

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y VALOR NUTRITIVO DE DOS GENÓTIPOS DE CEBADA DOBLE PROPÓSITO EN LA REGIÓN JUNÍN DE PERÚ

PRODUCTIVE BEHAVIOR AND NUTRITIVE VALUE OF TWO DOUBLE- PURPOSE BARLEY GENOTYPES IN THE JUNÍN REGION OF PERU

RESUMEN

En las zonas altoandinas de Junín, la cebada aún representa un recurso subutilizado en la alimentación animal, a pesar de su potencial como cultivo de doble propósito. El objetivo fue evaluar las características agronómicas y el valor nutritivo de dos genotipos mejorados de cebada (*Hordeum vulgare*) y una variedad local. El estudio se realizó en Sincos, Junín, Perú, con los genotipos UNALM 96 M6h-617, UNALM 96 M6h-326 y una variedad local, bajo un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Las medias se compararon mediante Tukey ($p < 0.05$). UNALM 96 M6h-617 presentó el mayor número de plantas emergidas (35); UNALM 96 M6h-326 destacó por el número de hojas por tallo (6); y la variedad local alcanzó el mayor peso de mil granos (47 g). Los rendimientos de grano y paja fueron, respectivamente, 261 y 7383, 590 y 6878, y 341 y 5985 kg de materia seca/ha para UNALM 96 M6h-326, la variedad local y UNALM 96 M6h-617. Se encontraron diferencias significativas en rendimiento de paja, pero no de grano. UNALM 96 M6h-326 presentó mejor calidad de paja, con digestibilidad in vitro de la materia orgánica de 51.9% y fibra detergente neutro de 50.0%. La energía neta de lactación de la paja fue similar entre genotipos. Se concluye que UNALM 96 M6h-326 constituye una alternativa de doble propósito por su rendimiento de paja y calidad nutritiva.

Palabras clave: Calidad nutricional, *Hordeum vulgare*, UNALM 96 M6h-326, características agronómicas

ABSTRACT

In the high-Andean zones of Junín, barley remains an underutilized resource for animal feed, despite its potential as a dual-purpose crop. The objective was to evaluate the agronomic characteristics and nutritional value of two improved barley genotypes (*Hordeum vulgare*) and one local variety. The study was conducted in Sincos, Junín, Peru, using genotypes UNALM 96 M6h-617, UNALM 96 M6h-326, and a local variety, following a randomized complete block design with three treatments and four replications. Means were compared using the Tukey test ($p < 0.05$). UNALM 96 M6h-617 showed the highest number of emerged plants (35); UNALM 96 M6h-326 stood out for the number of leaves per stem (6); and the local variety achieved the highest thousand-grain weight (47 g). Grain and straw yields were 261 and 7383, 590 and 6878, and 341 and 5985 kg dry matter/ha for UNALM 96 M6h-326, the local variety, and UNALM 96 M6h-617, respectively. Significant differences were found in straw yield, but not in grain yield. UNALM 96 M6h-326 exhibited superior straw quality, with an *in vitro* organic matter digestibility of 51.9% and a neutral detergent fiber content of 50.0%. The net energy for lactation of the straw was similar across genotypes. It is concluded that UNALM 96 M6h-326 represents a dual-purpose alternative due to its straw yield and nutritional quality.

Keywords: Calidad nutricional, *Hordeum vulgare*, UNALM 96 M6h-326, characteristics agronomics

INTRODUCCIÓN

La cebada es una planta diploide, monoica y autógena, perteneciente a la familia Poaceae, originaria de Asia, y ocupa el 9,4% de la superficie total de los cereales cultivados en diferentes climas del mundo (Brassac & Blattner, 2015). En Europa se concentra el 50% de las áreas sembradas y se produce el 63% (Abbassian, 2010). Sumado a lo anterior, se destaca que, en la agricultura, es la primera planta domesticada, al demostrarse por estudios arqueológicos

que su cultivo se inició en el Neolítico (Bothmer & Jacobsen, 1985). Este cereal fue introducido en el Perú en el siglo XVI; asimismo, en la década de 1960, en las regiones altoandinas del Perú, Ecuador y Bolivia (Romero & Gómez, 2004). La siembra de cebada se realiza a más de 3000 msnm en el Perú, en regiones como Puno, Cusco, Junín y Huancavelica (SIEA, 2018). En estas regiones se estima que el 95% de la superficie de la sierra está cultivada con trigo y cebada (Collantes & Gómez-Pando, 2022).

