

## **Comparación del rendimiento y adaptación de dos variedades de *Lolium perenne* L. bajo condiciones altoandinas de Acobamba, Huancavelica**

### **Comparison of Yield and Adaptation of Two *Lolium perenne* L. Varieties under High-Andean Conditions in Acobamba, Huancavelica**

Candelaria Flores Miranda<sup>1</sup>, Toño Pariona Ircañupa<sup>2</sup>, Yendys Yura Huamani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

<sup>2</sup>Word Visión Internacional, Huancavelica, Perú

#### **Autor de correspondencia:**

Candelaria Flores Miranda 

#### **Historial del artículo:**

Recibido el 28 de marzo de 2025 | Aceptado el 30 de mayo de 2025 | Publicado el 20 de junio de 2025

**DOI:** <https://doi.org/10.54943/recialcia.680>

#### **RESUMEN**

La presente investigación tuvo como objetivo comparar el rendimiento forrajero y la adaptabilidad agronómica de dos variedades de *Lolium perenne* L. (Tama y Wester) bajo condiciones altoandinas del distrito de Acobamba, Huancavelica. Se evaluaron variables morfofisiológicas y productivas a los 60 y 105 días después de la siembra, incluyendo número de plantas establecidas, longitud de planta, peso fresco, contenido de materia seca, longitud y peso de raíz, y número de macollos. El diseño experimental fue completamente al azar con dos tratamientos y tres repeticiones. El análisis estadístico se realizó mediante la prueba t de Student para muestras independientes con un nivel de significancia del 5 %. Los resultados mostraron diferencias significativas a favor de la variedad Wester en el número de plantas emergidas, longitud de planta, peso fresco y contenido de materia seca, especialmente a los 105 días, indicando un crecimiento más vigoroso y una mayor capacidad de adaptación al ambiente altoandino. No se observaron diferencias significativas en las variables radicales ni en el número de macollos, aunque Tama presentó una tendencia a mayor ahijamiento. Se concluye que la variedad Rye Grass Wester presenta un mejor desempeño agronómico y productivo en condiciones altoandinas, siendo una opción promisorio para la siembra de pasturas permanentes o rotativas en zonas similares. Se recomienda validar estos resultados en ensayos multianuales y con diferentes manejos agronómicos.

**Palabras clave:** adaptabilidad; forrajero; pasturas; ahijamiento; macollo

#### **ABSTRACT**

This research aimed to compare the forage yield and agronomic adaptability of two *Lolium perenne* L. (Rye Grass) varieties —Tama and Wester— under high-Andean conditions in the district of Acobamba,

Huancavelica (Perú). Morphophysiological and productive variables were evaluated at 60 and 105 days after sowing, including plant establishment, plant height, fresh weight, dry matter content, root length and weight, and number of tillers. A completely randomized design was used with two treatments and three replications. Statistical analysis was performed using Student's t-test for independent samples at a 5 % significance level. The results showed significant differences in favor of the Wester variety for plant establishment, plant height, fresh weight, and dry matter content, especially at 105 days, indicating more vigorous growth and better adaptation to the high-altitude environment. No significant differences were observed in root traits or number of tillers, although Tama showed a slight tendency for higher tillering. It is concluded that the Wester variety demonstrates superior agronomic and productive performance under high-Andean conditions and represents a promising alternative for the establishment of permanent or rotational pastures in similar regions. Further trials under different agronomic management and over multiple growing seasons are recommended.

**Keywords:** adaptability; forage; pastures; tillering; tiller

## INTRODUCCIÓN

En las zonas altoandinas del Perú, como la región de Huancavelica, la producción ganadera se encuentra limitada por la baja disponibilidad y calidad de forrajes durante buena parte del año, debido a condiciones climáticas adversas, suelos empobrecidos y un manejo extensivo de las pasturas (Minagri, 2020; Pastos & Forrajes del Ecuador, 2021). En este contexto, el establecimiento de especies forrajeras adaptadas al entorno andino se vuelve estratégico para mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos, ya que influye directamente en la productividad animal, la cobertura del suelo y la estabilidad del ecosistema (Cao et al., 2025; Fan et al., 2021). Diversos estudios han demostrado que especies como *Lolium perenne* L. contribuyen al reforzamiento del suelo mediante el entrelazamiento de raíces finas, mejorando la resistencia al corte del complejo raíz-suelo incluso en condiciones de humedad variable (Fan et al., 2021). Asimismo, se ha evidenciado que *L. perenne* puede formar asociaciones benéficas con bacterias que mejoran la disponibilidad de nutrientes, regulan los ciclos de carbono y nitrógeno, y aumentan su capacidad de adaptación a suelos degradados (Yin et al., 2025).

*Lolium perenne* (Rye Grass) es una gramínea de alta calidad forrajera, valorada por su rápida implantación, excelente palatabilidad, elevado contenido nutricional y

buena capacidad de rebrote (Wilkins & Humphreys, 2003; Silveira et al., 2020). Además, investigaciones recientes resaltan su capacidad de adaptarse a entornos contaminados gracias a la acción beneficiosa de microorganismos en la rizósfera que estimulan la biosíntesis de auxinas, mejoran el metabolismo c/n y promueven el crecimiento radicular (Wen et al., 2025). También, se ha reportado su potencial uso combinado con lombrices para la remediación de suelos afectados por metales pesados, lo que amplía su utilidad agroecológica (Lu et al., 2025).

