

Productive characteristics of eight cultivars of flour wheat (*Triticum aestivum* L.), canaán 2735 msnm, ayacucho, 2022

Características productivas de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), canaán 2735 msnm, ayacucho, 2022

Autores:

Zambrano-Ochoa, Lurquín Marino
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Profesor Principal
Ayacucho – Perú



lurquin.zambrano@unsch.edu.pe



<https://orcid.org/0000-0002-1532-4695>

Cépida-Ventura, Andrés
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Investigador Área de biodiversidad
Ayacucho – Perú



andres.cepida.01@unsch.edu.pe



<https://orcid.org/0009-0006-7609-2652>

Altamirano-Pérez, Ana María
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
Investigadora del Programa de Investigación en Cultivos Andinos-INIA
Ayacucho – Perú



aaltamirano@inia.gob.pe



<https://orcid.org/0000-0002-0239-6948>

Fechas de recepción: 19-SEP-2025 aceptación: 03-NOV-2025 publicación: 30-DIC-2025



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>

Resumen

El trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) es uno de los cultivos más relevantes para la seguridad alimentaria mundial y su evaluación en condiciones altoandinas resulta esencial para optimizar su productividad. El presente estudio se realizó en la Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ubicada en el distrito de Andrés Avelino Cáceres, provincia de Huamanga, región Ayacucho, a 2735 m s. n. m., durante el período comprendido entre diciembre de 2022 y julio de 2023. El objetivo fue evaluar el rendimiento, la precocidad y la calidad de grano de ocho cultivares de trigo harinero, mediante un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre los genotipos evaluados. Los cultivares Gavilán y H-1084 mostraron mayor precocidad, alcanzando la madurez fisiológica entre los 105 y 125 días después de la siembra. El cultivar H-1087 destacó por su rendimiento superior ($7682.33 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) y alta densidad de espigas (385.54 por m^2), además de presentar un peso hectolítrico de $81.93 \text{ kg} \cdot \text{hl}^{-1}$ y un peso de mil semillas de 53.97 g, lo que lo clasifica como grano grande. Estas características lo posicionan como un material con alto potencial productivo y calidad comercial. En conjunto, los resultados contribuyen a la selección de cultivares de trigo harinero adaptados a las condiciones agroecológicas de la región de Ayacucho, fortaleciendo la base científica para su aprovechamiento en programas de mejoramiento genético y manejo sostenible del cultivo.

Palabras clave: precocidad; rendimiento; calidad de grano; cultivares; trigo harinero; ayacucho.

Abstract

Bread wheat (*Triticum aestivum* L.) is one of the most important crops for global food security, and its evaluation under high-Andean conditions is essential to optimize productivity and grain quality. This study was conducted at the Canaán Agricultural Experimental Station of the National Institute of Agrarian Innovation (INIA), located in the district of Andrés Avelino Cáceres, Huamanga province, Ayacucho region, at an altitude of 2735 m a.s.l., from December 2022 to July 2023. The objective was to evaluate yield, earliness, and grain quality of eight bread wheat cultivars using a Randomized Complete Block Design (RCBD). Significant differences were observed among the evaluated genotypes. Cultivars Gavilán and H-1084 showed the earliest maturity, reaching physiological maturity between 105 and 125 days after sowing. Cultivar H-1087 exhibited the highest yield (7682.33 kg·ha⁻¹) and spike density (385.54 per m²), as well as the greatest test weight (81.93 kg·hl⁻¹) and thousand-grain weight (53.97 g), classifying it as a large-grain type. These attributes indicate high productive potential and commercial quality. Overall, the findings contribute to the selection of bread wheat cultivars adapted to the agroecological conditions of the Ayacucho region, providing a scientific basis for genetic improvement and sustainable management programs.

Keywords: earliness; yield; grain quality; cultivars; bread wheat; Ayacucho.

Introducción

El trigo harinero se consolida como uno de los cultivos de mayor demanda a nivel mundial, ocupando aproximadamente el 9,8 % de la superficie agrícola global y contribuyendo de forma significativa al abastecimiento alimentario. En el contexto peruano, su producción se concentra principalmente en las regiones de la costa y la sierra, destacando los departamentos de La Libertad, Cajamarca, Arequipa y Áncash, que en conjunto representan alrededor del 59 % de la producción nacional. Sin embargo, dicha producción continúa siendo insuficiente para cubrir el consumo interno. El Perú se ubica como el cuarto país de América Latina con mayor consumo per cápita de trigo, alcanzando un promedio anual de 63 kg por persona, cifra superada por Chile, Argentina y Uruguay, cuyos consumos superan los 100 kg por habitante, según datos de la Asociación Latinoamericana de Industriales Molineros (Loaysa, 2014).

