{bcd}	1,9 ^{abc}	1,1	E
C14	3,3 ^{abcd}	1,9 ^{ab}	1,0	SE
C15	3,4 ^{abcd}	1,9 ^{abc}	1,1	SE
C16	3,1 ^d	2,0 ^a	1,1	SE
C17	3,7 ^a	1,5 ^{abc}	1,0	E
C18	3,4 ^{abcd}	1,8 ^{abc}	1,1	SE
C19	3,4 ^{abcd}	1,7 ^{abc}	1,1	SE
C20	3,7 ^a	1,3 ^c	1,1	SE
C21	3,3 ^{abcd}	1,8 ^{abc}	1,1	SE
C22	3,6 ^{ab}	1,7 ^{abc}	1,1	P
C23	3,3 ^{abcd}	2,0 ^a	1,0	SP
C24	3,5 ^{abcd}	1,6 ^{abc}	1,1	SE
C25	3,5 ^{abcd}	1,6 ^{abc}	1,0	E
C26	3,6 ^{abc}	1,4 ^{bc}	1,1	E

^{abc} Letras diferentes dentro de columnas representan diferencias significativas ($p < 0,05$) / ^{abc} Different letters within columns represent significant differences ($p < 0,05$).

¹. *Collaria scenica*. ². *Puccina graminis*. ³. SE: semi-erecto. SP: semi-postrado. E: erecto. P: postrado / ¹. *Collaria scenica*. ². *Puccina graminis*. ³. SE: semi-erect. SP: semi-prostrate. E: erect. P: prostrate.

Evaluación durante el estado de vaina engrosada

La concentración de materia seca y la relación hoja: tallo no fue diferente ($p > 0,05$) entre las accesiones evaluadas. Las accesiones de cebada C1, C3, C5, C8, C10, C11, C16, C19, C20, C21 y C22 alcanzaron el estado de vaina engrosada por encima de los 90 días después de la siembra y fueron mayores ($p < 0,05$) a las accesiones

Cuadro 5. Descripción de variables de adaptación y hábito de crecimiento de accesiones de trigos (*Triticum* spp.) en Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Table 5. Description of adaptation and growth variables of wheat (*Triticum* spp.) accessions in Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Accesión	Vigor	Enfermedades ¹	Plagas ²	Habito crecimiento ³
T1	3,7	1,3 ^{abcd}	1,1	SE
T2	3,7	1,4 ^{abcd}	1,2	SP
T3	3,5	1,5 ^{abcd}	1,1	SE
T4	3,8	1,3 ^{abcd}	1,1	SE
T5	3,7	1,2 ^{abcd}	1,1	SE
T6	3,7	1,2 ^{abcd}	1,1	SE
T7	3,9	1,2 ^{bcd}	1,1	E
T8	3,6	1,4 ^{abcd}	1,1	E
T9	3,5	1,5 ^{ab}	1,1	SE
T10	3,8	1,5 ^{abcd}	1,0	E
T11	3,7	1,3 ^{abcd}	1,1	E
T12	3,9	1,1 ^{cd}	1,1	SE
T13	3,7	1,4 ^{abcd}	1,0	E
T14	3,7	1,3 ^{abcd}	1,1	E
T15	3,5	1,6 ^a	1,1	SE
T16	3,6	1,5 ^{abcd}	1,1	SE
T17	3,7	1,3 ^{abcd}	1,1	E
T18	3,5	1,6 ^a	1,1	SE
T19	3,7	1,2 ^{abcd}	1,1	SE
T20	3,7	1,3 ^{abcd}	1,1	E
T21	3,7	1,4 ^{abcd}	1,1	SE
T22	3,9	1,1 ^d	1,1	SE
T23	3,7	1,4 ^{abcd}	1,1	E
T24	3,8	1,4 ^{abcd}	1,1	SE
T25	3,8	1,3 ^{abcd}	1,0	E

^{abc} Letras diferentes dentro de columnas representan diferencias significativas ($p < 0,05$) / ^{abc} Different letters within columns represent significant differences ($p < 0,05$).

¹. *Collaria scenica*. ². *Puccinia graminis*. ³. SE: semi-erecto. SP: semi-postrado. E: erecto. P: postrado / *Collaria scenica*. ². *Puccinia graminis*. ³. SE: semi-erect. SP: semi-prostrate. E: erect. P: prostrate.

C25 y C26, que alcanzaron este estado a los 75 días después de la siembra. La producción de biomasa por planta y por metro cuadrado fue mayor ($p < 0,05$) en las accesiones C7 y C20, respectivamente, mientras que los genotipos C13 y C25 presentaron la menor ($p < 0,05$) producción de biomasa por planta y metro cuadrado, respectivamente.

Cuadro 6. Efecto de la edad de evaluación sobre las variables morfológicas de los cultivos de cebada (*Hordeum vulgare*) y trigo (*Triticum* spp.), evaluados en Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Table 6. Effect of the evaluation date on the morphological variables of the barleys (*Hordeum vulgare*) and wheat (*Triticum* spp.) crops evaluated in Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Especie	Edad	Altura	Relación tallo:planta	Relación hoja:tallo	Vigor	Enfermedades
Cebada	15	9,9 ^e	1,0 ^d	2,5 ^d	3,8 ^b	1,1 ^d
	30	14,0 ^e	3,8 ^d	3,6 ^c	3,9 ^{ab}	1,1 ^d
	45	20,6 ^f	8,5 ^d	4,3 ^{ab}	4,0 ^{ab}	1,1 ^d
	60	32,1 ^e	38,8 ^c	4,2 ^b	4,0 ^{ab}	1,1 ^d
	75	52,8 ^d	58,5 ^b	4,3 ^{ab}	4,0 ^a	1,2 ^d
	85	79,7 ^c	65,4 ^b	4,5 ^a	3,9 ^{ab}	1,7 ^c
	99	100,0 ^b	84,7 ^a	4,3 ^{ab}	2,8 ^c	2,9 ^b
	114	105,6 ^a	85,9 ^a	3,9 ^c	2,2 ^d	3,3 ^a
	126	101,9 ^{ab}	93,2 ^a	3,9 ^c	2,2 ^d	2,6 ^b
Trigo	15	7,7 ^h	0,9 ^e	2,0 ^d	3,2 ^c	1,1 ^d
	30	13,4 ^g	2,4 ^e	3,2 ^c	4,0 ^a	1,0 ^d
	45	19,9 ^f	3,9 ^e	3,8 ^a	4,0 ^a	1,1 ^d
	60	31,6 ^c	17,8 ^d	3,5 ^b	4,0 ^a	1,1 ^{cd}
	75	47,2 ^d	24,1 ^c	3,6 ^b	4,0 ^a	1,2 ^{cd}
	85	68,4 ^c	26,6 ^c	3,6 ^{ab}	4,0 ^a	1,4 ^{bc}
	99	84,0 ^b	30,9 ^b	3,4 ^b	3,8 ^a	1,4 ^b
	114	93,2 ^a	33,4 ^b	3,5 ^b	3,6 ^b	1,6 ^b
	126	95,2 ^a	38,0 ^a	3,2 ^c	3,5 ^b	1,6 ^b
141	97,1 ^a	39,6 ^a	3,1 ^c	2,9 ^d	1,9 ^a	

^{abc} Letras diferentes dentro de columnas representan diferencias significativas ($p < 0,05$) / ^{abc} Different letters within columns represent significant differences ($p < 0,05$)

Las accesiones C7 y C20 presentaron tasas de crecimiento de 17 y 21 g MS d⁻¹ (Cuadro 7). En los trigos, la concentración de biomasa y las relaciones hoja: tallo, hoja: biomasa y tallo: biomasa no fueron diferentes ($p > 0,05$) entre los genotipos evaluados. Las accesiones T1 y T24 requirieron mayor ($p < 0,05$) número de días para alcanzar el estado de vaina engrosada respecto a los T14 y T23. Las accesiones T15 y T24 presentaron tasas de crecimiento de 19 g MS d⁻¹ (Cuadro 8).