Sin embargo, su comportamiento en ambientes altoandinos, caracterizados por baja temperatura media anual, radiación intensa y suelos con limitaciones físicas y químicas, requiere validación local a nivel varietal. La adaptación varietal del Rye Grass es un factor determinante en su rendimiento, tal como lo señalan estudios realizados en ambientes templados, así como mediterráneos donde se evaluaron diferencias fisiológicas y de persistencia entre cultivares (Delgado, 1980). Estudios como los de Vargas et al. (2024) y Lemaire et al. (2008) resaltan que la productividad de *L. perenne* puede variar significativamente en función del genotipo y de las condiciones edafoclimáticas, por lo que la evaluación comparativa, entre variedades, resulta crucial para su selección eficiente. De hecho, ensayos recientes revelan que las diferencias

genotípicas en la tasa de elongación de tallos, acumulación de materia seca y vigor inicial están ligadas a la interacción genotipo-ambiente, lo que justifica evaluaciones a campo en cada zona agroecológica específica (Jezequel et al., 2025). Además, análisis fenológicos realizados durante 54 años han mostrado que las fechas de emergencia espigada en *L. perenne* se han adelantado progresivamente, lo que se asocia al incremento de temperaturas y radiación solar, subrayando la importancia de considerar escenarios de cambio climático en la selección varietal (Gilliland et al., 2025).

La presente investigación se desarrolló en el distrito de Acobamba, provincia de Huancavelica, y tuvo como objetivo comparar el rendimiento forrajero y la adaptabilidad agronómica de dos variedades de *Lolium perenne* L. (Tama y Wester) bajo condiciones altoandinas. Para ello, se evaluaron parámetros clave como el número de plantas emergidas, la longitud de planta, el peso fresco, el contenido de materia seca, las características radicales (longitud y peso de raíz), y el número de macollos, en dos cortes realizados a los 60 y 105 días después de la siembra.

Las preguntas que orientan esta investigación son: ¿existen diferencias significativas en el rendimiento y comportamiento agronómico entre las variedades evaluadas?, ¿cuál muestra mejor capacidad de establecimiento y persistencia?, y ¿qué variedad presenta mayor eficiencia en la producción de biomasa bajo las condiciones específicas de Acobamba?

Por ello, los hallazgos de esta investigación permitirán identificar el cultivar de *Lolium perenne* L. con mejor desempeño agronómico integral en condiciones altoandinas, proporcionando evidencia empírica que respalde decisiones en programas de mejoramiento forrajero y estrategias de adaptación varietal, especialmente en zonas donde la disponibilidad de alimento para el ganado continúa siendo limitada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Tipo de investigación

El presente estudio es de tipo cuantitativo, experimental y de nivel explicativo, ya que se evaluó el efecto de dos variedades de *Lolium perenne* L. sobre variables agronómicas mediante manipulación controlada bajo condiciones de campo.

### Ubicación del experimento

El estudio se llevó a cabo en el distrito de Acobamba, provincia de Acobamba, región Huancavelica, Perú, a una altitud aproximada de 3,560 m. s. n. m. El clima de la zona se caracteriza por presentar temperaturas medias anuales entre 8 y 14 °C, alta radiación solar, y precipitaciones concentradas entre los meses de noviembre y abril. El suelo predominante es de tipo franco arcilloso, moderadamente ácido, con limitaciones de fertilidad natural y buen drenaje.

### Material vegetal

Se utilizaron dos variedades comerciales de *Lolium perenne* L. (Rye Grass): Tama, variedad de ciclo intermedio con alta densidad de macollos; Wester, variedad de ciclo intermedio-largo con vigor inicial y elevado potencial de biomasa.

### Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con dos tratamientos (variedades) y tres repeticiones. Cada unidad experimental consistió en un área de 2 m<sup>2</sup> (2 m × 1 m), sembrada manualmente con semilla pura viable, a una densidad de siembra de 3-4 g/m<sup>2</sup>.

### Manejo agronómico

Las parcelas fueron establecidas en campo previamente preparado manualmente. La fertilización de fondo se aplicó fosfato diamónico (DAP) a razón de 100 kg/ha al

momento de la siembra. El riego es de lluvia estacional, y se realizó un control manual de malezas. No se aplicaron fertilizantes en cobertura ni tratamientos fitosanitarios.

### Variables evaluadas

Las mediciones se realizaron a los 60 y 105 días después de la siembra, evaluándose las siguientes variables: Número de plantas establecidas (plantas/ 0.5m<sup>2</sup>), Longitud de planta (m), Peso fresco de biomasa aérea (g/0.5m<sup>2</sup>), Contenido de materia seca (g/0.5m<sup>2</sup>), Número de macollos por planta (evaluado a los 105 días), Longitud de raíz (cm) y peso de raíz (g) (a los 105 días). La materia seca se determinó mediante secado en estufa a 65 °C hasta peso constante.

### Análisis estadístico

Se aplicó la prueba t de Student para comparación de medias entre dos muestras independientes, considerando un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ . Se asumió homogeneidad de varianzas entre tratamientos. Para cada variable, se calcularon: media, desviación estándar, error estándar, valor t, grados de libertad, valor p e intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias. Los datos fueron procesados con el software Minitab v19.