En las últimas décadas se ha ido reportando legislación sobre especies en extinción, sequías prolongadas, crecimiento urbano. Los dos últimos fenómenos han limitado la disponibilidad del recurso hídrico para el riego de los cultivos; este factor ha afectado las necesidades de cada especie para producir forraje de calidad con menos agua. Por lo anterior, el mejoramiento genético se inicia con la colección de diferentes variedades sembradas con tecnologías deficientes y en suelos marginales, aprovechando su capacidad de adaptación a las condiciones extremas de las zonas altoandinas para que contribuyan a mitigar el cambio climático (Romero & Gómez, 2004).

En las comunidades altas de la región Junín el uso de la cebada es poco usual para producción de forraje, menos común el uso de la paja de cebada a pesar de las bondades que puede presentar; los productores de estas zonas no tienen muchas variedades de cebada, que hagan frente al cambio climático. Entonces, la problemática es la ausencia de variedades seleccionadas para producción de forraje y grano, por lo que hasta el momento se desconoce el valor nutritivo que pueda tener la paja de cebada.

El objetivo del trabajo fue evaluar la caracterización agronómica y el valor nutritivo de una cebada de variedad local y de dos genotipos de doble propósito, seleccionados previamente

a partir de un experimento con 25 genotipos, ya que estos mostraron mejores características para una cebada de doble propósito (Llaca et al., 2020).

MÉTODO

El experimento se realizó desde diciembre de 2017 hasta agosto de 2018, en las comunidades de Chalhuan y Sallahuachac, distrito de Sincos, provincia de Jauja, departamento de Junín. A una altitud entre 3308 y 3810 msnm, con temperaturas anuales de 0.7 y 19.5 °C. En la cuenca del río Mantaro, el 83% de la precipitación anual se registra entre octubre y abril, con máximos entre enero y marzo y mínimos entre junio y julio (IGP, 2005).

Se utilizaron semillas botánicas de dos líneas mutantes de cebada en generación M8, correspondientes a los genotipos UNALM 96 M6h-617 y UNALM 96 M6h-326, seleccionadas de parcelas demostrativas, según el ranking de 25 genotipos de doble propósito (Llaca et al., 2020). Ambas derivan de la variedad comercial UNA La Molina 96 mediante irradiación gamma y presentan mutaciones morfológicas en la inflorescencia (Aldaba, 2013). Como testigo se empleó la variedad local Andina del centro, cultivada desde el nivel del mar hasta los 3600 msnm, semiprecoz, de bajo rendimiento y con espiga ligeramente inclinada de densidad intermedia. Su semilla se conserva debido al predominio de la agricultura de subsistencia.

Análisis de suelo

Se recolectaron muestras de suelo a 20 cm de profundidad en distintos puntos del campo experimental y se integraron en una muestra compuesta representativa de ambas comunidades. El análisis fisicoquímico se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes del Departamento de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los resultados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Características fisicoquímicas de suelos de las comunidades de Sincos.

	Comunidad de Challhuas		Comunidad de Sallahuachac	
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4
a. Física				
Topográfica	Con pendiente y ondulaciones muy espaciadas	Con pendiente y micro quebrada	Con pendiente y ondulaciones suaves	Con pendiente y ondulaciones espaciadas
Drenaje natural	Imperfecto a pobre	Moderado a bueno	Algo excesivo a bueno	Moderado a bueno
Profundidad efectiva	Muy superficial	Moderadamente Profundo	Profundo	Moderadamente Profundo
Arena (%)	40	42	46	36
Limo (%)	28	38	30	22
Arcilla (%)	32	20	24	42
Clase textural	Franco arcilloso	Franco	Franco	Arcilloso
b. Químicas				
Materia orgánica (%)	1.59	9.98	5.52	5.32
P – disponible (%)	2.6	6.5	1.7	15.3
pH	7.46	4.12	4.03	6.57
CaCO ₃ (%)	31.5	0	0	0.8
Capacidad de intercambio (me/100g)	24.48	28.16	20.16	30.4
Cationes intercambiables (me/100g)	Ca: 22.37	Ca: 4.04	Ca: 4.25	Ca: 25.00
	Mg: 1.10	Mg: 0.65	Mg: 0.27	Mg: 1.98
	K: 0.89	K: 0.52	K: 0.46	K: 1.94
	Na:0.11	Na: 0.08	Na: 0.08	Na: 0.12
Abreviaturas: CaCO ₃ : Carbonato de Calcio, Ca: Calcio, Mg: Magnesio, K: Potasio, Na: Sodio				