La concentración de proteína cruda (PC), fibra en detergente neutro (FDN), almidón, Ca, P, nutrientes digestibles totales (NDT) y energía neta de lactancia (EN_L) no fue diferente ($p > 0,05$) entre las cebadas evaluadas. Los genotipos C6 y C10 presentaron las menores ($p < 0,05$) concentraciones de cenizas respecto al genotipo C22. La accesión C10 presentó la mayor ($p < 0,05$) concentración de fibra en detergente ácido (FDA) respecto a las accesiones

Cuadro 7. Edad de corte, producción de biomasa y su relación con componentes de la planta en accesiones de cebadas (*Hordeum vulgare*), en estado de vaina engrosada en Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Table 7. Harvest date, biomass yield, and plant component ratio of barley (*Hordeum vulgare*) accessions in thickened pod stage in Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Accesión	Cosecha (días)	Biomasa (g FV planta ⁻¹)	Biomasa (t MS h ⁻¹)	MS (%)	Tallo:biomasa (%)	Hoja:biomasa (%)	Hoja:tallo (%)
C1	92,0 ^a	557,6 ^{ab}	11	12,1	50,8 ^{ab}	49,2 ^{ab}	97,7
C2	83,0 ^{abc}	262,5 ^{ab}	6	12,7	77,1 ^{ab}	22,9 ^b	18,9
C3	91,8 ^a	640,8 ^{ab}	14	12,8	42,9 ^b	57,1 ^a	134,1
C4	84,0 ^{ab}	524,8 ^{ab}	12	15,0	59,1 ^{ab}	40,9 ^{ab}	74,3
C5	92,0 ^a	650,4 ^{ab}	15	13,3	60,9 ^{ab}	39,1 ^{ab}	66,4
C6	84,0 ^{ab}	448,4 ^{ab}	11	15,8	63,1 ^{ab}	36,9 ^{ab}	58,6
C7	99,0 ^a	885,9 ^a	17	11,9	49,1 ^{ab}	50,9 ^{ab}	111,1
C8	92,0 ^a	676,4 ^{ab}	15	13,2	57,0 ^{ab}	43,0 ^{ab}	76,2
C9	89,5 ^{ab}	508,6 ^{ab}	10	12,3	48,9 ^{ab}	51,1 ^{ab}	117,8
C10	92,4 ^a	602,8 ^{ab}	14	14,2	60,6 ^{ab}	39,4 ^{ab}	69,3
C11	92,4 ^a	658,3 ^{ab}	15	13,2	61,7 ^{ab}	38,3 ^{ab}	61,6
C12	78,0 ^{bc}	335,1 ^{ab}	9	15,8	60,6 ^{ab}	39,4 ^{ab}	70,8
C13	78,0 ^{bc}	208,6 ^b	5	13,3	50,5 ^{ab}	49,5 ^{ab}	108,4
C14	78,0 ^{bc}	291,6 ^{ab}	6	12,0	48,4 ^{ab}	51,6 ^{ab}	109,5
C15	88,5 ^{ab}	572,5 ^{ab}	12	12,8	59,1 ^{ab}	40,9 ^{ab}	69,5
C16	98,0 ^a	404,5 ^{ab}	8	11,7	53,8 ^{ab}	46,2 ^{ab}	87,5
C17	77,8 ^{bc}	492,8 ^{ab}	12	14,5	51,1 ^{ab}	48,9 ^{ab}	118,7
C18	92,0 ^a	543,6 ^{ab}	11	12,6	55,9 ^{ab}	44,1 ^{ab}	79,6
C19	99,0 ^a	632,6 ^{ab}	14	13,2	53,7 ^{ab}	46,3 ^{ab}	88,1
C20	92,0 ^a	788,5 ^{ab}	19	14,9	67,5 ^a	32,5 ^b	50,1
C21	91,8 ^a	640,1 ^{ab}	14	13,1	48,4 ^{ab}	51,6 ^{ab}	116,4
C22	99,3 ^a	704,3 ^{ab}	14	13,1	55,5 ^{ab}	44,5 ^{ab}	90,0
C23	88,5 ^{ab}	620,9 ^{ab}	13	12,4	51,9 ^{ab}	48,1 ^{ab}	98,8
C24	78,0 ^{bc}	297,6 ^{ab}	7	14,6	53,5 ^{ab}	46,5 ^{ab}	88,3
C25	72,0 ^c	223,0 ^{ab}	5	12,9	65,2 ^{ab}	34,8 ^{ab}	53,6
C26	72,0 ^c	342,2 ^{ab}	7	12,7	61,0 ^{ab}	39,0 ^{ab}	64,1

^{abc} Letras diferentes dentro de columnas representan diferencias significativas ($p < 0,05$) / ^{abc} Different letters within columns represent significant differences ($p < 0,05$).

C2, C13 y C14 (Cuadro 9). La concentración de cenizas, FDA, almidón, P, NDT y EN_L no presentó diferencia ($p > 0,05$) entre las variedades de trigo evaluadas. El genotipo T20 presentó una mayor ($p < 0,05$) concentración de proteína cruda respecto a las accesiones T1, T8 y T15. El genotipo T1 presentó una mayor ($p < 0,05$) concentración de FDN respecto a T9 y T15. Finalmente, el genotipo T9 presentó una mayor ($p < 0,05$) concentración de Ca respecto a T1 (Cuadro 10).

Cuadro 8. Edad de corte, producción de biomasa y su relación con componentes de la planta en accesiones de los trigos (*Triticum* spp.), en estado de vaina engrosada en Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Table 8. Harvest date, biomass yield, and plant component ratio of wheat (*Triticum* spp.) accessions in thickened pod stage at Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Accesión	Cosecha (días)	Biomasa (g FV planta ⁻¹)	Biomasa (t MS h ⁻¹)	MS (%)	Tallo:biomasa (%)	Hoja:biomasa (%)	Hoja:tallo (%)
T1	100,3 ^a	406,1 ^{ab}	15	21,1	65,3	34,7	54,6
T2	-	-	-	-	-	-	-
T3	-	-	-	-	-	-	-
T4	78,3 ^{ab}	150,2 ^{ab}	4	15,3	40,1	59,9	189,9
T5	-	-	-	-	-	-	-
T6	92,3 ^{ab}	283,2 ^{ab}	9	19,3	45,6	54,4	152,8
T7	83,4 ^{ab}	142,2 ^{ab}	5	18,7	57,5	42,5	77,1
T8	90,5 ^{ab}	301,5 ^{ab}	1	19,9	68,4	31,6	47,5
T9	79,3 ^{ab}	90,6 ^{ab}	3	15,9	47,5	52,5	117,4
T10	93,3 ^{ab}	124,1 ^{ab}	5	21,0	67,8	32,2	48,6
T11	81,3 ^{ab}	165,7 ^{ab}	5	17,2	58,0	42,0	71,9
T12	-	-	-	-	-	-	-
T13	93,3 ^{ab}	260,6 ^{ab}	9	21,0	72,6	27,4	38,2
T14	77,4 ^b	89,9 ^b	2	14,6	53,4	46,6	87,4
T15	93,3 ^{ab}	451,1 ^{ab}	18	23,1	59,8	40,2	70,0
T16	83,4 ^{ab}	191,5 ^{ab}	6	17,4	58,9	41,1	77,5
T17	-	-	-	-	-	-	-
T18	91,8 ^{ab}	300,2 ^{ab}	12	22,4	71,5	28,5	40,0
T19	91,4 ^{ab}	262,2 ^{ab}	9	19,9	69,6	30,4	40,9
T20	78,2 ^{ab}	143,6 ^{ab}	4	16,2	49,2	50,8	109,4
T21	83,3 ^{ab}	144,8 ^{ab}	5	20,9	58,8	41,2	77,1
T22	93,3 ^{ab}	203,1 ^{ab}	7	20,6	63,3	36,7	59,9
T23	78,0 ^b	129,3 ^{ab}	4	18,6	51,2	48,8	96,4
T24	99,3 ^a	554,2 ^a	19	20,3	61,2	38,8	62,6
T25	83,4 ^{ab}	260,0 ^{ab}	8	17,3	65,7	34,3	54,6

^{abc} Letras diferentes dentro de columnas representan diferencias significativas ($p < 0,05$) / ^{abc} Different letters within columns represent significant differences ($p < 0,05$).