### Método de análisis estadístico

$\mu_1$ : media de Peso fresco 60 días cuando Tratamiento = Rye Grass Tama

$\mu_2$ : media de Peso fresco 60 días cuando Tratamiento = Rye Grass Wester

Diferencia:  $\mu_1 - \mu_2$

Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna  $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

## RESULTADOS

### Número de plantas evaluadas por 0.5 m<sup>2</sup> a los 60 y 105 días

**Tabla 1.** Estadísticos descriptivos: número de plantas a los 60 y 105 días/0.5 m<sup>2</sup>

| Tratamiento      | N | 60 días/0.5 m <sup>2</sup> |          |            | 105 días/0.5 m <sup>2</sup> |          |            |
|------------------|---|----------------------------|----------|------------|-----------------------------|----------|------------|
|                  |   | $\bar{x}$                  | $\sigma$ | $\sigma_x$ | $\bar{x}$                   | $\sigma$ | $\sigma_x$ |
| Rye Grass Tama   | 3 | 29.6<br>7                  | 4.0<br>4 | 2.<br>3    | 30.3<br>3                   | 3.7<br>9 | 2.<br>2    |
| Rye Grass Wester | 3 | 43.0<br>0                  | 6.0<br>0 | 3.<br>5    | 45.6<br>7                   | 7.6<br>4 | 4.<br>4    |

$\sigma$ = Desviación estándar

$\sigma_x$ = Error estándar de la media

$\bar{x}$  = media

**Tabla 2.** Estimación de la diferencia de plantas evaluadas a los 60 y 105 días/0.5 m<sup>2</sup>

| 60 días/0.5 m <sup>2</sup> |            |                 | 105 días/0.5 m <sup>2</sup> |            |                     |
|----------------------------|------------|-----------------|-----------------------------|------------|---------------------|
| d                          | $\sigma_a$ | IC              | D                           | $\sigma_a$ | IC                  |
| -13.33                     | 5.12       | (-24.93; -1.74) | -<br>15.33                  | 6.03       | (-29.00; -<br>1.67) |

IC= IC de 95 % para la diferencia

$\sigma_a$ = Desviación estándar agrupada

d= diferencia

**Tabla 3.** Prueba de t de Student para dos muestras independientes

| Valor T | GL | Valor p | Valor T | GL | Valor p |
|---------|----|---------|---------|----|---------|
| -3.19   | 4  | 0.033   | -3.12   | 4  | 0.036   |

Se realizó un análisis comparativo del número de plantas emergidas a los 60 y 105 días entre dos variedades de *Lolium perenne* L. (Rye Grass), Tama y Wester, mediante una prueba t para muestras independientes, bajo el supuesto de igualdad de varianzas.

Los resultados a los 60 días indicaron que la variedad Wester presentó una mayor densidad de plantas (43.00) en comparación con Tama (29.67), con una diferencia promedio de -13.33 plantas. Esta diferencia resultó estadísticamente significativa (valor p = 0.033), como lo demuestra el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias, el cual no incluye el valor cero (-24.93; -1.74).

Los resultados a los 105 días mostraron que la variedad Wester presentó un mayor número promedio de plantas establecidas (45.67) en comparación con Tama (30.33), con una diferencia significativa de -15.33 plantas. Esta diferencia fue estadísticamente significativa (valor  $p = 0.036$ ), y el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias no incluyó el valor cero (-29.00; -1.67), lo que respalda la existencia de un efecto varietal real.

Estos hallazgos sugieren que el número de plantas de Rye Grass Wester a los 60 días posee una mejor capacidad de establecimiento inicial bajo las condiciones evaluadas, lo cual representa una ventaja agronómica importante en sistemas forrajeros, ya que una mayor densidad de plantas contribuye a una cobertura más eficiente del suelo, mejor competencia con malezas y mayor potencial productivo. En función de estos resultados, se recomienda considerar la inclusión de la variedad Wester en estrategias de implantación de pasturas, así como validar este comportamiento en distintos ambientes y manejos agronómicos para confirmar su estabilidad y adaptabilidad.

El número de plantas de Rye Grass Wester a los 105 días posee una mayor capacidad de persistencia y establecimiento en campo a lo largo del ciclo, lo cual representa una ventaja agronómica en sistemas forrajeros donde se prioriza una alta densidad vegetal, tanto para asegurar cobertura efectiva del suelo como para favorecer la competitividad del cultivo frente a malezas.

#### Longitud de planta evaluadas por 0.5 m<sup>2</sup> a los 60 y 105 días

**Tabla 4.** Estadísticos descriptivos: longitud de plantas a los 60 y 105 días

| Tratamiento      | N | Longitud de planta 60 días |          |            | Longitud de planta 105 días |          |            |
|------------------|---|----------------------------|----------|------------|-----------------------------|----------|------------|
|                  |   | $\bar{x}$                  | $\sigma$ | $\sigma_x$ | $\bar{x}$                   | $\sigma$ | $\sigma_x$ |
| Rye Grass Tama   | 3 | 0.43                       | 0.04     | 0.02       | 0.62                        | 0.05     | 0.03       |
| Rye Grass Wester | 3 | 0.51                       | 0.06     | 0.03       | 0.89                        | 0.04     | 0.02       |

$\sigma$ = Desviación estándar  
 $\sigma_x$ = Error estándar de la media  
 $\bar{x}$ = media

**Tabla 5.** Diferencia longitudinal de planta evaluadas a los 60 y 105 días/0.5 m<sup>2</sup>

| Longitud de planta 60 días |            |                 | Longitud de planta 105 días |            |                  |
|----------------------------|------------|-----------------|-----------------------------|------------|------------------|
| d                          | $\sigma_a$ | IC              | d                           | $\sigma_a$ | IC               |
| -0.0820                    | 0.053      | (-0.202; 0.038) | -0.273                      | 0.0479     | (-0.381; -0.164) |