Características del campo experimental

Los dos genotipos seleccionados de cebada y la variedad local se sembraron en un área experimental de 14 733 m², dividida en cuatro bloques de aproximadamente 3683 m² cada uno. Cada bloque comprendió tres subparcelas de aproximadamente 1228 m², una por cada tratamiento.

Conducción del experimento

El campo se limpió, aró con discos y mulló con rastra agrícola. En diciembre de 2017 se sembró al voleo a 120 kg/ha, cubriendo las semillas con picotas. Las malezas se eliminaron manualmente. En julio de 2018 se cosechó con el grano “frágil bajo el diente” y una humedad de 12–14%. Las plantas se cortaron con hoz al ras del suelo, se pesó la biomasa total y se trilló

con caballos. Posteriormente, se limpiaron y pesaron los granos y se calculó la producción de paja. Durante el desarrollo fenológico se evaluaron 10 plantas seleccionadas al azar en cinco puntos por tratamiento, utilizando una regla de madera, una cinta métrica y una balanza analítica.

Evaluación de la paja de cebada

Las pajas de cebada se analizaron en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina para determinar cenizas, proteína cruda (PC) y fibra detergente neutro (FDN), según la AOAC (2005). La digestibilidad in vitro de la materia seca (MS), materia orgánica (MO) y FDN se determinó mediante la técnica de Tilley & Terry (1963), modificada por Van Soest et al. (1966). La cuantificación de los constituyentes no digeridos de la pared celular permitió estimar la digestibilidad verdadera.

La energía neta de lactación (ENL) se estimó mediante la ecuación de Robinson et al. (2004): $ENL \text{ (Mcal/kg MS)} = [0.82 - (0.00661 \times \% \text{ FDN}) + (0.00557 \times \% \text{ PC})] \times 2.2046$.

Diseño experimental y análisis estadístico

Los datos se procesaron mediante un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos (genotipos) y cuatro repeticiones. El análisis de varianza se realizó en SAS 9.4 y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$), según Cochran & Cox (1990). Se utilizó el siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \sum ij$$

Donde:

Y_{ij} = Observación de cualquier tratamiento i en el bloque j .

μ = Media de la población

α_i = Efecto aleatorio del i -ésimo tratamiento (genotipo), donde $i = 1, 2$ o 3

β_j = Efecto aleatorio del *j*-ésimo bloque, donde *i* = 1, 2, 3 o 4

Σ_{ij} = Error experimental

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización agronómica

La Tabla 2 muestra la caracterización agronómica. La altura de planta no difirió significativamente entre UNALM 96 M6h-617 y la variedad local, con un CV de 6,95 %. Alam et al. (2007) reportaron resultados similares en otras variedades de cebada. Guerrero (1999) destaca esta característica como criterio de selección debido a la mayor susceptibilidad de la cebada al acame en comparación con la del trigo. Asimismo, Pilataxi (2013) señala su correlación directa con el acame del tallo y de la raíz, y recomienda variedades de altura intermedia, inferiores a 100 cm y de ciclo precoz, en zonas con vientos frecuentes e intensos.

Llacs et al. (2020) señalan una mayor translocación de nutrientes hacia los tallos y las hojas. UNALM 96 M6h-617 presentó significativamente más plantas emergidas que UNALM 96 M6h-326 y la variedad local, con un CV de 26,48 %. Estas diferencias podrían relacionarse con el tipo y la preparación del suelo, así como con su humedad durante la siembra. Según Miralles et al. (2014) la emergencia depende del porcentaje de semillas sembradas, su poder germinativo, la profundidad de siembra y la humedad del suelo. Las temperaturas frescas favorecen el macollamiento, que también está condicionado por el uso eficiente del agua, la disponibilidad de nutrientes y la radiación solar (Hussain et al., 2013). García & García (1995) destacan, además, la fecha de siembra y la aptitud genética de cada genotipo como factores que influyen en el número de macollos por planta.