El trigo constituye un alimento esencial en la dieta humana debido a su alto contenido de carbohidratos. Además de su utilización para la elaboración de harina destinada a productos como panes, galletas, fideos y pasteles, el grano descascarado también se emplea en la preparación de diversos platillos tradicionales en países en vías de desarrollo (Galdos, 2007). En el Perú, el rendimiento promedio nacional del trigo se estima en $1,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, resultado que se asocia principalmente a la explotación de suelos de baja fertilidad, al uso de variedades poco productivas y al empleo limitado de fertilizantes, junto con un nivel tecnológico reducido en el manejo del cultivo. No obstante, los avances derivados de la Revolución Verde han permitido el desarrollo de variedades de alto rendimiento, conocidas como trigos enanos de entrenudos cortos, que presentan buena tolerancia a elevadas dosis de fertilizantes nitrogenados. Bajo un manejo agronómico adecuado y la implementación de tecnologías apropiadas, estas variedades muestran alta rentabilidad al alcanzar rendimientos significativamente superiores (Villanueva, 2003).

A nivel mundial, el rendimiento del trigo ha experimentado un incremento sostenido en los últimos años, impulsado por el mejoramiento genético de los cultivares y la adopción de prácticas agronómicas más eficientes (Poehlman & Allen, 2004).

En la región de Ayacucho, la producción triguera enfrenta múltiples limitaciones de tipo biótico, abiótico y tecnológico. El empleo de variedades locales susceptibles a enfermedades fúngicas puede ocasionar pérdidas de hasta un 80 % del rendimiento total. Asimismo, un manejo inadecuado del cultivo repercute de manera negativa en la productividad y la rentabilidad. De acuerdo con el Sistema Integrado de Estadística Agropecuaria (SIEA, 2024), el rendimiento promedio en la región alcanza los $2,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Considerando estos antecedentes, la presente investigación tuvo como propósito evaluar la viabilidad de identificar cultivares de trigo con mayores rendimientos de grano bajo las condiciones agroecológicas propias de la región. El objetivo general consistió en evaluar distintos cultivares de trigo en condiciones de campo en el Centro Experimental Canaán, con el fin de determinar aquel que presente el mejor desempeño agronómico para la zona.

En función de lo expuesto, se llevó a cabo este estudio con los siguientes objetivos: evaluar las características productivas de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en el Centro Experimental Canaán, ubicado a 2735 m s. n. m., en Ayacucho, durante el año 2022.

Material y métodos

Material

Para el desarrollo de la investigación se emplearon diversos instrumentos y herramientas orientados al registro y análisis de datos agronómicos. Se utilizaron balanzas electrónicas de precisión (± 0.01 g) para la determinación del peso de mil granos y el peso hectolítrico, una cinta métrica graduada para medir la altura de planta y longitud de espiga, así como termómetros digitales y pluviómetros automáticos pertenecientes a la Estación Meteorológica del INIA – Canaán, para el control de las variables climáticas.

Los datos fueron organizados en hojas de cálculo mediante Microsoft Excel 2019, y sometidos a análisis estadístico con el software SPSS versión 25, aplicando análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para la comparación de medias. Los resultados fueron representados gráficamente mediante gráficos de barras y de cajas, con el fin de ilustrar la variabilidad y el comportamiento de los cultivares evaluados.

Adicionalmente, se emplearon formatos de registro de campo para las evaluaciones fenológicas y agronómicas, los cuales incluyeron observaciones sobre la emergencia, macollamiento, floración, formación de grano y madurez fisiológica de cada cultivar.

Métodos

La investigación tuvo un enfoque experimental y se desarrolló bajo un Diseño de Bloques Completamente Aleatorizado (DBCA) con ocho cultivares de trigo harinero y tres repeticiones, con el propósito de evaluar diferencias en rendimiento, precocidad y calidad de grano. Cada unidad experimental abarcó un área de 8.4 m², conformada por siete surcos con una distancia de 0.3 m entre surcos, y una densidad de siembra de 120 kg·ha⁻¹ a chorro continuo. Las evaluaciones se realizaron en plantas seleccionadas aleatoriamente dentro de cada unidad experimental, asegurando la representatividad de la muestra.

El análisis estadístico se efectuó mediante análisis de varianza (ANOVA) para las variables de rendimiento y calidad de grano, a fin de determinar la existencia de diferencias significativas entre los cultivares. Cuando se detectaron diferencias, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$). Para las variables relacionadas con la precocidad fenológica, se utilizaron estadísticos descriptivos como el rango y la media, con el fin de establecer los periodos en que ocurrieron los principales estados de desarrollo.

El modelo matemático empleado correspondió al Modelo Aditivo Lineal (M.A.L.), expresado de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

donde: Y_{ij} representa el valor observado del tratamiento i en el bloque j ; μ es la media general; T_i corresponde al efecto del tratamiento (cultivar); β_j al efecto del bloque (repetición); y ε_{ij} al error experimental aleatorio.