Evaluación durante el estado de grano lechoso-pastoso

La producción de biomasa no fue diferente ($p > 0,05$) entre las cebadas evaluadas. Las accesiones de cebada C3, C7, C18 y C22 alcanzaron el estado lechoso-pastoso en un tiempo superior a 140 días después de la siembra y fueron mayores ($p < 0,05$) a las accesiones C12 y C25, que alcanzaron este estado antes de los 115 días después

Cuadro 9. Composición nutricional I de las cebadas (*Hordeum vulgare*) en estado de vaina engrosada, en Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Table 9. Nutritional composition I of barley (*Hordeum vulgare*) in thickened pod stage at Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Accesión	PC	Cenizas	FDN	FDA	Almidón	Ca	P	NDT	EN _L
C1	22,4	10,5 ^{ab}	51,0	26,8 ^{ab}	4,2	0,31	0,34	63,1	1,43
C2	24,5	10,4 ^{ab}	44,0	21,7 ^c	4,8	0,43	0,32	66,1	1,50
C3	21,1	10,8 ^{ab}	51,7	26,6 ^{ab}	4,6	0,35	0,33	62,1	1,40
C4	21,8	10,5 ^{ab}	49,7	24,3 ^{ab}	4,9	0,31	0,29	63,3	1,43
C5	22,1	10,0 ^{ab}	51,0	27,2 ^{ab}	4,8	0,39	0,33	62,8	1,42
C6	21,2	10,0 ^b	51,0	25,7 ^{ab}	5,5	0,26	0,27	62,5	1,41
C7	21,4	11,5 ^{ab}	50,4	24,6 ^{ab}	4,7	0,32	0,31	62,9	1,42
C8	22,7	10,6 ^{ab}	49,8	26,1 ^{ab}	4,4	0,37	0,33	63,5	1,44
C9	21,5	11,2 ^{ab}	50,8	24,9 ^{ab}	5,0	0,31	0,31	62,9	1,42
C10	20,4	9,8 ^b	52,8	28,5 ^a	5,2	0,25	0,32	61,1	1,38
C11	21,0	9,9 ^{ab}	52,5	28,1 ^{ab}	4,7	0,35	0,32	61,6	1,39
C12	21,5	10,7 ^{ab}	51,7	25,2 ^{ab}	5,6	0,30	0,31	62,9	1,42
C13	23,6	10,9 ^{ab}	47,0	22,1 ^c	5,4	0,34	0,32	65,3	1,48
C14	24,0	11,3 ^{ab}	47,4	22,3 ^c	5,1	0,34	0,33	65,6	1,49
C15	20,8	10,0 ^{ab}	52,3	27,2 ^{ab}	5,2	0,31	0,33	61,8	1,40
C16	19,0	11,1 ^{ab}	51,0	26,9 ^{ab}	4,7	0,35	0,28	60,5	1,37
C17	22,1	10,7 ^{ab}	50,4	24,2 ^{ab}	5,6	0,29	0,31	63,6	1,44
C18	21,1	10,0 ^{ab}	51,9	27,2 ^{ab}	5,2	0,37	0,32	62,0	1,40
C19	19,6	11,0 ^{ab}	51,8	25,5 ^{ab}	5,0	0,31	0,29	61,4	1,39
C20	19,9	10,0 ^{ab}	53,1	27,1 ^{ab}	4,9	0,36	0,31	61,1	1,38
C21	20,3	10,4 ^{ab}	52,1	26,6 ^{ab}	4,9	0,32	0,30	61,6	1,39
C22	20,6	11,8 ^a	50,2	24,2 ^{ab}	4,2	0,38	0,33	62,5	1,41
C23	22,8	10,5 ^{ab}	49,3	25,4 ^{ab}	4,9	0,33	0,34	63,7	1,45
C24	23,0	10,9 ^{ab}	48,8	23,3 ^{ab}	5,5	0,31	0,32	64,5	1,47
C25	23,1	11,0 ^{ab}	48,7	23,6 ^{ab}	5,4	0,31	0,32	64,5	1,47
C26	23,9	11,0 ^{ab}	47,4	22,8 ^{bc}	4,9	0,31	0,33	65,3	1,48

^{abc} Letras diferentes dentro de columnas representan diferencias significativas ($p < 0,05$) / ^{abc} Different letters within columns represent significant differences ($p < 0,05$).

PC: proteína cruda. FDN: fibra en detergente neutro. FDA: fibra en detergente ácido. Ca: calcio. P: fósforo. NDT: nutrientes digestibles totales. EN_L: energía neta de lactancia / PC: crude protein. FDN: fiber in neutral detergent. FDA: fiber in acid detergent. Ca: calcium. P: phosphorus. NDT: total digestible nutrients. EN_L: net energy of lactation.

de la siembra. En este sentido, las accesiones C17 y C20, que produjeron mayor biomasa, presentaron tasas de crecimiento de 32 g MS d⁻¹ (Cuadro 11).

La concentración de materia seca fue mayor ($p < 0,05$) en la accesión C9 respecto a la C18. Las accesiones C2, C4, C5, C6, C7, C18, C20, C25 y C26 presentaron las mayores ($p < 0,05$) relaciones tallo: biomasa respecto

Cuadro 10. Composición nutricional de los trigos (*Triticum* spp.), en estado de vaina engrosada en Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Table 10. Nutritional composition of wheat (*Triticum* spp.) in thickened pod stage at Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Accesión	PC	Cenizas	FDN	FDA	Almidón	Ca	P	NDT	EN _L
T1	14,2 ^b	9,4	59,2 ^a	28,9	6,2	0,13 ^b	0,21	56,4	1,26
T2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T4	22,7 ^{ab}	10,3	50,0 ^{ab}	25,3	5,3	0,27 ^{ab}	0,29	63,7	1,44
T5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T6	20,8 ^{ab}	9,5	52,7 ^{ab}	26,8	5,8	0,30 ^{ab}	0,26	61,9	1,39
T7	21,6 ^{ab}	10,3	50,4 ^{ab}	25,9	5,8	0,29 ^{ab}	0,27	62,7	1,42
T8	15,3 ^b	10,9	54,7 ^{ab}	28,1	7,6	0,27 ^{ab}	0,23	57,5	1,29
T9	23,4 ^{ab}	11,1	47,6 ^b	22,3	5,4	0,41 ^a	0,32	65,1	1,48
T10	17,9 ^{ab}	10,3	54,2 ^{ab}	27,8	7,8	0,32 ^{ab}	0,23	59,5	1,34
T11	21,6 ^{ab}	9,9	51,4 ^{ab}	26,9	5,9	0,31 ^{ab}	0,24	62,5	1,41
T12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T13	17,2 ^{ab}	10,4	55,0 ^{ab}	27,5	6,3	0,29 ^{ab}	0,24	59,0	1,33
T14	23,3 ^{ab}	10,2	48,7 ^b	24,5	5,8	0,30 ^{ab}	0,28	64,4	1,46
T15	13,9 ^b	8,7	52,6 ^{ab}	25,7	10,5	0,30 ^{ab}	0,20	57,1	1,28
T16	18,5 ^{ab}	9,8	49,6 ^{ab}	24,7	6,2	0,25 ^{ab}	0,24	60,7	1,37
T17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T18	17,1 ^{ab}	10,3	53,1 ^{ab}	26,6	6,4	0,22 ^{ab}	0,22	59,2	1,33
T19	17,0 ^{ab}	10,9	54,8 ^{ab}	29,6	6,0	0,26 ^{ab}	0,28	58,3	1,31
T20	23,9 ^a	10,5	50,0 ^{ab}	25,3	5,3	0,31 ^{ab}	0,30	64,6	1,47
T21	18,9 ^{ab}	9,7	52,9 ^{ab}	27,2	6,3	0,24 ^{ab}	0,24	60,3	1,36
T22	19,8 ^{ab}	8,9	54,6 ^{ab}	27,9	5,6	0,32 ^{ab}	0,29	60,8	1,37
T23	22,0 ^{ab}	10,3	51,5 ^{ab}	26,3	6,6	0,30 ^{ab}	0,27	62,9	1,42
T24	16,1 ^{ab}	10,4	53,2 ^{ab}	25,7	4,9	0,23 ^{ab}	0,22	58,7	1,32
T25	18,3 ^{ab}	9,4	53,8 ^{ab}	27,6	7,2	0,25 ^{ab}	0,23	59,8	1,35

^{abc} Letras diferentes dentro de columnas representan diferencias significativas ($p < 0,05$) / ^{abc} Different letters within columns represent significant differences ($p < 0,05$). ¹. PC: Proteína cruda. FDN: Fibra detergente neutro. FDA: Fibra detergente ácido. Ca: Calcio. P: Fósforo. NDT: Nutrientes digestibles totales. EN_L: Energía neta de lactancia / ¹. PC: crude protein. FDN: fiber in neutral detergent. FDA: fiber in acid detergent. Ca: calcium. P: phosphorus. NDT: total digestible nutrients. EN_L: net energy of lactation.

a la C16. Las relaciones hoja: biomasa y espiga: biomasa fueron mayores ($p < 0,05$) en los genotipos C22 y C17, respectivamente (Cuadro 11).