IC= IC de 95 % para la diferencia  
 $\sigma_a$ = Desviación estándar agrupada  
d= diferencia

**Tabla 6.** Prueba de t de Student para dos muestras independientes de longitudinal de planta evaluadas por 0.5 m<sup>2</sup> a los 60 y 105 días

| Longitud de planta 60 días |    |         | Longitud de planta 105 días |    |         |
|----------------------------|----|---------|-----------------------------|----|---------|
| Valor T                    | GL | Valor p | Valor T                     | GL | Valor p |
| -1.90                      | 4  | 0.131   | -6.99                       | 4  | 0.002   |

Se realizó un análisis estadístico comparativo de la longitud de planta a los 60 y 105 días entre dos variedades de *Lolium perenne* L. (Rye Grass), Tama y Wester, mediante una prueba t para muestras independientes bajo el supuesto de igualdad de varianzas.

A los 60 días, la variedad Wester presentó una mayor longitud promedio (0.5140 m) en comparación con Tama (0.4320 m), con una diferencia estimada de -0.0820 m. No obstante, dicha diferencia no fue estadísticamente significativa (valor  $p = 0.131$ ), como lo confirma el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias, el cual incluye el valor cero (-0.2020; 0.0380).

A los 105 días la variedad Wester presentó una longitud promedio significativamente superior (0.8960 m) en comparación con Tama (0.6227 m), con una diferencia de -0.2733 m. Esta diferencia fue estadísticamente significativa (valor  $p = 0.002$ ), y el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias no incluyó el valor cero (-0.3819; -0.1647), lo que respalda de forma robusta el efecto varietal.

A pesar de esta falta de significancia a los 60 días, con respecto a la longitud de la planta, se observa una tendencia favorable hacia Wester en términos de desarrollo vegetativo temprano. La longitud de planta es un atributo morfofisiológico relevante para el aprovechamiento forrajero, ya que influye en la arquitectura de la cobertura, la captación lumínica y el rendimiento potencial.

La diferencia significativa a los 105 días, con respecto a la longitud de planta, indica un mayor desarrollo vegetativo en Rye Grass Wester, lo cual podría estar asociado a una mayor capacidad de intercepción lumínica, mayor área foliar funcional y un crecimiento más sostenido en el tiempo. Estos resultados posicionan a Wester como una variedad con mayor potencial fisiológico, apta para sistemas forrajeros que priorizan volumen aéreo y biomasa acumulada. El crecimiento en longitud es un factor clave en la eficiencia del aprovechamiento de la radiación y en la competencia interespecífica en pasturas perennes.

### Peso fresco de planta evaluadas por 0.5 m<sup>2</sup> a los 60 y 105 días

**Tabla 7.** Peso fresco de plantas a los 60 y 105 días

| Tratamiento      | 60 días |           |          |            | 105 días  |          |            |  |
|------------------|---------|-----------|----------|------------|-----------|----------|------------|--|
|                  | N       | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\sigma_x$ | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\sigma_x$ |  |
| Rye Grass Tama   | 3       | 620       | 119      | 69         | 1653      | 142      | 82         |  |
| Rye Grass Wester | 3       | 983       | 362      | 209        | 2803      | 352      | 203        |  |

$\sigma$ = Desviación estándar

$\sigma_x$ = Error estándar de la media

$\bar{x}$  = media

**Tabla 8.** Estimación de la diferencia Peso fresco a los 60 y 105 días

| 60 días |            |             |  | 105 días |            |               |  |
|---------|------------|-------------|--|----------|------------|---------------|--|
| d       | $\sigma_a$ | IC          |  | D        | $\sigma_a$ | IC            |  |
| -363    | 269        | (-974; 247) |  | -1150    | 268        | (-1758; -541) |  |

IC= IC de 95 % para la diferencia

$\sigma_a$ = Desviación estándar agrupada

d= diferencia

**Tabla 9.** Prueba t de Student de Peso fresco a los 60 y 105 días

| A los 60 días |    |         | A los 105 días |    |         |
|---------------|----|---------|----------------|----|---------|
| Valor T       | GL | Valor p | Valor T        | GL | Valor p |
| -1.65         | 4  | 0.174   | -5.25          | 4  | 0.006   |

Se llevó a cabo un análisis comparativo del peso fresco a los 60 y 105 días entre dos variedades de *Lolium perenne* L. (Rye Grass), Tama y Wester, mediante una prueba t para muestras independientes, asumiendo igualdad de varianzas.

A los 60 días, la variedad Wester presentó un mayor promedio de peso fresco (983 g) en comparación con Tama (620 g), con una diferencia estimada de -363 g. No obstante, esta diferencia no fue estadísticamente significativa (valor p = 0.174), como lo confirma el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias, el cual incluye el valor cero (-974; 247). La elevada desviación estándar registrada en Wester (362 g) indica una alta variabilidad entre repeticiones.

A los 105 días, la variedad Wester, presentó una producción de biomasa fresca significativamente mayor (2803 g) en comparación con Tama (1653 g), con una diferencia promedio de -1150 g. Esta diferencia fue altamente significativa desde el punto de vista estadístico (valor p = 0.006), y el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias no incluyó el valor cero (-1758; -541), lo que indica un efecto varietal claramente definido.