Tabla 1.
Características físicoquímico del suelo experimental – INIA Canaán.

| Descripción | Unidad | Valor | Interpretación |
|------------------|--------------------|---------------------------|------------------------|
| Materia orgánica | % | 2.42 | Medio |
| Nt | % | 0.12 | Medio |
| P | Ppm | 14.5 | Medio |
| K | Ppm | 164.62 | Medio |
| pH | -.- | 8.23 | Moderadamente alcalino |
| CICe | Cmol (+)/kg | 23.2 | Alto |
| CE | dS m ⁻¹ | 1.28 | Suelo normal |
| Arena | % | 49.6 | |
| Limo | % | 25.3 | |
| Arcilla | % | 25.1 | |
| Clase textural | -.- | Franco arcillo arenoso | |

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería de la FCA.

El procesamiento de los datos se realizó utilizando los programas SPSS versión 25 y Microsoft Excel 2019, elaborándose gráficos de barras y de dispersión para visualizar el comportamiento de las variables evaluadas.

Factores estudiados:

a) Cultivares en estudio:

- C1: Andino (INIA)
- C2: Gavilán (INIA)
- C3: H-1116 (CIMMYT)
- C4: H-1118 (CIMMYT)
- C5: H-1087 (CIMMYT)
- C6: H-1084 (CIMMYT)
- C7: H-1090 (CIMMYT)
- C8: H-1075 (CIMMYT)

b) Variables evaluadas:

- **Componentes de rendimiento:** altura de planta (cm), longitud de espiga (cm), número de macollos por planta, número de espigas por metro cuadrado, número de granos por espiga y rendimiento ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).
- **Componentes de precocidad:** días hasta la emergencia, inicio del macollamiento, aparición de la espiga, formación del grano y madurez fisiológica.
- **Componentes de calidad de grano:** peso hectolítrico ($\text{kg} \cdot \text{hl}^{-1}$), humedad del grano (%) y peso de mil semillas (g).

Las mediciones se realizaron utilizando balanza electrónica de precisión, cinta métrica graduada y determinador de humedad digital, siguiendo los protocolos de evaluación agronómica establecidos por el INIA (2017) para ensayos con cultivares de trigo.

Resultados

Descripción de la muestra

Previo a la presentación de los resultados obtenidos, es importante describir las herramientas estadísticas y metodológicas utilizadas para el tratamiento de la información experimental. Para la comparación de medias entre los diferentes cultivares de trigo harinero evaluados en el estudio, se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$). Esta herramienta permitió identificar diferencias significativas entre tratamientos, garantizando la fiabilidad de los resultados al analizar los componentes de rendimiento, tales como la altura de planta, longitud de espiga, número de macollos por planta, número de espigas por metro cuadrado, número de granos por espiga y rendimiento por hectárea.

En el caso de los componentes de precocidad, se utilizó estadística descriptiva basada en los rangos de días después de la siembra (DDS), con el propósito de registrar las etapas fenológicas del cultivo, comprendidas entre emergencia, macollamiento, embuche, floración, llenado de grano y madurez fisiológica. Este procedimiento permitió reflejar la duración de cada fase y las variaciones entre cultivares bajo las condiciones agroecológicas del ensayo.

Para los componentes de calidad de grano, se emplearon nuevamente el análisis comparativo de medias y la prueba de Tukey, aplicadas a las variables peso hectolítrico y peso de mil semillas. Estas herramientas facilitaron la identificación de diferencias entre genotipos en cuanto a densidad, tamaño y llenado del grano, factores determinantes en la calidad industrial y el potencial productivo del trigo.

El análisis estadístico se complementó con la revisión y contraste de investigaciones previas, cuyas referencias sustentan los hallazgos y confirman la influencia de los factores genéticos, el manejo del nitrógeno y las condiciones ambientales sobre los parámetros de rendimiento y calidad. Asimismo, los aportes de Poehlman y Allen (2004) y Dendy (2004) respaldan el enfoque metodológico y la interpretación de variables fisiológicas, fortaleciendo la validez científica del estudio y sirviendo de base para el análisis que se presenta a continuación.

