

Evaluación de genotipos promisorios de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en los Andes centrales de Perú

Evaluation of promising genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.) in the central Andes of Peru

J. Llacsá^{1,3}, J.A. Gamarra¹, C.A. Gómez¹, A. Martínez², L.R. Gómez¹, M.A. Viera¹

RESUMEN

El estudio se realizó en los Andes centrales del Perú con el objetivo de evaluar genotipos promisorios de cebada de doble propósito (mayor rendimiento de grano y paja), cultivados en secano. Se trabajó con 25 genotipos, de los cuales 22 fueron mutantes de cebada generados por inducción a partir de la variedad comercial UNA La Molina 96. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 25 genotipos de cebada y 3 repeticiones por genotipo. Se evaluó el rendimiento productivo en grano (kg/ha) y paja (kg MS/ha), así como el contenido de proteína, fibra detergente neutro y digestibilidad *in vitro* de materia orgánica para la paja. Los genotipos que mostraron mejores características para una cebada de doble propósito fueron la UNALM 96 M6h-617, seguido de UNA 80 línea 525 y UNALM 96 M6h-326. No se encontró relación significativa entre producción de grano y de paja.

Palabras clave: mutante, producción, valor nutritivo

ABSTRACT

The study was carried out in the central Andes of Peru aiming to evaluate promising genotypes of dual-purpose barley (greater grain and straw yield), cultivated during the dry season. Twenty-five genotypes, of which 22 were barley mutants generated by

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

² Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario-SERIDA, Villaviciosa, Asturias, España

³ E-mail: mvz.llacsá@hotmail.com

*El artículo es derivado del trabajo de tesis doctoral del Dr. Javier Llacsá Mamani «Utilización de la paja de cebada (*Hordeum vulgare*) mejorada en la alimentación de bovinos de la sierra central de Perú», Universidad nacional Agraria, La Molina, Lima, Perú*

Recibido: 27 de agosto de 2019

Aceptado para publicación: 15 de mayo de 2020

Publicado: 22 de junio de 2020

induction from the commercial variety UNA La Molina 96 were tested. A completely randomized block design with 25 barley genotypes and 3 replications per genotype was used. The yield in grain (kg/ha) and straw (kg DM/ha) was evaluated, as well as the protein content, neutral detergent fibre and *in vitro* digestibility of organic matter for the straw. The genotypes that showed the best characteristics for a dual-purpose barley were UNALM 96 M6h-617, followed by UNA 80 line 525 and UNALM 96 M6h-326. No significant relationship was found between grain and straw production.

Key words: mutants, nutritive value, production

INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L) es un cultivo que ocupa el cuarto lugar en importancia global, por detrás del trigo, el maíz y el arroz (Waugh *et al.* 2001). En el Perú, se cultiva mayormente en la sierra, por ser un cultivo rústico, de ciclo vegetativo corto, con capacidad de adaptación y de buen rendimiento. En 2017 se sembró cerca de 145 000 ha, obteniéndose rendimientos de 1.1 t/ha y una producción de 227 000 t, mayormente en la sierra en altitudes entre 2500 y 3800 msnm (SIEA, 2018), con una productividad que está por debajo de las capacidades locales.

El rendimiento de la paja por hectárea es variable, considerándose como residuo de cosecha lo que queda en la chacra o en parva. El rendimiento depende de la fertilización, calidad de suelo y la variedad, entre otros. En el Perú, como en otras partes del mundo, se reportan sequías prolongadas y crecimiento urbano, los cuales limitan la disponibilidad del agua de riego, factores que afectan las necesidades de cada especie para producir forraje de calidad con menor cantidad de agua. Kharkwal y Shu (2009) mencionan el uso de la mutagénesis en los programas de mejoramiento, lo que ha generado el lanzamiento de variedades mutantes en Perú, como la cebada mutante Centenario con alto rendimiento de 37%. Esta variedad es utilizada en el 20% del área sembrada a nivel nacional. Así mismo, fue liberada la variedad mutante Kiwicha Centenario (MSA-011) con alto rendimiento,

buena precocidad (45 días), tolerante a la salinidad, amplia adaptabilidad, mayor tamaño de grano y mejores precios en el mercado, cubriendo el 40% de la siembra nacional.