A pesar de la falta de significancia del peso fresco a los 60 días, el mayor rendimiento observado en la variedad Wester sugiere un posible comportamiento superior bajo las condiciones evaluadas. Por lo tanto, se recomienda ampliar el número de repeticiones y replicar el estudio en distintos ambientes agroecológicos para validar esta tendencia, así como fortalecer los criterios de selección varietal en programas de mejoramiento forrajero.

Rye Grass Wester a los 105 días posee un crecimiento más vigoroso o sostenido a lo largo del ciclo, lo que representa una ventaja agronómica importante para sistemas de

producción forrajera orientados a cortes prolongados o a maximizar el rendimiento por unidad de superficie. Este comportamiento, también, ha sido descrito en otras investigaciones, donde el peso por tallo de *Lolium perenne* L. mostró mayor variación estacional, siendo más elevado en otoño y decreciendo en verano, posiblemente, por la temperatura y el manejo del forraje (Mendoza-Pedroza et al., 2019). En función de estos resultados, se recomienda su incorporación en programas de manejo y mejoramiento, así como la validación de su desempeño en distintos ambientes y condiciones de manejo.

### Materia seca a los 60 y 105 días

**Tabla 10.** Estadísticos descriptivos: materia seca 60 días

| Tratamiento      | N | 60 días   |          |            | 105 días  |          |            |
|------------------|---|-----------|----------|------------|-----------|----------|------------|
|                  |   | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\sigma_x$ | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\sigma_x$ |
| Rye Grass Tama   | 3 | 63.5      | 11.5     | 6.6        | 178.2     | 31.2     | 18.8       |
| Rye Grass Wester | 3 | 112.9     | 32.9     | 19.19      | 385.7     | 50.7     | 24.9       |

$\sigma$ = Desviación estándar

$\sigma_x$ = Error estándar de la media

$\bar{x}$  = media

**Tabla 11.** Estimación de la diferencia

| 60 días |            |               | 105 días |            |                  |
|---------|------------|---------------|----------|------------|------------------|
| d       | $\sigma_a$ | IC            | d        | $\sigma_a$ | IC               |
| -49.3   | 24.6       | (-105.2; 6.5) | -207.5   | 41.9       | (-302.4; -112.5) |

IC= IC de 95 % para la diferencia

$\sigma_a$ = Desviación estándar agrupada

d= diferencia

**Tabla 12.** Prueba de t de Student para dos muestras independientes

| 60 días |    |         | 105 días |    |         |
|---------|----|---------|----------|----|---------|
| Valor T | GL | Valor p | Valor T  | GL | Valor p |
| -2.45   | 4  | 0.070   | -6.07    | 4  | 0.004   |

Se realizó un análisis comparativo del contenido de materia seca a los 60 y 105 días entre dos variedades de *Lolium perenne* L. (Rye Grass), Tama y Wester, mediante una prueba t para muestras independientes, asumiendo igualdad de varianzas.

La variedad Wester, a los 60 días, presentó mayor promedio de materia seca (112.9 g) en comparación con Tama (63.5 g), con una diferencia estimada de -49.3 g. Si bien esta diferencia no alcanzó significancia estadística al nivel del 5 % (valor p = 0.070), el resultado sugiere una tendencia marcada hacia una mayor acumulación de biomasa en Wester, lo que se ve reforzado por el valor p, cercano al umbral crítico y por la magnitud de la diferencia. El intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias incluye el valor cero (-105.2; 6.5), lo que limita la capacidad de afirmar diferencias concluyentes, especialmente en Wester.

La variedad Wester presentó un contenido promedio de materia seca significativamente superior (385.7 g) en comparación con Tama (178.2 g), con una diferencia de -207.5 g. Esta diferencia fue altamente significativa desde el punto de vista estadístico (valor p = 0.004), respaldada por un intervalo de confianza del 95 %, que no incluye el valor cero (-302.4; -112.5), lo que confirma la existencia de un efecto varietal real.

Estos resultados preliminares a los 60 días indican que Rye Grass Wester podría ofrecer un mayor rendimiento en términos de producción de materia seca, por lo que se recomienda continuar su evaluación con mayor número de repeticiones y en diferentes condiciones ambientales, a fin de validar su desempeño de manera robusta.

A los 105 días, Rye Grass Wester tiene un mayor potencial de rendimiento forrajero en términos de materia seca, lo cual es fundamental para mejorar la eficiencia en la alimentación animal y la producción de biomasa destinada a pastoreo o conservación.

### Longitud de raíz (cm) a los 105 días

**Tabla 13.** Estadísticos descriptivos: longitud de raíz (cm) 105 días

| Tratamiento | N | Longitud raíz m |          |            | Peso raíz g. |          |            | N.º de ahijamiento |          |            |
|-------------|---|-----------------|----------|------------|--------------|----------|------------|--------------------|----------|------------|
|             |   | $\bar{x}$       | $\sigma$ | $\sigma_x$ | $\bar{x}$    | $\sigma$ | $\sigma_x$ | $\bar{x}$          | $\sigma$ | $\sigma_x$ |

|                  |   |      |       |       |      |     |     |      |     |     |
|------------------|---|------|-------|-------|------|-----|-----|------|-----|-----|
| Rye Grass Tama   | 3 | 0.18 | 0.008 | 0.004 | 27.4 | 4.8 | 2.8 | 42.8 | 8   | 4.6 |
| Rye Grass Wester | 3 | 0.16 | 0.029 | 0.017 | 26.6 | 9.2 | 5.3 | 33.3 | 5.8 | 3.4 |