En los trigos, la relación hoja: biomasa no presentó diferencia ($p > 0,05$) entre los genotipos evaluados. Las accesiones T1, T3, T11, T14, T15 y T22 requirieron un mayor ($p < 0,05$) número de días para alcanzar el estado lechoso-pastoso respecto a T5, T9 y T21. La accesión T17 presentó la menor ($p < 0,05$) producción de biomasa por

Cuadro 11. Edad de corte, producción de biomasa y su relación con componentes de la planta en accesiones de cebadas (*Hordeum vulgare*), en estado lechoso-pastoso en Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Table 11. Harvest date, biomass yield, and plant component ratio of barley (*Hordeum vulgare*) accessions during medium milk stage at Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Accesión	Cosecha (días)	Biomasa (g FV planta ⁻¹)	Biomasa (t MS h ⁻¹)	MS (%)	Tallo:biomasa (%)	Hoja:biomasa (%)	Espiga:biomasa (%)
C1	133,0 ^{ab}	508,3	23	27,3 ^{ab}	54,0 ^{ab}	27,5 ^{abcd}	18,5 ^{bc}
C2	127,0 ^{bc}	448,3	18	24,4 ^{ab}	55,0 ^a	24,5 ^{abcd}	20,5 ^{bc}
C3	141,0 ^a	534,8	20	22,6 ^{ab}	54,2 ^{ab}	34,2 ^{abc}	11,6 ^c
C4	127,0 ^{bc}	631,5	28	26,0 ^{ab}	55,6 ^a	24,9 ^{abcd}	19,5 ^{bc}
C5	133,0 ^{ab}	836,5	36	25,9 ^{ab}	57,8 ^a	19,9 ^{cd}	22,3 ^{bc}
C6	121,0 ^{cd}	753,3	32	25,7 ^{ab}	55,8 ^a	17,3 ^d	26,8 ^{ab}
C7	141,0 ^a	868,6	32	22,0 ^{ab}	56,3 ^a	27,8 ^{abcd}	15,9 ^{bc}
C8	133,0 ^{ab}	465,8	22	28,2 ^{ab}	53,7 ^{ab}	24,4 ^{abcd}	21,9 ^{bc}
C9	133,0 ^{ab}	497,3	25	31,6 ^a	50,1 ^{ab}	33,3 ^{abcd}	16,6 ^{bc}
C10	121,0 ^{cd}	615,4	27	26,7 ^{ab}	54,5 ^{ab}	25,2 ^{abcd}	20,3 ^{bc}
C11	121,0 ^{cd}	708,9	26	21,8 ^{ab}	49,6 ^{ab}	24,8 ^{abcd}	25,6 ^{ab}
C12	112,0 ^d	634,5	23	21,8 ^{ab}	54,6 ^{ab}	19,3 ^{cd}	26,1 ^{ab}
C13	121,0 ^{cd}	870,6	34	23,0 ^{ab}	50,0 ^{ab}	26,9 ^{abcd}	23,1 ^{abc}
C14	127,0 ^{bc}	534,0	21	23,6 ^{ab}	53,6 ^{ab}	21,1 ^{bcd}	25,3 ^{ab}
C15	127,0 ^{bc}	670,8	27	24,4 ^{ab}	51,8 ^{ab}	29,9 ^{abcd}	18,3 ^{bc}
C16	127,0 ^{bc}	600,8	28	28,3 ^{ab}	40,3 ^b	36,8 ^{ab}	22,8 ^{abc}
C17	127,0 ^{bc}	957,5	41	25,5 ^{ab}	47,8 ^{ab}	17,6 ^d	34,6 ^a
C18	141,0 ^a	649,5	23	20,1 ^b	58,7 ^a	29,4 ^{abcd}	12,0 ^c
C19	133,0 ^{ab}	415,0	19	27,7 ^{ab}	52,9 ^{ab}	24,1 ^{abcd}	23,0 ^{abc}
C20	127,0 ^{bc}	997,8	41	24,3 ^{ab}	57,9 ^a	23,1 ^{abcd}	18,9 ^{bc}
C21	121,0 ^{cd}	628,5	23	22,0 ^{ab}	47,0 ^{ab}	30,2 ^{abcd}	22,8 ^{abc}
C22	141,0 ^a	579,0	20	21,2 ^b	47,3 ^{ab}	37,8 ^a	14,9 ^{bc}
C23	133,0 ^{ab}	480,8	21	26,5 ^{ab}	51,2 ^{ab}	29,1 ^{abcd}	19,7 ^{abc}
C24	127,0 ^{bc}	594,8	25	25,2 ^{ab}	51,7 ^{ab}	22,0 ^{abcd}	26,3 ^{ab}
C25	112,0 ^d	564,1	20	21,4 ^b	55,3 ^a	21,2 ^{bcd}	23,5 ^{abc}
C26	127,0 ^{bc}	794,0	31	23,7 ^{ab}	57,8 ^a	19,4 ^{cd}	22,9 ^{abc}

^{abc} Letras diferentes dentro de columnas representan diferencias significativas ($p < 0,05$) / ^{abc} Different letters within columns represent significant differences ($p < 0,05$).

planta y metro cuadrado, con respecto a las accesiones T1 y T24. Las accesiones T12 y T24 presentaron tasas de crecimiento de 32 y 33 g MS d⁻¹ (Cuadro 12).

La concentración de materia seca fue menor ($p < 0,05$) en la accesión T6 respecto a los genotipos T11 y T14. Finalmente, la accesión T24 presentó la mayor relación tallo biomasa, mientras que la accesión T5 presentó la relación más alta de espiga: biomasa (Cuadro 12).