El programa de cereales y granos nativos de la Universidad Nacional Agraria La Molina viene desarrollando nuevas variedades de cebada. En tal sentido, el programa de mejoramiento genético de granos andinos en la Sierra Central viene trabajando por muchos años en parcelas demostrativas de cultivos. El mejoramiento genético se inicia con la colección de variedades sembradas por los agricultores, que fueron adaptándose a las condiciones medio ambientales prevalentes, con tecnologías deficientes y en suelos pobres, de tal forma que fueron seleccionadas la cebada, papa y maíz, así como granos nativos tales como la quinua y la kiwicha (Romero y Gómez, 2004).

La cebada, además de ser un cultivo para el consumo humano, el residuo de las cosechas, especialmente la paja, se usa como forraje o al pastoreo en la época seca; sin embargo, en muchos casos se le quema (CEPAL, 2014). La ganadería de la sierra peruana requiere incorporar recursos alimenticios locales para satisfacer las necesidades alimenticias nutricionales del ganado. En el presente estudio, se trabajó con líneas mutantes de cebada desarrolladas a partir de semillas de la variedad UNA La Molina 96 (Romero y Gómez, 1996) con el fin de evaluar el comportamiento agronómico y la composición química de 25 genotipos prometido-

res de cebada que han sido seleccionados por su mayor producción de grano y mejor calidad de paja bajo las condiciones de los Andes centrales del Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El ensayo para evaluar los genotipos promisorios de cebada de doble propósito (mejora en grano y paja) cultivados en secano se realizó en la campaña 2016-2017 en el Instituto Regional de Desarrollo de Sierra de la Universidad Nacional Agraria La Molina, distrito de San Juan de Yanamuelo, departamento de Junín (Perú), a una altitud de 3200 msnm. La zona tiene una temperatura promedio de 8.6 °C y precipitación acumulada de 730 mm/año. La zona de vida que abarca el presente estudio es de Pajonal Altoandino de Puna Húmeda (Garreaud, 1999).

Genotipos

Se utilizaron semillas botánicas de 25 genotipos de cebada en generación M8 (Cuadro 1), desarrollada inicialmente de la variedad comercial UNA La Molina 96, empleando irradiación gamma. La irradiación es capaz de penetrar los tejidos y producir roturas en la doble hebra del ADN, produciendo mutaciones morfológicas en la inflorescencia (Aldaba, 2013). La radiación daña al ADN de dos formas; primero, rompiendo las hebras de la doble hélice y/o anulando los lazos entre azúcares y fosfatos; segundo, causando mutaciones a través de la formación de dímeros, unión de enlaces no deseados entre dos bases apiladas una encima de la otra (Rodden, 2005; Pierce, 2002). Se indujeron las mutaciones con la finalidad de lograr mayor resistencia a sequías, precocidad, mayor producción de paja y otras características agronómicas útiles en el cultivo de la cebada.

Siembra y Cosecha

Se hizo una limpieza previa del campo experimental, retirando los residuos de la cosecha previa, utilizando un tractor de arado de disco, seguido de un rastrado para un mullido del terreno. El terreno fue abonado con una dosis recomendada de 60-40-0 (N-P-K), previo análisis del suelo, que se complementó con 40 y 20 unidades de fertilización (nitrógeno) en el momento de la siembra y macollamiento, respectivamente. Se dispuso de cuatro surcos de 3 m de largo con distancias de separación de 1 m entre surcos, resultando en 4.2 m² de área neta por parcela. Si dividieron los bloques y la distancia entre surcos fue de 0.35 cm.

La siembra fue en el mes de diciembre (campaña 2016-2017), sembrándose a chorrillo a una densidad de siembra de 120 kg/ha. La distribución de las parcelas para cada genotipo fue al azar con una distancia de separación de 2 m entre parcelas. Se aplicó herbicidas durante el desarrollo del estudio para el control de la vegetación espontánea.