$\sigma$ = Desviación estándar

$\sigma_x$ = Error estándar de la media

$\bar{x}$  = media

**Tabla 14.** Estimación de la diferencia de longitud de raíz, peso de raíz, n.º de ahijamiento a los 105 días

| Longitud raíz m. |            |               | Peso raíz g |            |                | N.º de ahijamiento |            |               |
|------------------|------------|---------------|-------------|------------|----------------|--------------------|------------|---------------|
| d                | $\sigma_a$ | IC            | d           | $\sigma_a$ | IC             | d                  | $\sigma_a$ | IC            |
| 0.03             | 0.021      | (-0.02; 0.07) | 0.61        | 7.36       | (16.08; 17.30) | 9.78               | 7.03       | (6.15; 25.70) |

IC= IC de 95 % para la diferencia

$\sigma_a$ = Desviación estándar agrupada

d= diferencia

**Tabla 15.** Prueba de t de Student para dos muestras independientes de longitud de raíz, peso de raíz, n.º de ahijamiento a los 105 días

| Longitud raíz m. |    |         | Peso raíz g |    |         | N.º de ahijamiento |    |         |
|------------------|----|---------|-------------|----|---------|--------------------|----|---------|
| Valor T          | GL | Valor p | Valor T     | GL | Valor p | Valor T            | GL | Valor p |
| 1.53             | 4  | 0.200   | 0.10        | 4  | 0.924   | 1.70               | 4  | 0.163   |

Se realizó un análisis estadístico comparativo de la longitud de raíz, peso de raíz y ahijamiento a los 105 días entre dos variedades de *Lolium perenne* L. (Rye Grass), Tama y Wester, mediante una prueba t para muestras independientes bajo el supuesto de igualdad de varianzas.

La variedad Tama presentó una mayor longitud promedio de raíz (0.18444 cm) en comparación con Wester (0.15780 cm), con una diferencia estimada de 0.0267 cm. Sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa (valor p = 0.200), y el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias incluyó el valor cero (-0.0216; 0.0750), lo que indica la ausencia de un efecto varietal claro.

El peso radicular a los 105 días, ambas variedades presentaron valores promedio similares (27.23 g para Tama y 26.62 g para Wester), con una diferencia estimada de apenas 0.61 g. Esta diferencia no fue estadísticamente significativa (valor p = 0.924), y el intervalo de confianza del 95 %

para la diferencia de medias incluyó el valor cero (-16.08; 17.30), lo que confirma la ausencia de un efecto varietal claro en este parámetro.

La variedad Tama presentó un mayor número promedio de ahijamiento (42.78) en comparación con Wester (33.00), con una diferencia estimada de 9.78 macollos por planta. Sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa (valor p = 0.163), como indica, también, el intervalo de confianza del 95 % para la diferencia de medias, que incluyó el valor cero (-6.15; 25.70).

A los 105 días de la siembra, la longitud de raíz no mostró diferencias significativas. Este parámetro sigue siendo relevante por su implicancia en la exploración del perfil del suelo, la eficiencia en la absorción de nutrientes y la tolerancia al estrés hídrico. Por lo tanto, se sugiere ampliar este tipo de evaluaciones con un mayor tamaño muestral y considerar, además, otros aspectos de la arquitectura radicular, como la profundidad, ramificación y densidad de raíces.

El peso radicular a los 105 días sugiere que ambas variedades mantienen un desarrollo radicular semejante en esta etapa fenológica, lo cual podría implicar una similar eficiencia en la absorción de agua y nutrientes. No obstante, se recomienda complementar este tipo de análisis con evaluaciones más específicas sobre la arquitectura del sistema radicular y su funcionalidad, dado que la biomasa por sí sola no siempre refleja adecuadamente la capacidad de exploración del suelo.

El número de ahijamiento es un atributo relevante, ya que influye directamente en la densidad del forraje, la persistencia de la pastura y la capacidad de rebrote. Aunque los resultados no permiten establecer conclusiones definitivas, la tendencia observada a favor de Rye Grass Tama en comparación con Wester, sugiere un posible comportamiento superior en capacidad de ahijamiento. Este es uno de los principales criterios para la selección de gramíneas perennes con alto potencial productivo; por



ello, se tiene que seguir evaluando el tercer cuarto corte. En ese sentido, Flores-Santiago et al. (2018) destacan que el comportamiento del ahijamiento varía estacionalmente y está influenciado por la proporción de especies en las asociaciones forrajeras, siendo un factor determinante en la estabilidad y productividad del pasto bajo condiciones de manejo con pastoreo.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran un comportamiento diferencial entre las variedades *Lolium perenne* L., var. Tama y var. Wester, bajo condiciones agroclimáticas altoandinas, siendo Wester la que presentó un mejor desempeño integral en la mayoría de variables evaluadas. Estas diferencias se evidenciaron de forma significativa a los 105 días de evaluación, especialmente en peso fresco, contenido de materia seca y longitud de planta, lo cual concuerda con lo señalado por Wilkins y Humphreys (2003), quienes destacan que los genotipos de *L. perenne* pueden mostrar respuestas fisiológicas y agronómicas diferenciadas según su grado de adaptación genética al ambiente.

En términos de establecimiento, Wester mostró un mayor número de plantas emergidas a los 60 y 105 días, lo que sugiere una mayor eficiencia en la germinación y vigor de plántula. Este rasgo es esencial en ecosistemas altoandinos, donde factores como la baja temperatura, alta radiación UV y suelos con limitaciones físicas pueden afectar negativamente la implantación de forrajes (Lemaire et al., 2008). Este comportamiento inicial de Wester puede traducirse en ventajas como mayor cobertura vegetal, control de malezas y mayor persistencia de la pastura.