Cuadro 12. Edad de corte, producción de biomasa y su relación con componentes de la planta en accesiones de trigo (*Triticum* spp.), en estado lechoso-pastoso en Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Table 12. Harvest date, biomass yield, and plant component ratio of wheat (*Triticum* spp.) accessions in a medium milk stage at Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Accesión	Cosecha (días)	Biomasa (g FV planta ⁻¹)	Biomasa (t MS h ⁻¹)	MS (%)	Tallo:biomasa (%)	Hoja:biomasa (%)	Espiga:biomasa (%)
T1	152,0 ^a	793,8 ^a	47	36,5 ^{ab}	55,7 ^{abc}	14,8	29,5 ^{bc}
T2	-	-	-	-	-	-	-
T3	151,7 ^a	553,7 ^{abcd}	36	39,4 ^{ab}	45,1 ^{abcd}	13,5	41,4 ^{abc}
T4	150,8 ^{ab}	449,9 ^{abcd}	26	35,3 ^{ab}	46,4 ^{abcd}	11,3	42,2 ^{abc}
T5	141,1 ^c	329,0 ^{abcd}	19	35,1 ^{ab}	45,9 ^{abcd}	14,1	40,0 ^{abc}
T6	147,0 ^b	773,3 ^{ab}	41	31,2 ^b	38,1 ^d	14,5	47,3 ^a
T7	147,0 ^b	468,3 ^{abcd}	31	39,2 ^{ab}	42,8 ^{abcd}	17,7	39,5 ^{abc}
T8	147,0 ^b	424,5 ^{abcd}	24	34,7 ^{ab}	47,5 ^{abcd}	12,6	39,9 ^{abc}
T9	141,0 ^c	373,3 ^{abcd}	22	35,5 ^{ab}	49,0 ^{abcd}	14,3	36,7 ^{abc}
T10	150,8 ^{ab}	380,4 ^{abcd}	25	38,9 ^{ab}	45,7 ^{abcd}	10,9	43,4 ^{abc}
T11	152,0 ^a	463,5 ^{abcd}	32	42,4 ^a	45,3 ^{abcd}	10,4	44,3 ^{abc}
T12	150,8 ^{ab}	759,3 ^{abc}	48	38,5 ^{ab}	50,1 ^{abcd}	11,8	38,1 ^{abc}
T13	150,8 ^{ab}	380,6 ^{abcd}	25	39,7 ^{ab}	49,1 ^{abcd}	10,5	40,5 ^{abc}
T14	151,7 ^a	639,3 ^{abcd}	47	43,2 ^a	50,8 ^{abcd}	10,3	39,0 ^{abc}
T15	152,0 ^a	640,8 ^{abcd}	42	40,9 ^{ab}	57,0 ^{abc}	9,6	33,4 ^{abc}
T16	147,0 ^b	511,0 ^{abcd}	29	34,1 ^{ab}	45,0 ^{abcd}	11,4	43,6 ^{abc}
T17	147,1 ^b	232,2 ^d	14	36,6 ^{ab}	60,9 ^{ab}	12,2	26,9 ^c
T18	147,0 ^b	327,0 ^{abcd}	18	34,6 ^{ab}	49,3 ^{abcd}	13,4	37,2 ^{abc}
T19	146,7 ^b	480,4 ^{abcd}	31	38,5 ^{ab}	43,0 ^{abcd}	11,8	45,2 ^{abc}
T20	150,8 ^{ab}	301,1 ^{cd}	19	37,2 ^{ab}	43,1 ^{abcd}	12,1	44,9 ^{abc}
T21	141,0 ^c	504,1 ^{abcd}	30	36,3 ^{ab}	48,2 ^{abcd}	14,4	37,5 ^{abc}
T22	152,0 ^a	433,0 ^{abcd}	29	40,9 ^{ab}	42,3 ^{cd}	11,3	46,4 ^{ab}
T23	147,0 ^b	525,5 ^{abcd}	32	36,7 ^{ab}	53,5 ^{abcd}	10,9	35,6 ^{abc}
T24	150,8 ^b	799,3 ^a	50	37,5 ^{ab}	63,8 ^a	11,7	24,5 ^c
T25	147,0 ^b	483,3 ^{abcd}	31	38,4 ^{ab}	53,6 ^{abcd}	10,1	36,3 ^{abc}

^{abc} Letras diferentes dentro de columnas representan diferencias significativas ($p < 0,05$) / ^{abc} Different letters within columns represent significant differences ($p < 0,05$).

La concentración de PC no fue diferente ($p > 0,05$) entre las cebadas evaluadas. El material C3 presentó la menor ($p < 0,05$) concentración de cenizas respecto al material C5. Las accesiones C26 y C19 presentaron las mayores concentraciones de FDN y FDA. La accesión C5 presentó la mayor concentración de Ca, mientras que los genotipos C2, C12 y C25 presentaron las mayores de P. La accesión C12 presentó mayor concentración de NDT y EN_L que el material C19 (Cuadro 13).

Cuadro 13. Composición nutricional¹ en forraje de accesiones de cebadas (*Hordeum vulgare*), en estado lechoso-pastoso en Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Table 13. Nutritional composition¹ of barley (*Hordeum vulgare*) accessions in a medium milk stage at Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Accesión	PC	Cenizas	FDN	FDA	Almidón	Ca	P	NDT	EN _L
C1	14,7	9,5 ^{abcd}	57,3 ^{ab}	36,0 ^{abc}	4,6 ^{ab}	0,33 ^{ab}	0,22 ^{abc}	63,1 ^{bcd}	1,32 ^{bcd}
C2	14,8	9,1 ^{cd}	58,5 ^{ab}	34,9 ^{abcd}	4,7 ^{ab}	0,32 ^{ab}	0,26 ^a	63,8 ^{abcd}	1,35 ^{abcd}
C3	12,5	11,9 ^a	56,6 ^{ab}	33,6 ^{abcd}	3,8 ^b	0,27 ^{ab}	0,18 ^{abc}	64,7 ^{abcd}	1,38 ^{abcd}
C4	14,0	10,0 ^{abcd}	57,1 ^{ab}	31,9 ^{bcd}	4,8 ^{ab}	0,28 ^{ab}	0,23 ^{ab}	65,8 ^{abc}	1,43 ^{abc}
C5	14,9	7,7 ^d	57,5 ^{ab}	37,0 ^{ab}	6,4 ^{ab}	0,42 ^a	0,18 ^{abc}	62,5 ^{cd}	1,29 ^{cd}
C6	13,6	10,4 ^{abc}	56,2 ^{ab}	32,3 ^{bcd}	4,6 ^{ab}	0,25 ^b	0,20 ^{abc}	65,6 ^{abc}	1,42 ^{abc}
C7	12,2	11,8 ^{ab}	57,2 ^{ab}	34,4 ^{abcd}	4,5 ^{ab}	0,24 ^b	0,17 ^{bc}	64,2 ^{abcd}	1,36 ^{abcd}
C8	11,6	10,3 ^{abcd}	59,0 ^{ab}	33,7 ^{abcd}	4,8 ^{ab}	0,30 ^{ab}	0,17 ^{bc}	64,7 ^{abcd}	1,38 ^{abcd}
C9	13,3	9,3 ^{abcd}	58,7 ^{ab}	35,7 ^{abcd}	5,8 ^{ab}	0,30 ^{ab}	0,18 ^{abc}	63,3 ^{abcd}	1,32 ^{abcd}
C10	14,2	9,9 ^{abcd}	56,6 ^{ab}	33,8 ^{abcd}	5,2 ^{ab}	0,27 ^{ab}	0,21 ^{abc}	64,6 ^{abcd}	1,38 ^{abcd}
C11	14,3	10,3 ^{abcd}	57,2 ^{ab}	33,0 ^{abcd}	4,9 ^{ab}	0,24 ^b	0,22 ^{abc}	65,1 ^{abcd}	1,40 ^{abcd}
C12	14,6	10,7 ^{abc}	55,3 ^b	30,1 ^d	6,7 ^{ab}	0,33 ^{ab}	0,26 ^a	67,1 ^a	1,48 ^a
C13	12,6	10,4 ^{abc}	58,5 ^{ab}	32,8 ^{bcd}	5,3 ^{ab}	0,32 ^{ab}	0,22 ^{abc}	65,2 ^{abc}	1,40 ^{abc}
C14	12,8	10,7 ^{abc}	58,2 ^{ab}	34,3 ^{abcd}	4,9 ^{ab}	0,33 ^{ab}	0,22 ^{ab}	64,2 ^{abcd}	1,36 ^{abcd}
C15	14,4	10,3 ^{abc}	57,0 ^{ab}	33,2 ^{abcd}	5,1 ^{ab}	0,37 ^{ab}	0,24 ^{ab}	64,9 ^{abcd}	1,39 ^{abcd}
C16	14,5	11,2 ^{abc}	56,2 ^{ab}	32,9 ^{bcd}	4,8 ^{ab}	0,32 ^{ab}	0,24 ^{ab}	65,1 ^{abcd}	1,40 ^{abcd}
C17	13,3	10,0 ^{abcd}	58,1 ^{ab}	31,7 ^{bcd}	6,0 ^{ab}	0,26 ^{ab}	0,22 ^{abc}	66,0 ^{abc}	1,43 ^{abc}
C18	11,5	11,6 ^{abc}	58,0 ^{ab}	34,1 ^{abcd}	5,2 ^{ab}	0,28 ^{ab}	0,17 ^{bc}	64,4 ^{abcd}	1,37 ^{abcd}
C19	12,5	9,1 ^{bcd}	58,9 ^{ab}	38,8 ^a	5,9 ^{ab}	0,28 ^{ab}	0,14 ^c	61,3 ^d	1,24 ^d
C20	13,9	10,8 ^{abc}	57,4 ^{ab}	31,4 ^{bcd}	4,9 ^{ab}	0,27 ^{ab}	0,24 ^{ab}	66,1 ^{abc}	1,44 ^{abc}
C21	13,8	10,3 ^{abcd}	56,8 ^{ab}	32,1 ^{bcd}	5,3 ^{ab}	0,32 ^{ab}	0,23 ^{ab}	65,8 ^{abc}	1,43 ^{abc}
C22	14,6	11,5 ^{abc}	55,3 ^b	31,9 ^{bcd}	4,3 ^{ab}	0,29 ^{ab}	0,20 ^{abc}	65,8 ^{abc}	1,43 ^{abc}
C23	12,2	9,9 ^{abcd}	59,4 ^{ab}	35,3 ^{abcd}	5,1 ^{ab}	0,31 ^{ab}	0,20 ^{abc}	63,6 ^{abcd}	1,34 ^{abcd}
C24	14,0	9,8 ^{abcd}	58,6 ^{ab}	34,5 ^{abcd}	5,5 ^{ab}	0,23 ^b	0,23 ^{ab}	64,1 ^{abcd}	1,36 ^{abcd}
C25	14,9	10,0 ^{abcd}	55,8 ^{ab}	30,4 ^{cd}	7,1 ^a	0,30 ^{ab}	0,26 ^a	66,8 ^{ab}	1,47 ^{ab}
C26	13,0	10,6 ^{abc}	60,5 ^a	32,5 ^{bcd}	5,4 ^{ab}	0,26 ^{ab}	0,23 ^{abc}	65,4 ^{abc}	1,41 ^{abc}