La cosecha se realizó en junio de 2017 (5.5 meses de edad), en el estado fenológico con grano en estado dentado, con humedad de cosecha comercial del grano entre 12 y 14%. Las plantas fueron cortadas con la hoz al ras de suelo y se empleó una trilladora estacionaria para la separación del grano.

Evaluación y Análisis

Se determinó el rendimiento de grano por hectárea (kg/ha) y el rendimiento de paja por hectárea (kg MS/ha). Se utilizó una balanza digital electrónica de plataforma (10/0.1 g.) para pesar el grano y una balanza Reloj (10/0.5 kg) para pesar la paja. La evaluación nutricional de la paja de cebada se realizó mediante la determinación de la proteína bruta y fibra neutro detergente, siguiendo

Cuadro 1. Rendimiento de grano y paja de cebada de 25 genotipos en generación M8 cultivados a 3200 msnm

Genotipo	Grano (kg/ha)	Paja (kg MS/ha)
UNALM 96 M6h-617	4884 ^a	10,354 ^{ab}
UNALM 96 M6h-748	4573 ^{ab}	8,840 ^{ab}
UNALM 96 M6h-615	3868 ^{ab}	12,719 ^a
UNALM 96 M6h-333	4,194 ^{ab}	10,092 ^{ab}
UNALM 96 M6h-307	3,972 ^{ab}	9,837 ^{ab}
UNALM 96 M6h-301	4,260 ^{ab}	8,756 ^{ab}
UNALM 96 M6h-571	3,926 ^{ab}	8,772 ^{ab}
UNALM 96 M6h-728	4,452 ^{ab}	8,643 ^{ab}
UNALM 96 M6h-306	3,915 ^{ab}	9,021 ^{ab}
UNALM 96 M6h-567	3,503 ^{ab}	10,545 ^{ab}
UNALM 96 M6h-326	4,534 ^{ab}	9,990 ^{ab}
UNALM 96 M6h-609	3,727 ^{ab}	9,051 ^{ab}
UNALM 96 M6h-604	3,889 ^{ab}	11,190 ^{ab}
UNALM 96 M6h-335	3,452 ^{ab}	8,374 ^{ab}
UNALM 96 M6h-305	4,211 ^{ab}	7,932 ^{ab}
UNALM 96 M6h-595	4,341 ^{ab}	7,564 ^{ab}
UNALM 96 M6h-329	4,342 ^{ab}	5,896 ^b
UNALM 96 M6h-603	4,250 ^{ab}	7,496 ^{ab}
UNALM 96 M6h-729	4,552 ^{ab}	7,115 ^{ab}
UNALM 96 M6h-347	3,791 ^{ab}	8,352 ^{ab}
UNALM 96 M6h-588	3,204 ^b	10,844 ^{ab}
UNALM 96 M6h-295	4,366 ^{ab}	8,571 ^{ab}
UNALM 96	4,333 ^{ab}	8,206 ^{ab}
Centenario	4,660 ^{ab}	8,436 ^{ab}
UNA 80 Línea 525	4,798 ^{ab}	9,170 ^{ab}

Letras diferentes dentro de columnas presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)

do las normas técnicas de la AOAC (2005). Para las pruebas de digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) se utilizó la técnica de Tilley y Terry (1963) modificada por Van Soest *et al* (1966).

Se utilizó un diseño de bloques completo al azar con 25 tratamientos (genotipos de cebada) y tres repeticiones según el modelo

$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ijk}$, donde Y_{ij} = Variable respuesta observada en el j -ésimo bloque del i -ésimo tratamiento, μ = Promedio general, $\alpha_i = 1, 2, \dots, 25$ es el efecto del tratamiento, $\beta_j = 1, 2, 3$ es el efecto de bloques, y ϵ_{ijk} = Error experimental. Los datos fueron analizados con el programa estadístico SAS v. 9.4, mediante un análisis de varianza y la prueba de Tukey para la comparación de medias ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de Grano y Paja

Los rendimientos de grano y paja de cebada al momento de la cosecha presentaron una gran variabilidad (Cuadro 1). El rendimiento del grano varió desde 3204 kg/ha hasta 4884 kg/ha para los genotipos UNALM 96 M6h-588 y UNALM 96 M6h-617, respectivamente (12.6% coeficiente de variación [CV], $p < 0.05$). La paja, en forma similar varió desde 5896 kg MS/ha hasta 12 719 kg MS/ha para los genotipos UNALM 96 M6h-329 y UNALM 96 M6h-615, respectivamente.