El mayor peso fresco y contenido de materia seca registrados en Wester a los 105 días evidencian un crecimiento más sostenido, lo cual representa una ventaja en sistemas forrajeros que priorizan cortes escalonados o reservas. Estudios como los de

Silveira et al. (2020) y Delgado (1980) han reportado que ciertas variedades presentan un crecimiento prolongado y picos de acumulación de biomasa tardíos, lo cual se alinea con lo observado en Wester. Adicionalmente, el mayor desarrollo foliar en Wester indica un crecimiento robusto, condición favorable para mejorar la intercepción lumínica y eficiencia fotosintética (Jezequel et al., 2025).

En cuanto al sistema radicular, aunque no se encontraron diferencias significativas en peso ni longitud, investigaciones como las de Fan et al. (2021) y Cao et al. (2025) resaltan la importancia de evaluar otros atributos como ramificación, profundidad y resistencia al arranque. Estos aspectos pueden determinar el éxito de la especie en ambientes de altura, especialmente, ante eventos de estrés hídrico o erosión. Asimismo, investigaciones recientes subrayan que la eficiencia del sistema radicular no solo depende de su biomasa, sino también de su capacidad funcional para la absorción de nutrientes, lo cual está influenciado por asociaciones microbianas y características anatómicas finas (Stakelienė et al., 2025).

Respecto al número de macollos, aunque Tama mostró valores ligeramente superiores, no se observaron diferencias significativas. Esta tendencia puede indicar una mayor capacidad de ahijamiento, que, según Mendoza-Pedroza et al. (2019) y Flores-Santiago et al. (2018), está asociada a la persistencia del cultivo y a su capacidad de rebrote. Sin embargo, esta ventaja estructural no se tradujo en mayor biomasa, lo que sugiere que el ahijamiento debe ir acompañado de un desarrollo fisiológico eficaz (Fulkerson & Slack, 1994).

Además, diversos estudios resaltan que el comportamiento productivo de *Lolium perenne* L. está condicionado por la interacción genotipo-ambiente, siendo crucial validar cada cultivar en función de las condiciones específicas del ecosistema en que se pretende establecer (Guo et al., 2025). De manera complementaria, se ha demostrado que el rendimiento de *L. perenne* puede verse

potenciado por su asociación con microorganismos benéficos como bacterias degradadoras de contaminantes (Yin et al., 2025) u hongos promotores de crecimiento como *Trichoderma asperellum* (Wen et al., 2025), los cuales no fueron considerados en esta investigación, pero representan un campo prometedor para futuras evaluaciones integradas.

En conjunto, los resultados respaldan el uso de la variedad Wester para condiciones altoandinas, confirmando su potencial productivo y adaptativo. Se recomienda continuar con estudios multianuales, bajo diferentes condiciones de manejo (frecuencia de corte, fertilización, asociación con leguminosas), a fin de validar su desempeño y generar recomendaciones técnicas robustas para sistemas ganaderos de altura.

## CONCLUSIONES

### Establecimiento y persistencia

La variedad Rye Grass Wester presentó un mayor número de plantas emergidas tanto a los 60 como a los 105 días después de la siembra, con diferencias estadísticamente significativas respecto a Tama. Esto indica una mejor capacidad de establecimiento y persistencia en campo, lo cual constituye una ventaja agronómica fundamental en sistemas de pasturas altoandinas.

### Desarrollo morfológico

A los 105 días, Wester mostró una longitud de planta significativamente superior en comparación con Tama, reflejando un crecimiento vegetativo más vigoroso. Esta característica favorece una mayor cobertura foliar y eficiencia en la captura de luz, elementos clave para el rendimiento forrajero total.

### Producción de biomasa

El análisis del peso fresco y de materia seca evidenció un desempeño productivo

significativamente superior en Wester a los 105 días, con diferencias altamente significativas respecto a Tama. A los 60 días, aunque las diferencias no fueron significativas, se observó una clara tendencia a favor de Wester, lo que sugiere un patrón de crecimiento sostenido en el tiempo.

### Sistema radicular

No se encontraron diferencias significativas entre las variedades en cuanto a longitud ni peso de raíz a los 105 días, lo que sugiere un comportamiento radicular similar en esta etapa fenológica. Sin embargo, se recomienda profundizar en estudios sobre arquitectura radicular y eficiencia fisiológica, dada la importancia de estas variables en la adaptación a suelos de altura.

### Macollamiento

Aunque no fue estadísticamente significativa, la variedad Tama presentó un mayor número promedio de macollos que Wester a los 105 días. Esta tendencia podría ser relevante para estrategias de manejo que prioricen la persistencia y el rebrote, por lo que se recomienda continuar la evaluación en cortes posteriores.

### Variedad recomendada

En función de los resultados obtenidos, se concluye que la variedad Rye Grass Wester presenta mejor desempeño integral en condiciones altoandinas, destacando en establecimiento, crecimiento aéreo y rendimiento de biomasa. Se recomienda su uso en programas de siembra de pasturas permanentes o rotativas en zonas similares a Acobamba, Huancavelica.