El número de espigas/m² no difirió significativamente entre los dos genotipos mutantes y la variedad local, con un CV de 5,55 %. Castañeda-Saucedo et al. (2009) destacan este componente por su contribución al rendimiento de los cereales de grano pequeño. Tampoco se observaron diferencias estadísticas ni numéricas en el número de granos por espiga, cuyo CV fue de 9,17 %. Esta característica depende de la formación de espiguillas y flores durante la preanthesis y de su fertilización en la anthesis, procesos que condicionan el rendimiento potencial (McMaster et al., 1994; Blanco et al., 2001). Asimismo, la relación entre el rendimiento y el número de granos varía según las condiciones de crecimiento y el genotipo (Cooper et al., 1994).

El peso de mil granos difirió significativamente entre ambos genotipos mutantes y la variedad local, con un CV de 1,08 %. Su utilidad como criterio de selección puede verse limitada por efectos compensatorios asociados al clima, a la densidad de siembra y a la fertilización. El peso del grano depende de la duración del llenado (García del Moral et al., 2003). Las temperaturas frescas y una humedad del suelo adecuada favorecen la acumulación de materia seca y el tamaño del grano, mientras que la pérdida de humedad por evapotranspiración puede reducirlo (Copeland & McDonald, 1995). Por su parte, las temperaturas elevadas durante el llenado pueden disminuir el peso individual del grano y, por tanto, el peso de mil granos (Hossain et al., 2012).

Tabla 2

Caracterización agronómica de genotipos de doble propósito y la variedad local para producción de grano y paja

Genotipo	Altura (60 d) (cm)	Plantas Emergidas	Cantidad Hoja/Tallo	Cantidad Espig/m ²	Cantidad Grano/Esp.	Peso Mil Granos (g)	Días Espig	Días Maduración	Altura Cosecha (cm)
UNALM 96 M6h-617	110	35 ^a	5 ^b	251	63	43 ^b	83	177	123.0
UNALM 96 M6h-326	102	30 ^b	6 ^a	232	63	43 ^b	84	170	119.5
Variedad local	101	29 ^b	6 ^{ab}	252	64	47 ^a	73	160	120.1
<i>p-value</i>	0.2008	0.0001	0.0324	0.1735	0.9023	0.0002	0.0897	0.0580	0.6976
<i>CME</i>	261.56	19.563	0.7154	1059.9	38.829	8.25632	23.111	35.110	195.4401

Nota: CME: Cuadrado medio del error. Las letras diferentes en la columna no muestran diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Comparación de rendimiento productivo de grano y paja

La Tabla 3 muestra diferencias significativas en el rendimiento de paja, pero no en el de grano entre los dos genotipos mutantes y la variedad local, con un CV de 86,70 % para este último. La variedad local presentó un rendimiento de grano numéricamente mayor, posiblemente asociado a su adaptación a la zona. UNALM 96 M6h-326 registró los mayores rendimientos de paja y biomasa, con un CV de 59,78 %. Llaca et al. (2020) no encontraron relación entre los rendimientos de grano y paja en 25 genotipos de cebada y señalaron que su distribución puede responder a una mayor translocación de nutrientes hacia tallos y hojas durante la maduración. Por su parte, Flores & Malpartida (1987) destacan la contribución del grano y la paja al rendimiento de la cebada.

Los bajos rendimientos de grano podrían relacionarse con las bajas temperaturas de la campaña 2017–2018 y con el retraso de la siembra, que habrían limitado la maduración fisiológica y la acumulación de reservas. García del Moral et al. (2003) y Aslani & Mehrvar (2012) señalan que las temperaturas frescas favorecen el rendimiento, mientras que la siembra fuera del periodo recomendado puede reducirlo. Asimismo, Mendoza et al. (2011) destacan la influencia de la fecha de siembra en las variaciones térmicas durante el desarrollo del cultivo. Suaste-Franco et al. (2013) indican que la siembra oportuna y las condiciones térmicas favorables durante la etapa reproductiva contribuyen al llenado y al rendimiento del grano.

Tabla 3

Rendimiento productivo de los dos mejores genotipos de cebada de doble propósito y de la variedad local.