Los rendimientos de grano, como es el caso de la variedad UNA 80 Línea 525 fue superior (4798 kg/ha) a lo reportado por Romero y Gómez (1996), quienes para esta variedad en condiciones de sierra lograron un rendimiento de 2200 kg/ha. En cambio, estos autores para la variedad UNALM 96 reportaron un rendimiento de grano de 4700 kg/ha, superior a los 4333 kg/ha del presente estudio. No obstante, varios genotipos de la variedad UNALM 96 mostraron rendimientos altos.

La Figura 1 muestra los rendimientos comparativos de grano y paja, pudiéndose observar que no siempre los genotipos que alcanzaron los mejores rendimientos de grano alcanzaron también los mayores rendimientos de paja. Este comportamiento podría estar relacionado a que un mayor rendimiento de grano demanda una mayor traslocación

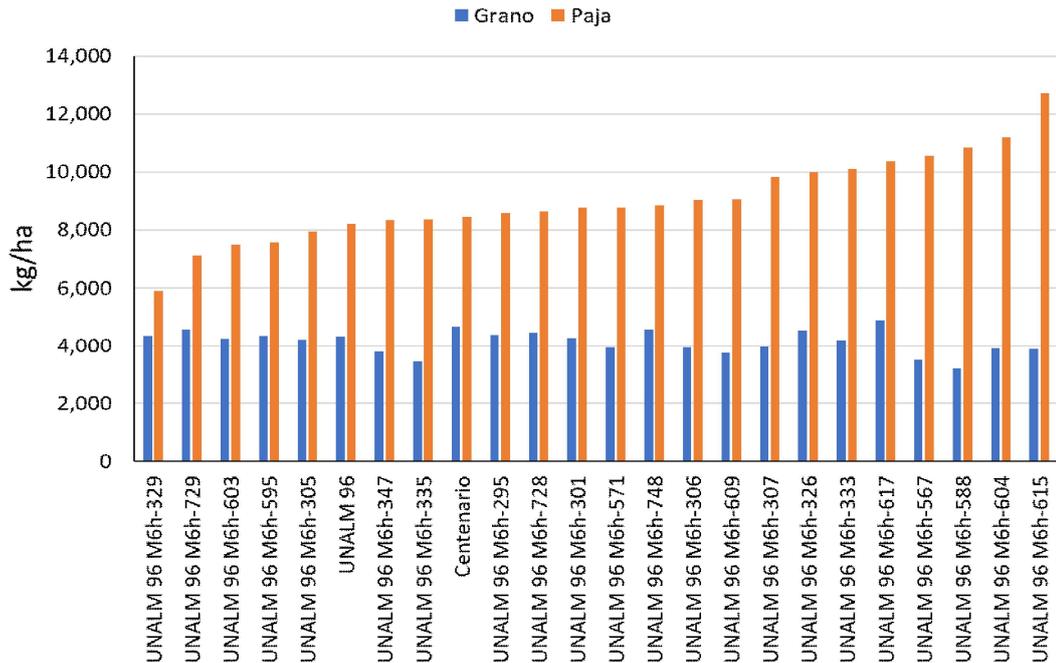


Figura 1. Rendimiento de paja (kg MS/ha) y grano de cebada (kg/ha) (*Hordeum vulgare* L) de 25 genotipos cultivados a 3200 msnm en los Andes centrales de Perú

de carbohidratos de los tallos y hojas hacia los granos para su maduración (Flores y Malpartida, 1987).