## CONFLICTO DE INTERESES

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

## REFERENCIAS

- Cao, Y., Su, X., Zhou, Z., Liu, J., Chen, M., Wang, N., ... & Liu, F. (2025). *Effects of root traits on shear performance of root-soil complex and soil reinforcement in the Loess Plateau. Soil & Tillage Research*, 252, 106625. <https://doi.org/10.1016/j.still.2025.106625>
- Delgado Enquita, I. (1980). Características fisiológicas y agronómicas del ray-grass Westerwold en el Valle Medio del Ebro. *Pastos*, 10(10), 72-84.
- Fan, C.-C., Lu, J. Z., & Chen, H. H. (2021). *The pullout resistance of plant roots in the field at different soil water conditions and root geometries. Catena*, 207, 105593. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105593>
- Flores-Santiago, E. J., Guerrero-Rodríguez, J. D., Cadena-Villegas, S., Alejos-de la Fuente, J. I., Mendoza-Pedroza, S. I., Luna-Guerrero, M. J., Peña-Aguilar, M. A., & Hernández-Garay, A. (2018). Dinámica de tallos de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.), solo y asociado con *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. *Agroproductividad*, 11(5), 10-17.
- Fulkerson, W. J., & Slack, K. (1994). Leaf number as a determinant of pasture regrowth and quality in ryegrass. *Australian Journal of Agricultural Research*, 45(1), 183-198. <https://doi.org/10.1071/AR9940183>
- Gilliland, T. J., Barrett, P. D., & O'Donovan, M. (2002). The evaluation of perennial ryegrass cultivars across Ireland and the UK: A progress report. *Irish Grassland and Animal Production Association*, 36, 89-100.
- Gilliland, T. J., Black, L., Watson, S., Widdowson, J., & Gauley, A. (2025). *Fifty-four years of ryegrass ear phenology reveals climate change responses. Field Crops Research*, 327, 109893. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2025.109893>
- Ghestem, M., Veylon, G., Bernard, A., Danjon, F., & Stokes, A. (2014). Influencia de la morfología del sistema radicular y las características arquitectónicas de las plantas en la resistencia al corte del suelo. *Plant and Soil*, 377(1-2), 43-61. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1572-1>
- Guo, T., Niu, T., Kuka, K., & Tippkötter, N. (2025). Optimizing silage efficiency: The role of ryegrass varieties, harvest time, and additives in enhancing perennial ryegrass (*Lolium perenne*) fermentation. *Fermentation*, 11(192). <https://doi.org/10.3390/fermentation11040192>
- Jezequel, A., Delaby, L., McKay, Z. C., Tobin, J. T., & Horan, B. H. (2025). *Dry matter intake and production efficiencies of dairy cows rotationally grazing a perennial ryegrass monoculture, a perennial ryegrass-white clover sward, or a multispecies sward. Journal of Dairy Science*, 108(5), 5027-5038. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25837>
- Lemaire, G., Hodgson, J., & de Moraes, A. (2008). Grassland productivity and ecosystem services. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(2), 231-240. <https://doi.org/10.1051/agro:2008004>
- Lu, X., Chen, X., Vancov, T., Zhu, F., Zhu, W., Hong, L., ... & Hong, C. (2025). *Combined remediation effect of ryegrass-earthworm on heavy metal composite contaminated soil. Journal of Hazardous Materials*, 494, 138477. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.138477>
- Mendoza-Pedroza, S. I., Maldonado-Peralta, M. Á., Rojas-García, A. R., Cruz-Hernández, A., Torres-Salado, N., & Vaquera-Huerta, H. (2019). Ahijamiento

- de *Lolium perenne* L. asociado con *Dactylis glomerata* L. y *Trifolium repens* L. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(16), 57-64. <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1392>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2021). *Pastos y forrajes del Ecuador: Guía técnica para la selección de especies*. Quito, Ecuador.
- Pastos y Forrajes del Ecuador. (2021). *Boletín técnico sobre especies forrajeras andinas*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Reubens, B., Poesen, J., Danjon, F., Geudens, G., & Muys, B. (2007). The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architecture: A review. *Trees*, 21, 385-402. <https://doi.org/10.1007/s00468-007-0132-4>
- Silveira, M. C. T., Ferreira, L. L., & Oliveira, C. A. (2020). Produtividade de matéria seca e qualidade bromatológica de genótipos de ryegrass. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 49, e20190220.
- Stakelienė, V., Pašakinskienė, I., Matijošiūtė, S., Martūnas, J., & Štukėnienė, G. (2025). Identifying root-associated endophytic fungi and bacteria in *Festuca* and *Lolium* grasses from a site in Lithuania. *Microorganisms*, 13(799). <https://doi.org/10.3390/microorganisms13040799>
- Vargas, F., Castillo, L., & Rivas, M. (2024). Evaluación de cultivares de raigrás bajo diferentes altitudes en la región andina. *Revista Agroandina*, 10(1), 45-54.
- Wen, X., Qi, H., Niu, Q., Tang, R., & Yin, S. (2025). *Trichoderma asperellum* 152-42 enhances growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) by modulation of plant hormones and carbon-nitrogen metabolism. *Scientia Horticulturae*, 345, 114138. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.114138>
- Wilkins, P. W., & Humphreys, M. O. (2003). Progress in breeding perennial forage grasses for temperate agriculture. *Journal of Agricultural Science*, 140(2), 129-150. <https://doi.org/10.1017/S0021859603003093>
- Yin, M., Li, P., Chen, C., Jia, R., Xia, B., Liu, Y., ... & Li, Z.-H. (2025). *Bioremediation potential of sulfadiazine-degrading bacteria: Impacts on ryegrass growth and soil functionality*. *Journal of Hazardous Materials*, 491, 138012. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.138012>