^{abc} Letras diferentes dentro de columnas representan diferencias significativas ($p < 0,05$) / ^{abc} Different letters within columns represent significant differences ($p < 0,05$). ¹. PC: proteína cruda. FDN: fibra en detergente neutro. FDA: fibra en detergente ácido. Ca: calcio. P: fósforo. NDT: nutrientes digestibles totales. EN_L: energía neta de lactancia / ¹. PC: crude protein. FDN: neutral detergent fiber. FDA: acid detergent fiber. Ca: calcium. P: phosphorus. NDT: total digestible nutrients. EN_L: net energy of lactation.

Las concentraciones de PC, FDA, P, NDT y EN_L no fueron diferentes ($p > 0,05$) entre los trigos evaluados. La accesión T14 presentó el mayor ($p < 0,05$) concentración de cenizas. La accesión T11 presentó la mayor ($p < 0,05$)

contenido de FDN. La accesión T15 presentó la mayor ($p<0,05$) cantidad de almidón. Finalmente, el genotipo T1 presentó la mayor ($p<0,05$) concentración de Ca (Cuadro 14).

Cuadro 14. Calidad nutricional¹ en forraje de accesiones de trigo (*Triticum* spp.), en estado lechoso-pastoso en Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Table 14. Nutritional composition¹ of wheat (*Triticum* spp.) accessions during medium milk stage at Mosquera, Cundinamarca, Colombia. 2018.

Accesión	PC	Cenizas	FDN	FDA	Almidón	Ca	P	NDT	EN _L
T1	10,2	10,9 ^{ab}	57,6 ^{abc}	30,0	9,5 ^{abc}	0,30 ^a	0,18	67,0	1,48
T2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T3	9,6	11,4 ^{ab}	56,7 ^{abc}	30,1	8,7 ^{abc}	0,28 ^{ab}	0,16	67,0	1,48
T4	8,8	12,3 ^{ab}	58,0 ^{ab}	30,6	8,6 ^{abc}	0,21 ^{abcd}	0,16	66,7	1,46
T5	10,5	9,6 ^{ab}	53,8 ^{abc}	28,3	7,3 ^{bc}	0,09 ^{abcd}	0,17	68,2	1,53
T6	9,1	9,7 ^{ab}	55,3 ^{abc}	27,8	6,1 ^{bc}	0,04 ^d	0,16	68,5	1,54
T7	8,7	9,7 ^{ab}	52,3 ^c	26,7	6,3 ^{bc}	0,03 ^d	0,17	69,3	1,57
T8	8,7	11,0 ^{ab}	55,4 ^{abc}	30,6	7,2 ^{bc}	0,07 ^{bcd}	0,15	66,7	1,47
T9	8,9	9,5 ^{ab}	54,7 ^{abc}	28,5	6,8 ^{bc}	0,10 ^{abcd}	0,16	68,1	1,52
T10	8,9	10,7 ^{ab}	56,8 ^{abc}	30,3	8,1 ^{abc}	0,20 ^{abcd}	0,15	66,9	1,47
T11	8,7	9,8 ^{ab}	59,3 ^a	31,7	10,4 ^{ab}	0,27 ^{ab}	0,16	66,0	1,43
T12	9,8	10,8 ^{ab}	54,9 ^{abc}	29,2	8,8 ^{abc}	0,16 ^{abcd}	0,17	67,5	1,50
T13	9,4	10,3 ^{ab}	56,4 ^{abc}	29,2	9,1 ^{abc}	0,17 ^{abcd}	0,14	67,5	1,50
T14	9,3	13,4 ^a	56,2 ^{abc}	27,6	9,8 ^{abc}	0,30 ^a	0,17	68,7	1,55
T15	7,9	9,2 ^b	56,9 ^{abc}	29,4	13,0 ^a	0,25 ^{abc}	0,15	67,4	1,49
T16	7,7	11,0 ^{ab}	57,8 ^{ab}	30,8	5,9 ^{bc}	0,06 ^{cd}	0,14	66,6	1,46
T17	8,3	10,2 ^{ab}	54,2 ^{abc}	27,5	5,3 ^{bc}	0,01 ^d	0,16	68,7	1,55
T18	9,3	10,2 ^{ab}	55,6 ^{abc}	29,2	5,8 ^{bc}	0,04 ^d	0,16	67,6	1,50
T19	9,1	10,3 ^{ab}	56,1 ^{abc}	28,4	6,2 ^{bc}	0,09 ^{abcd}	0,17	68,2	1,53
T20	10,5	11,6 ^{ab}	56,1 ^{abc}	29,2	8,2 ^{abc}	0,26 ^{abc}	0,20	67,5	1,50
T21	10,2	10,6 ^{ab}	55,2 ^{abc}	28,7	5,3 ^c	0,11 ^{abcd}	0,18	67,9	1,51
T22	9,9	11,4 ^{ab}	56,8 ^{abc}	30,4	10,1 ^{abc}	0,30 ^a	0,18	66,8	1,47
T23	8,7	9,7 ^{ab}	55,2 ^{abc}	28,8	6,0 ^{bc}	0,04 ^d	0,16	67,9	1,52
T24	9,6	10,7 ^{ab}	57,7 ^{abc}	30,3	8,0 ^{abc}	0,26 ^{abc}	0,15	66,8	1,47
T25	7,7	8,7 ^b	53,3 ^{bc}	28,0	8,2 ^{abc}	0,04 ^d	0,15	68,3	1,53

^{abc} Letras diferentes dentro de columnas representan diferencias significativas ($p<0,05$) / ^{abc} Different letters within columns represent significant differences ($p<0,05$). ¹. PC: proteína cruda. FDN: fibra en detergente neutro. FDA: fibra en detergente ácido. Ca: calcio. P: fósforo. NDT: nutrientes digestibles totales. EN_L: energía neta de lactancia / ¹. PC: crude protein. FDN: fiber in neutral detergent. FDA: fiber in acid detergent. Ca: calcium. P: phosphorus. NDT: total digestible nutrients. EN_L: net energy of lactation.

Discusión

En el presente trabajo, las accesiones de trigo y cebada presentaron buen vigor y baja incidencia de plagas y enfermedades durante la evaluación, especialmente las accesiones C7, C17, C20 y T22 (Cuadros 4 y 5). Las cebadas y los trigos alcanzaron alturas de 1,06 y 0,97 m, respectivamente (Cuadro 6). Similar a lo encontrado en este trabajo, la literatura reporta alturas en cebadas que varían entre 0,6 y 1,05 m (Amabile et al. 2017). Además, cuando se incrementó la edad del cultivo, la altura y la relación hoja:planta aumentó, asociado con el mayor desarrollo del área foliar (Castañeda et al., 2004). Sin embargo, la relación hoja:tallo presentó un comportamiento diferencial entre las cebadas y los trigos evaluados. La mayor relación hoja:tallo se encontró a los 45 y 85 días después de la siembra para los trigos y las cebadas, respectivamente (Cuadro 6). Las cebadas presentaron un tasa de reducción de la relación hoja:tallo mayor que la de los trigos. Estos resultados sugieren que la calidad de las cebadas es mejor en estadios tempranos, mientras que los trigos pueden mantener una mejor calidad en estadios tardíos. Aunado a esto, los trigos presentaron un mejor vigor y resistencia a plagas y enfermedades a lo largo del periodo de evaluación respecto a las cebadas (Cuadro 6).