La Figura 2 muestra la ausencia de relación entre el rendimiento de grano y el rendimiento de paja. Este comportamiento pudo estar determinado por las condiciones ambientales favorables (humedad edáfica) durante la etapa de floración y la madurez fisiológica, toda vez que durante el llenado del grano, la fotosíntesis juega un rol importante en la tasa de crecimiento y acumulación de materia seca en el cultivo (López-Castañeda, 2011). Sin embargo los rendimientos de grano y paja están relacionados entre sí, donde el mayor rendimiento de grano demanda una mayor translocación de carbohidratos de los tallos hacia los granos para su maduración (Flores y Malpartida, 1987). A su vez García del Moral *et al.* (2003) mencionan que el mayor rendimiento de grano se logra cuando

se desarrollan a temperaturas frescas, ya que las temperaturas altas facilitan el llenado del grano y consecuentemente mayor rendimiento; asimismo, Aslani y Mehrvar (2012) enfatizan la presentación de bajos rendimientos cuando las siembras no se realizan en los periodos recomendados.

Composición Química de la Paja

En el Cuadro 2 se aprecia la composición química de la paja de cebada de los 25 genotipos. El contenido de proteína bruta (PB) varió entre un mínimo de 2.2% (UNALM 96 M6h-748) hasta un máximo de 3.0% (UNALM 96 M6h-347), presentándose diferencias significativas entre algunos genotipos ($p < 0.05$). Cerca del 50% de los 22 genotipos mutantes presentan valores superiores a los alcanzados por las variedades de uso actual UNALM 96 (2.5% PB), Centenario (2.4% PB) y UNA 80 Línea 25 (2.4% PB).

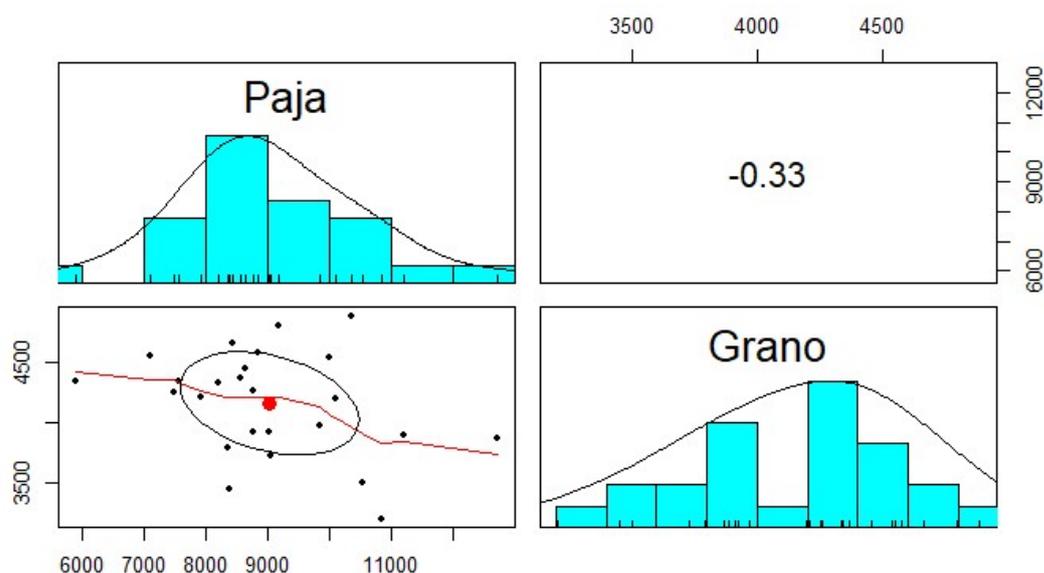


Figura 2. Relación entre rendimiento de grano y paja de cebada de 25 genotipos cultivados a 3200 msnm en los Andes centrales de Perú

Los mejores genotipos para PB fueron UNALM 96 M6h-347 (3%), seguido de UNALM 96 M6h-609 (2.9%) y UNALM 96 M6h-729, UNALM 96 M6h-567 y UNALM 96 M6h-728 con 2.8%. Estos resultados, no obstante, fueron inferiores al 5% obtenidos por Altamirano *et al* (2016) en un estudio de tratamientos de pajas en comunidades campesinas de la Sierra Central.