Genotipos	Rendimiento Paja (kg MS/ha)	Rendimiento Grano (kg/ha)
UNALM 96 M6h-617	5985 ^b	341
UNALM 96 M6h-326	7383 ^a	261
Variedad local	6878 ^{ab}	590
<i>p-value</i>	0.0001	0.3834
<i>CME</i>	13.4722	766.9083

Nota: CME: Cuadrado medio del error. MS: Materia seca. Las letras diferentes en la columna no muestran diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Valor nutritivo de la paja

El contenido de proteína de la paja no difirió significativamente entre UNALM 96 M6h-617, UNALM 96 M6h-326 y la variedad local (Tabla 4). Los valores fueron superiores a los reportados por Chávez (1981) y Kalinowsky (1974), de 3,9 % y 3,8 %, respectivamente, y similares al 5,5 % registrado por Tingshuang et al. (2002). Esta variación puede relacionarse con la variedad y las condiciones de cultivo (Evers & Kent, 1994).

La digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO) y de la FDN difirió significativamente entre los tres materiales, con mayores valores en UNALM 96 M6h-326. Llaca et al. (2020) también describieron una digestibilidad in vitro moderada en estos genotipos. Los valores obtenidos fueron inferiores a los reportados por Chávez (1981), Kalinowsky (1974) y Tingshuang et al. (2002), de 72,38 %, 77,4 % y 80,1 %, respectivamente. El bajo contenido proteico y la digestibilidad limitada pueden restringir el aprovechamiento de la paja en la alimentación de vacunos durante el estiaje. En las condiciones evaluadas, UNALM 96 M6h-326 destacó por su mayor digestibilidad.

Tabla 4

Composición química y digestibilidad in vitro de la paja de cebada de doble propósito y la variedad local

Genotipos	PC, %	DIVMO, %	FDN, %	CZ, %
UNALM 96 M6h-617	5.1	50.7 ^b	51.3 ^a	6.4
UNALM 96 M6h-326	5.4	51.9 ^{ab}	50.0 ^a	6.5
Variedad local	4.8	55.5 ^a	46.8 ^b	6.0
<i>P-value</i>	0.1516	0.0001	0.0001	0.1026
<i>CME</i>	10.14524	3.01318	1.78319	0.18505

Nota: CME: Cuadrado medio del error, PC: proteína cruda, DIVMO: Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, FDN: Fibra en detergente neutro, CZ: cenizas. Las letras diferentes en la columna no muestran diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

La Tabla 5 presenta el contenido de energía neta de lactación (ENL) y los rendimientos de ENL y de proteína por hectárea de las pajas de los dos genotipos y de la variedad local, cultivados bajo las mismas condiciones ambientales en las comunidades de Sincos. El contenido de ENL fue similar entre los tres materiales, lo que sugiere un potencial energético comparable para la producción de leche, según la estimación basada en su composición química.

Tabla 5

Contenido y rendimiento por hectárea de energía neta de lactación de la paja de cebada de doble propósito y la variedad local

Genotipos	EN Lactación (Mcal/kgMS)	EN Lactación (Mcal/ha)	Proteína de Paja (kg/ha)
UNALM 96 M6h-617	1.12	6722	231
UNALM 96 M6h-326	1.15	8455	299
Cebada Variedad Local	1.06	7272	249

UNALM 96 M6h-326 presentó los mayores rendimientos de ENL y proteína en la paja, con 8455 Mcal/ha y 299 kg/ha, respectivamente, seguido de la variedad local (7272 Mcal/ha y 249 kg/ha) y UNALM 96 M6h-617 (6722 Mcal/ha y 231 kg/ha). Estos resultados destacan la importancia de evaluar tanto la concentración de energía y proteína por kilogramo de materia seca como su rendimiento por hectárea (Tabla 5).

La ENL permite estimar el aporte energético del alimento para la producción de leche (Salmerón et al., 2003). Las diferencias observadas podrían relacionarse con el rendimiento de paja y su composición nutricional, así como con la presencia de grano residual al momento de la cosecha.