Las producciones de materia seca de las cebadas durante los estados de vaina engrosada y grano lechoso-pastoso variaron entre 5 y 19 y 18 y 41 t MS h⁻¹, respectivamente; en donde las accesiones C17 y C20 presentaron las mayores producciones de biomasa (Cuadros 7 y 11). Estos resultados están entre los rangos reportados de producción de biomasa de cebadas nativas en Argelia (0,61 y 1,96 t MS h⁻¹; Rahal-Bouziiane et al., 2015) y en Brasil (1,9 y 6,5 t MS h⁻¹; Meneses-Sayd et al., 2017). Asimismo, Cuesta (2011) reportó producciones de MS en cebadas en estados de vaina engrosada y grano lechoso-pastoso de 4,15 y 7,80 t MS ha⁻¹, respectivamente, diferentes a las encontradas en el presente estudio. Los resultados reportados en la literatura fueron similares a los encontrados en este trabajo cuando las cebadas se cosecharon en estado de vaina engrosada, pero menores en el estado de grano lechoso-pastoso. Posiblemente, las condiciones ambientales y de manejo expliquen la diferencia en la respuesta productiva.

Las accesiones de trigo evaluadas presentaron producciones de materia seca durante el estado de vaina engrosada y de grano lechoso-pastoso que variaron entre 2 y 19 y 14 y 50 t MS ha⁻¹, respectivamente; en donde la accesión T24 presentó la mayor producción de biomasa (Cuadros 8 y 12). Desafortunadamente, no se encontraron reportes del rendimiento de biomasa de trigos destinados a la alimentación de rumiantes, aunque Castañeda et al. (2004) sugirieron que las variedades de cebada producen 40 % más MS respecto a los trigos, debido a un mayor desarrollo del área foliar.

Durante el estado de vaina engrosada, las concentraciones de proteína cruda (PC), fibra en detergente neutro (FDN) y energía neta de lactancia (EN_L) en cebadas variaron entre 19,0 y 24,5 %, 44,0 y 53,1 % y 1,37 y 1,50 Mcal kg⁻¹ MS, respectivamente. La accesión C2 presentó la mayor concentración de PC y EN_L y la menor de FDN (Cuadro 9). Durante el estado de grano lechoso-pastoso las concentraciones de PC, FDN y EN_L en cebadas variaron entre 11,5 y 14,9%, 55,3 y 60,5% y 1,24 y 1,48 Mcal kg⁻¹ MS, respectivamente. Las accesiones C5, C12, C25 y C26 presentaron las mejores características composicionales (Cuadro 13). La literatura reporta que las concentraciones de PC de cebadas en estado de grano lechoso-pastoso varían entre 10 y 14%, siendo similares a las encontradas en este trabajo; y las concentraciones de FDN varían entre 25 a 42%, proporciones menores a las encontradas en este trabajo (Amabile et al, 2017; Bowman et al., 2001; Cuesta, 2008; Nair et al., 2016; Ovenell et al., 1998).

Las concentraciones de PC, FDN y EN_L durante el estado de vaina engrosada en trigos variaron entre 13,9 y 23,9%, 48,7 y 59,2% y 1,28 y 1,48 Mcal kg⁻¹ MS, respectivamente. Las accesiones T9, T14 y T20 presentaron las mejores características nutricionales. Durante el estado de grano lechoso-pastoso las concentraciones de PC, FDN y EN_L de los trigos variaron entre 7,7 y 10,5%, 52,3 y 59,3% y 1,43 y 1,57 Mcal kg⁻¹ MS, respectivamente. Las accesiones T5, T7 y T20 presentaron las mejores características composicionales. No se encontraron reportes de la calidad nutricional de biomasa de trigos destinados a la alimentación de rumiantes. Sin embargo, la avena

forrajera, otro cereal de grano pequeño utilizado en los sistemas de alimentación de rumiantes (Campuzano et al., 2020), presenta concentraciones de PC, FDN y DIVMS en estado de vaina engrosada que variaron entre 11 a 20, 48 a 59, 28 y 80 %, respectivamente (Arreaza, 2012; Contreras-Govea & Albrecht, 2006), mientras que en estado de grano lechoso-pastoso, se indican concentraciones PC, FDN, almidón y DIVMS de 6 a 15, 50 a 69, 23 a 37 y 67 a 75 %, respectivamente (Arreaza, 2012; Campuzano et al., 2020; Celis et al., 2017; Cuesta, 2008; Kim et al., 2006).

En el presente trabajo se evidenció que a mayor edad de los cereales se incrementó la proporción de tallos en la planta (Cuadro 4), lo que se asocia con una concentración mayor de FDN y menor de PC, almidón y energía (Cuadro 6, 9 y 10). Por ejemplo, la accesión C7 presentó una mayor relación hoja:biomasa durante el estado de vaina engrosada (Cuadro 7), mientras que la accesión T7 tuvo una menor proporción de tallos (Cuadro 12), lo que se relaciona con una mayor calidad nutricional de la biomasa (Cuadros 9 y 14). Las variedades tardías o las bajas temperaturas durante el desarrollo del cultivo, modifican positivamente la calidad nutricional al reducirse la concentración de la fracción fibrosa e incrementar la digestibilidad del forraje (Contreras-Govea & Albrecht, 2006; Kim et al., 2006).

Las accesiones que presentaron mejores atributos productivos y nutricionales exhibieron hábitos de crecimiento semi-erecto y erecto, lo que indica que esta característica puede ser importante en los programas de selección de materiales destinados a la alimentación de rumiantes. Las variedades postradas son más tardías y requieren mayor temperatura, mientras que las erectas producen menos tallos y son más resistentes a la sequía, debido a una mayor competencia por la luz y los nutrientes respecto a las variedades postradas (Kim et al., 2006).

Los resultados de este trabajo permiten reconocer materiales de cebadas y trigos con potencial para continuar en los programas de investigación. Además, otras variables que pueden ser incluidas en los programas de evaluación de cultivos forrajeros son: i. el incremento en la calidad nutricional (e.g. la digestibilidad del FDN), ii. la adaptación de la planta a las condiciones ambientales (e.g. desarrollo de la raíz), y iii. la eficiencia de utilización de nutrientes (e.g. menor utilización de agua) (Foulkes et al., 2009; Nair et al., 2016). La evaluación de materiales forrajeros destinados a los sistemas de alimentación de rumiantes debe priorizar la producción de biomasa de buena calidad (Habib et al., 1998; Kim et al., 2006). Sin embargo, la selección de accesiones debe circunscribirse a contextos específicos de producción (Castañeda et al., 2004; Hayes et al., 2018), lo que requiere la generación de programas continuos de evaluación, selección y mejoramiento de cultivos forrajeros destinados a la alimentación de rumiantes.

Conclusión

Las accesiones C7, C17 y C20 de cebadas y T7, T15 y T24 de trigos presentaron las mejores características agronómicas y nutricionales que los señalan como genotipos promisorios para continuar en evaluación de respuesta productiva para la alimentación de bovinos.