El contenido de fibra detergente neutro (FDN) varió entre 73.1% (UNALM 96 M6h-728) y 79.2% (UNALM 96 M6h-595), mostrando diferencias significativas entre algunos genotipos ($p < 0.05$). Se observa que la mayoría de las 22 mutantes, con excepción de UNALM 96 M6h-595, UNALM 96 M6h-307 y UNALM 96 M6h-729 lograron menores niveles de FDN respecto a su predecesora la variedad UNALM 96 (78.2% FND), aunque no siempre estas diferencias fueron significativas.

El nivel más bajo de digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) fue de 27.5% (UNALM 96 M6h-306) y el más alto fue de 34.2% (UNALM 96 M6h-305) ($p < 0.05$), mientras que las diferencias encontradas entre el resto de los genotipos no fueron estadísticamente significativas.

CONCLUSIONES

- El genotipo que mostró el mejor rendimiento en grano fue el UNALM 96 M6h-617, seguido de UNA 80 Línea 525 y Centenario.
- El genotipo que mostró el mejor rendimiento en paja fue el UNALM 96 M6h-615, seguido de UNALM 96 M6h-604 y UNALM 96 M6h-588.
- Los mejores genotipos para proteína bruta fueron UNALM 96 M6h-347 (3%), seguido de UNALM 96 M6h-609

Cuadro 2. Valor nutritivo de la paja de cebada de 25 genotipos cultivados a 3200 msnm en los Andes centrales de Perú

Genotipos	Proteína bruta (%)	Fibra detergente neutro (%)	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia orgánica (%)
UNALM 96 M6h-617	2.6 ^{bcde}	76.4 ^{abcd}	32.2 ^{ab}
UNALM 96 M6h-748	2.2 ^f	76.3 ^{abcd}	29.7 ^{ab}
UNALM 96 M6h-615	2.5 ^{cdef}	77.4 ^{abc}	30.6 ^{ab}
UNALM 96 M6h-333	2.5 ^{cdef}	75.9 ^{abcd}	31.1 ^{ab}
UNALM 96 M6h-307	2.4 ^{ef}	78.2 ^{ab}	28.7 ^{ab}
UNALM 96 M6h-301	2.4 ^{def}	77.2 ^{abcd}	29.2 ^{ab}
UNALM 96 M6h-571	2.5 ^{def}	77.4 ^{abc}	27.7 ^b
UNALM 96 M6h-728	2.8 ^{abcd}	73.1 ^d	30.1 ^{ab}
UNALM 96 M6h-306	2.6 ^{bcde}	75.0 ^{bed}	27.5 ^b
UNALM 96 M6h-567	2.8 ^{abc}	73.9 ^{cd}	28.6 ^{ab}
UNALM 96 M6h-326	2.6 ^{bcd}	76.9 ^{abcd}	30.4 ^{ab}
UNALM 96 M6h-609	2.9 ^{ab}	76.2 ^{abcd}	27.8 ^{ab}
UNALM 96 M6h-604	2.4 ^{def}	77.7 ^{abc}	28.3 ^{ab}
UNALM 96 M6h-335	2.7 ^{abcde}	76.4 ^{abcd}	31.2 ^{ab}
UNALM 96 M6h-305	2.6 ^{bcde}	75.0 ^{bed}	34.2 ^a
UNALM 96 M6h-595	2.5 ^{def}	79.2 ^a	30.2 ^{ab}
UNALM 96 M6h-329	2.6 ^{bcde}	75.8 ^{abcd}	28.6 ^{ab}
UNALM 96 M6h-603	2.4 ^{def}	77.3 ^{abc}	31.6 ^{ab}
UNALM 96 M6h-729	2.8 ^{abcd}	78.2 ^{ab}	29.3 ^{ab}
UNALM 96 M6h-347	3.0 ^a	74.9 ^{bcd}	31.8 ^{ab}
UNALM 96 M6h-588	2.4 ^{def}	75.7 ^{abcd}	30.2 ^{ab}
UNALM 96 M6h-295	2.4 ^{ef}	77.3 ^{abc}	31.4 ^{ab}
UNALM 96	2.5 ^{def}	78.2 ^{ab}	33.4 ^{ab}
Centenario	2.4 ^{ef}	77.3 ^{abc}	32.0 ^{ab}
UNA 80 Línea 525	2.4 ^{def}	75.8 ^{abcd}	30.6 ^{ab}

Letras diferentes dentro de columnas presentan diferencias significativas ($p < 0.05$)

(2.9%) y UNALM 96 M6h-729, UNALM 96 M6h-567 y UNALM 96 M6h-728 con 2.8%.