CONCLUSIONES

En las condiciones del estudio, UNALM 96 M6h-617 destacó por su mayor número de plantas emergidas, mientras que UNALM 96 M6h-326 presentó el mayor rendimiento de paja. La variedad local alcanzó el mayor rendimiento numérico de grano, sin diferencias significativas entre los tratamientos. UNALM 96 M6h-326 mostró la mayor digestibilidad de la paja, con una DIVMO de 51,9 %, un contenido de proteína de 5,4 % y de FDN de 50,0 %. Asimismo, registró el mayor rendimiento estimado de energía neta de lactación, con 8455 Mcal/ha, seguido de la variedad local (7272 Mcal/ha) y UNALM 96 M6h-617 (6722 Mcal/ha). Estos resultados destacan el potencial de UNALM 96 M6h-326 para la producción de paja destinada a la alimentación animal.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto de investigación estratégica “Mejoramiento de forrajes para el desarrollo de la ganadería vacuna en sistemas de pequeños productores de Sierra Central”, cofinanciado por el Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA), por proporcionar fondos para la ejecución del presente trabajo.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

- Abbassian, A. (2010). *Perspectivas alimentarias*. FAO.
- Alam, M. Z., Haider, S. A., & Paul, N. K. (2007). Yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) in relation to sowing times. *Journal of Bio-Science*, 15, 139–145.
- Aldaba, G. (2013). *Identificación de línea mutante de cebada (Hordeum vulgare L.) con valor agronómico y calidad de una población M8 de la variedad UNA–La Molina 96 desarrollada con irradiación gamma* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Aslani, F., & Mehrvar, M. R. (2012). Responses of wheat genotypes as affected by different sowing dates. *Asian Journal of Agricultural Sciences*, 4, 72–74.
- Blanco, I., Rajaram, S., & Kronstad, W. (2001). Agronomic potential of synthetic hexaploid wheat-derived populations. *Crop Science*, 41, 670–676.
- Brassac, J., & Blattner, F. R. (2015). 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), 792–808.
<https://doi.org/10.1093/sysbio/syv035>

- Castañeda-Saucedo, M. C., Lopez-Castañeda, C., Colinas-De-Leon, M. T., Molina, J., & Hernandez, A. (2009). Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. *Interciencia*, 34(4), 286–292.
- Chávez, J. D. (1981). *Efecto del tratamiento de la paja de cebada con NaOH sobre su valor nutritivo y utilización con suplemento de nitrógeno no proteico en el engorde de ovinos* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Cochran, G., & Cox, M. (1990). *Diseños experimentales* (2.^a ed.). Trillas.
- Collantes G., R. D., & Gómez-Pando, L. R. (2022). Influencia de heladas en el rendimiento y calidad de cebada en la sierra de Perú. *Tecnociencia*, 24(1), 100–110. <https://www.revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/2575>
- Cooper, M., Byth, D. E., & Woodruff, D. R. (1994). An investigation of the grain yield adaptation of advanced CIMMYT wheat lines to water stress environments in Queensland. I. Crop physiological analysis. *Australian Journal of Agricultural Research*, 45, 965–984.
- Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (1995). *Principles of seed science and technology* (3rd ed.). Chapman & Hall.
- Flores, A., & Malpartida, E. (1987). *Manejo de praderas nativas y pasturas en la región altoandina del Perú* (Tomo II). Editorial Abril.
- García del Moral, L. F., Rharrabti, Y., Villegas, D., & Royo, C. (2003). Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An ontogenic approach. *Agronomy Journal*, 95, 266–274.
- García del Moral, M. B., & García del Moral, L. F. (1995). Tiller production and survival in relation to grain yield in winter and spring barley. *Field Crops Research*, 44, 85–93.
- Guerrero, A. (1999). *Cultivos herbáceos extensivos*. Mundi-Prensa.
- Hossain, A., Teixeira da Silva, J. A., Lozovskaya, M. V., Zvolinsky, V. P., & Mukhortov, V. I. (2012). High temperature combined with drought affect rainfed spring wheat and barley