Referencias

- Adams, R. S. (1994). Regression equations for estimating energy values of various feeds. In V. Ishler (Ed.), *From feed to milk: Understanding rumen function* (p. 20). Extension circular No. 422, Pennsylvania State University.
- Amabile, R. F., Gelape, F. G., Capettini, F., Peixoto, J. R., & Meneses, R. (2017). Genetic variability in elite barley genotypes based on the agro-morphological characteristics evaluated under irrigated systems. *Ciência e Agrotecnologia*, 41(2), 147–158. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542017412010116>

- Amézquita, E. (1998). Fertilización de la cebada. En R. Guerrero (Ed.), *Fertilización de cultivos en clima frío* (2 ed., pp. 156–168). Sáenz y Cía., Ltda.
- Ariza-Nieto, C., Mayorga, O. L., Mojica, B., Parra, D., & Afanador-Tellez, G. (2017). Use of LOCAL algorithm with near infrared spectroscopy in forage resources for grazing systems in Colombia. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 26(1), 44–52. <http://dx.doi.org/10.1177/0967033517746900>
- Arreaza, L. C. (2012). *Diseño de sistemas de alimentación con el uso de cultivos forrajeros como estrategia para afrontar la sequía y las heladas y mejorar la competitividad y la sostenibilidad de los sistemas de producción de leche del trópico alto*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Bowman, J. G. P., Blake, T. K., Surber, L. M. M., Habernicht, D. K., & Bockelman, H. (2001). Feed-quality variation in the barley core collection of the USDA national small grains collection. *Crop Science*, 41(3), 863–870. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2001.413863x>
- Britt, J. H., Cushman, R. A., Dechow, C. D., Dobson, H., Humblot, P., Hutjens, M. F., Jones, G. A., Ruegg, P. S., Sheldon, I. M., & Stevenson, J. S. (2018). Learning from the future—A vision for dairy farms and cows in 2067. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3722–3741. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-14025>
- Campuzano, L. F., Castro, E., Castillo, J., Torres, D., Nieto, D., & Portillo, P. (2020). Altoandina: nueva variedad de avena forrajera para la zona Andina en Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 31(3), 581–595. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v31i3.38999>
- Carulla, J.E., & Ortega, E. (2016). Sistemas de producción lechera en Colombia: Retos y oportunidades. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 24(2), 83–87.
- Castañeda, M. C., López, C., Molina, J., Colinas, T. B., & Livera, A. (2004). Crecimiento y desarrollo de cebada y trigo. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 27(2), 167–175. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61027207>
- Celis-Álvarez, M. D., López-González, F., Estrada-Flores, J. G., Domínguez-Vara, I. A., Heredia-Nava, D., Munguía-Contreras, A., & Arriaga-Jordán, C. M. (2017). Evaluación nutricional in vitro de forrajes de cereales de grano pequeño para sistemas de producción de leche en pequeña escala. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20(3), 439–446. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93953814012.pdf>
- Contreras-Govea, F. E., & Albrecht, K. A. (2006). Forage production and nutritive value of oat in autumn and early summer. *Crop Science*, 46(6), 2382–2386. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2005.12.0458>
- Cuesta, P.A. (2008). *Evaluación y selección de nuevas especies forrajeras para mejorar la eficiencia de los sistemas ganaderos de leche del trópico alto colombiano. Informe final de investigación*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Cuesta, P. A. (2011). *Desarrollo de estrategias integrales de manejo agronómico de especies forrajeras perennes y anuales adaptadas para mejorar la competitividad y sostenibilidad de la ganadería de leche especializada del trópico alto colombiano. Informe final de investigación*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Ding, S., Oba, M., Swift, M. L., O'Donovan, J. T., Edney, M. J., McAllister, T. A., & Yang, W. Z. (2015). In vitro gas production and dry matter digestibility of malting barley grain sown with different seeding and nitrogen fertilization rates in Canada. *Animal Feed Science and Technology*, 199, 146–151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.11.014>

- Foulkes, M. J., Hawkesford, M. J., Barraclough, P. B., Holdsworth, M. J., Kerr, S., Kightley, S., & Shewry, P. R. (2009). Identifying traits to improve the nitrogen economy of wheat: Recent advances and future prospects. *Field Crops Research*, 114(3), 329–342. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2009.09.005>
- Galloway, C., Conradie, B., Prozesky, H., & Esler, K. (2018). Are private and social goals aligned in pasture-based dairy production? *Journal of Cleaner Production*, 175, 402–408. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.036>
- Godde, C. M., Garnett, T., Thornton, P. K., Ash, A. J., & Herrero, M. (2018). Grazing systems expansion and intensification: Drivers, dynamic, and trade-offs. *Global Food Security*, 16, 93–105. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2017.11.003>
- Habib, G., Hassan, M. F., & Siddiqui, M. M. (1998). Degradation characteristics of straw from different wheat genotypes and their response to urea-ammoniation treatment. *Animal Feed Science and Technology*, 72(3–4), 373–386. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00137-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00137-5)
- Hayes, R. C., Wang, S., Newell, M. T., Turner, K., Larsen, J., Gazza, L., Anderson, J. A., Bell, L. W., Cattani, D. J., Frels, K., Galassi, E., Morgounov, A. I., Revell, C. K., Thpa, D. B., Sacks, E. J., Sameri, M., Wade, L. J., Westerbergh, A., Shamanin, V., ... & Li, G. D. (2018). The performance of early-generation perennial winters cereals at 21 sites across four continents. *Sustainability*, 10(4), 1124–1152. <http://dx.doi.org/10.3390/su10041124>
- Herrero, M., Wiersenius, S., Henderson, B., Rigolot, C., Thornton, P., Havlík, P., de-Boer, I., & Gerber, P.G. (2015). Livestock and environment: What have we learned in the past decade? *Annual Review of Environmental and Resources*, 40, 177–202. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-environ-031113-093503>
- Kim, J. D., Kim, S. G., Abuel, S. J., Kwon, C. H., Shin, C. N., Ko, K. H., & Park, B. G. (2006). Effect of location, season, and variety on yield and quality of forage oat. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 19(7), 970–977. <https://doi.org/10.5713/ajas.2006.970>
- Martínez, R., Martínez, N., & Martínez, M. V. (2011). *Diseño de experimentos en ciencias agropecuarias y biológicas con SAS, SPSS, R y Statistix* (1ª ed.). Fondo Nacional Universitario.
- Meneses-Sayd, R., Amabile, R. F., Gelape-Faleiro, F., Leite-Montalvão, A. P., & Costa-Coelho, M. (2017). Agronomic characterization of high yielding irrigated barley accessions in the Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(2), 84–94. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2017000200002>
- Mottet, A., de-Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C., & Gerber, P. (2017). Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of feed/food debate. *Global Food Security*, 14, 1–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>
- Nair, J., Christensen, D., Yu, P., Beattie, A. D., McAllister, T., Damiran, D., Preston, N., Fuhr, L., & McKinnon, J. J. (2016). A nutritional evaluation of common barley varieties grown for silage by beef and dairy producers in western Canada. *Canadian Journal of Animal Science*, 96(4), 598–608. <http://dx.doi.org/10.1139/cjas-2016-0032>
- Ovenell, K. H., Nelson, M. L., Froseth, J. A., & Parish, S. M. (1998). Variation in chemical composition and nutritional quality among barley cultivar for ruminants. 2. Digestion, ruminal characteristics and *in situ* disappearance kinetics. *Canadian Journal of Animal Science*, 78(3), 377–388. <http://dx.doi.org/10.4141/A96-099>
- Pantoja, C., & García, B. (1998). Fertilización del cultivo de trigo en el departamento de Nariño. En R. Guerrero (Ed.), *Fertilización de cultivos en clima frío* (2 ed., pp. 134–154). Sáenz y Cía., Ltda.

- Rahal-Bouziane, H., Alane, F., & Abdelguerfi, A. (2015). Forage quality, forage dry matter yield, grain protein and agronomic traits of traditional barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) from rural areas in Algeria. *Livestock Research for Rural Development*, 27(9), article 182. <http://www.lrrd.org/lrrd27/9/raha27182.html>
- Rao, I., Peters, M., Castro, A., Schultze-Kraft, R., White, D., Fisher, M., Miles, J., Lascano, C., Blümmel, M., Bungenstab, D., Tapasco, J., Hyman, G., Bolliger, A., Paul, B., van der Hoek, R., Maass, B., Tiemann, T., Cuchillo, M., Douxchamps, S., ... & Rudel, T. (2015). LivestockPlus-The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystems services in the tropics. *Topical Grasslands*, 3(2), 59–82. [http://dx.doi.org/10.17138/TGFT\(3\)59-82](http://dx.doi.org/10.17138/TGFT(3)59-82)
- Roche, J. R., Berry, D. P., Bryant, A. M., Burke, C. R., Butler, S. T., Dillon, P. G., Donaghy, D. J., Horan, B., Macdonald, K. A., & Macmillan, K. L. (2017). A 100-year review: A century of change in temperate grazing dairy systems. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10189–10233. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13182>
- Toledo, J. M., & Schultze-Kraft, R. (1982). Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. En M. Toledo (Ed.), *Manual para la evaluación agronómica* (pp. 91 -111). Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Vargas, J., Sierra, A., Benavidez, J. C., Avellaneda, Y., Mayorga, O., & Ariza, C. (2018). Establecimiento y producción de raigrás y tréboles en dos regiones del trópico alto colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 177–191. <http://dx.doi.org/10.15517/ma.v29i1.28077>