- La mayor digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica fue del UNALM 96 M6h-305 (34.2%).
- No se encontró una relación significativa entre el rendimiento grano y de paja de cebada en las líneas mutantes.

Agradecimientos

Al proyecto de investigación estratégica «Mejoramiento de forrajes para el desarrollo de 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 estudio.

LITERATURA CITADA

1. **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 Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 154 p.
2. **Altamirano W, Gómez C, Gamarra J, Vargas J, Salazar I. 2016.** Implementación de la tecnología de amonificación de residuos agrícolas en comunidades altoandinas del Perú Lima, Perú: CONCYTEC-UNALM. 24 p.
3. **[AOAC] Association of Official Agricultural Chemists. 2005** Official methods of analysis. Dumas method (990.03). 15th ed. Washington DC, USA.
4. **Aslani F, Mehrvar MR. 2012.** Responses of wheat genotypes as affected by different sowing dates. *Asian J Agric Sci* 4: 72-74.
5. **[CEPAL] Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 2014.** La economía del cambio climático en el Perú. Lima: CEPAL. 151 p.
6. **Flores A, Malpartida E. 1987.** Manejo de praderas nativas y pasturas en la región altoandina del Perú. Tomo II. Lima, Perú: Ed. Abril. 651 p.
7. **Garreaud R. 1999.** Multiscale analysis of the summertime precipitation over the central Andes. *Month Weather Rev* 127: 901-921. doi: 10.1175/1520-0493(1999)-127<0901:MAOTSP>2.0.CO;2
8. **García del Moral LF, Rharrabti Y, Villegas D, Royo C. 2003.** Evaluation of grain yield and its components in Durum wheat under Mediterranean conditions: An ontogenic approach. *Agron J* 95: 266-274. doi: 10.2134/agronj2003.2660
9. **Kharkwal MC, Shu Q. 2009.** The role of induced mutations in world food security. In: Shu QY (ed). *Induced plant mutations in the genomics era*. Rome: FAO. p 32-38.
10. **López-Castañeda C. 2011.** Variation in grain yield, biomass and kernel number of barley under three soil moisture conditions. *Trop Subtrop Agroecosystems* 14: 907-918
11. **Pierce BA. 2002.** *Genetics: a conceptual approach*. New York, USA: WH Freeman. 736 p.
12. **Rodden T. 2005.** *Genetics for dummies*. Indiana, USA: John Wiley & Sons. 364 p.
13. **Romero M, Gómez L. 1996.** Cultivo de la cebada en el Perú. Lima, Perú: Programa de cereales – UNALM. 46 p.
14. **Romero L, Gómez P. 2004.** Programa de desarrollo del cultivo de la cebada en el Perú. Concurso Creatividad Empresarial 2004. Categoría: Alimentación. UNALM - BACKUS. 7 p.
15. **[SIEA] Sistema Integrado de Estadística Agraria. 2018.** Producción Agrícola y Ganadera. Boletín Estadístico. [Internet]. Disponible en: <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=noticias/anuario-de-produccion-agricola-2018>
16. **Tilley JM, Terry RA. 1963.** A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Grass Forage Sci* 18: 104-111. doi: 10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x
17. **Van Soest PJ, Wine RH, Moore LA. 1966.** Estimation of the true digestibility of forages by the *in vitro* digestion of cell walls. 10th International Grasslands Congress. Helsinki.
18. **Waugh R, Ramsay L., Macaulay M, McLean K, Thomas W, Ellis R, Swanston S, et al. 1999.** Identification and improvement of components of barley malting quality. Proc 9th Australian Barley Technical Symposium.