- in south-eastern Russia: Yield, relative performance and heat susceptibility index. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 4, 184–196.
- Hussain, M., Khan, M. B., Mehmood, Z., Zia, A. B., Jabran, K., & Farooq, M. (2013). Optimizing row spacing in wheat cultivars differing in tillering and stature for higher productivity. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59, 1457–1470.
- Kalinowsky, J. F. (1974). *Effect of sodium hidroxide treatment and nitrogen supplementation of barley straw upon intake, digestibility, and live weight change in growing lambs* [Tesis de maestría, University of Reading].
- Llacsá, J., Gamarra, J. A., Gómez, C. A., Martínez, A., Gómez, L. R., & Viera, M. A. (2020). Evaluación de genotipos promisorios de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en los Andes centrales de Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(2), Artículo e17856. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17856>
- McMaster, G., Wilhelm, W., & Bartling, P. (1994). Irrigation and culm contribution to yield and yield components of winter wheat. *Agronomy Journal*, 86, 1123–1127.
- Mendoza, M., Cortez, E., Rivera, J. G., Rangel, J. A., Andrio, E., & Cervantes, F. (2011). Época y densidad de siembra en la producción y calidad de semilla de triticales (X Tritico secale Wittmack). *Agronomía Mesoamericana*, 22, 309–316.
- Miralles, D. J., González, F. G., Abeledo, L. G., Serrago, R. A., Alzueta, I., García, G. A., de San Caledonio, R. P., & Lo Valvo, P. (Eds.). (2014). *Manual de trigo y cebada para el Cono Sur: Procesos fisiológicos y bases de manejo*. Orientación Gráfica Editora.
- Pilataxi, S. A. (2013). *Evaluación de siete variedades de trigo (Triticum aestivum L.) con tres tipos de manejo nutricional a 3220 m.s.n.m. Olmedo–Cayambe* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana].
- Robinson, P. H., Collar, C., Nader, G., & Putnam, D. (2004). *The 2004 UC Davis recommended forage energy prediction equations*. University of California, Davis, Cooperative Extension. <https://animalscience.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk446/files/inline-files/Web200408.pdf>

- Romero, L., & Gómez, P. (2004). *Programa de desarrollo del cultivo de la cebada en el Perú* [Documento presentado al Concurso Creatividad Empresarial 2004, categoría Alimentación]. UNALM–Backus.
- Salmerón, Z. J. J., Meda, F. J., & Bárcena, J. R. (2003). *Variedades de avena y calidad nutricional del forraje* (Folleto Técnico No. 17). CESICH–CIRNOC–INIFAP–SAGARPA.
- SIEA. (2018). *Producción agrícola y ganadera: Boletín estadístico*.
- Suaste-Franco, M. P., Solís-Moya, E., Ledesma-Ramírez, L., de la Cruz-González, M. L., Grageda-Cabrera, O. A., & BáezPérez, A. (2013). Efecto de la densidad y método de siembra en el rendimiento de grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) en El Bajío, México. *Agrociencia*, 47, 159–170.
- Tilley, J. M., & Terry, R. A. (1963). A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*, 18, 104–111.
- Van Soest, P. J., Wine, R. H., & Moore, L. A. (1966). Estimation of the true digestibility of forages by the in vitro digestion of cell walls. En *Proceedings of the 10th International Grassland Congress* (pp. 438–441).
- von Bothmer, R., & Jacobsen, N. (1985). Origin, taxonomy, and related species. En D. C. Rasmusson (Ed.), *Barley* (pp. 19–53).

Javier Llacsá-Mamani¹, Jorge Gamarra-bojorquez², Adela Martínez- Fernández³,
Luz Gómez-Pando¹, Mario Viera-Valencia¹, Carlos Gómez-Bravo^{2*}

Javier Llacsá-Mamani¹  <https://orcid.org/0000-0002-0035-9115>;

Jorge Gamarra-Bojorquez¹  <https://orcid.org/0000-0003-4071-0907>;

Adela Martínez- Fernández²  <https://orcid.org/0000-0002-2742-3770>;

Luz Gómez-Pando¹  <https://orcid.org/0000-0001-5536-5179>;

Mario Viera-Valencia¹  <https://orcid.org/0000-0002-0437-9252>;

Carlos Gómez-Bravo¹  <https://orcid.org/0000-0001-9021-5838>

¹Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Av. La Molina S/N. La Molina, Lima 12, Perú

²Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Zootecnia. Av. La Molina S/N. La Molina, Lima 12, Perú

³Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario-SERIDA. 33300, Villaviciosa, Asturias, España

* Corresponding author: cagomez@lamolina.edu.pe (Carlos Gómez-Bravo).