Análisis de los Resultados

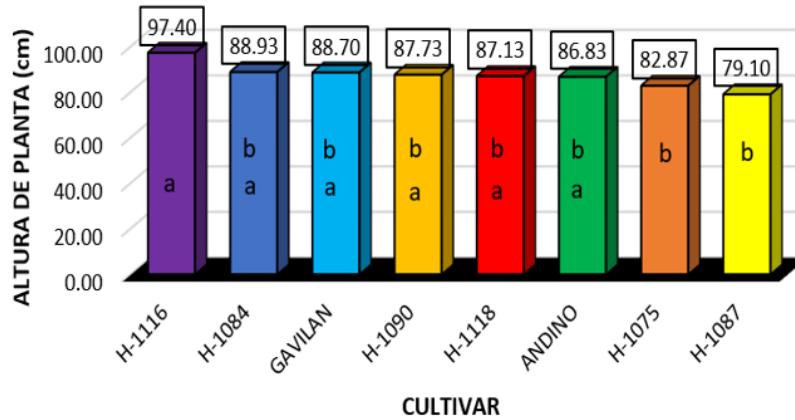
a) Componentes de rendimiento

Altura de planta

Al realizar la Prueba de Tukey, el mismo que se presenta en la Figura 1, se observa que el cultivar H-1116 alcanzó la mayor altura de planta (97.40 cm), mostrando una diferencia estadística respecto a los demás cultivares. La altura menor fue alcanzada por el cultivar H-1087 (79.10 cm), beneficio que es adecuada para reaccionar ante niveles de fertilización con nitrógeno.

Figura 1.

Prueba de Tukey de la altura de planta (cm) de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), Canaán a 2735 msnm – Ayacucho.



Fuente: elaboración propia

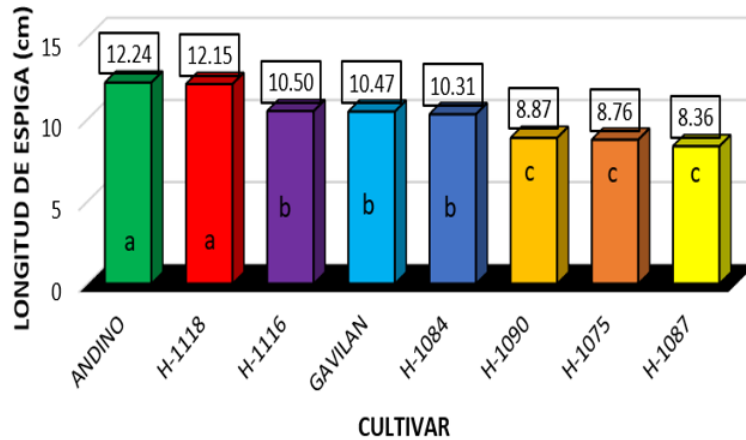
Comparando cinco variedades de trigo harinero en Canaán a 2750 metros de altitud, reportó que la variedad Gavilán logró una altura de 0.82 m, mientras que el cultivar Rinia logró una altura de 0.75 m. Las variaciones en la altura detectadas con este estudio podrían deberse a factores climáticos, dado que ambos genotipos fueron sembradas en periodos de fechas distintas.

Longitud de espiga

Según la prueba de Tukey de la Figura 2, el cultivar Andino alcanzó una mayor longitud de espiga a comparación de los demás cultivares, sin diferenciarse estadísticamente del cultivar H-1118, cabe mencionar que existe diferencia estadística entre los demás cultivares.

Figura 2.

Prueba de Tukey sobre la longitud de espiga (cm) de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), Canaán a 2735 msnm – Ayacucho.



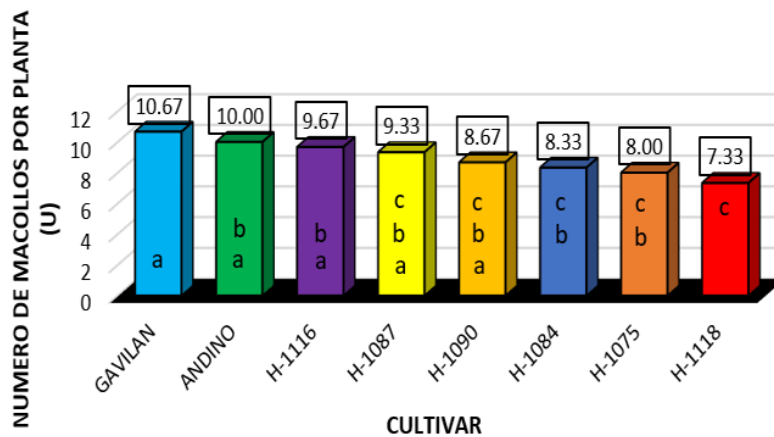
Fuente: elaboración propia

Número de macollos por planta

En la comparación de medias de los cultivares en el número de macollos por planta (Figura 3), se observa que el cultivar Gavilán tiene una ventaja estadística del número de macollos por plantas (10.67 macollos) respecto a los demás cultivares: Andino, H-1116, H-1087 y H-1090. El cultivar con menor número de macollos fue el H-1118 con una cantidad promedio de 7.33 macollos por planta; podemos decir que algunos cultivares tuvieron efecto diferenciado en la respuesta al número de macollos por planta.

Figura 3.

Prueba de Tukey del número de macollos por planta de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), Canaán a 2735 msnm – Ayacucho.



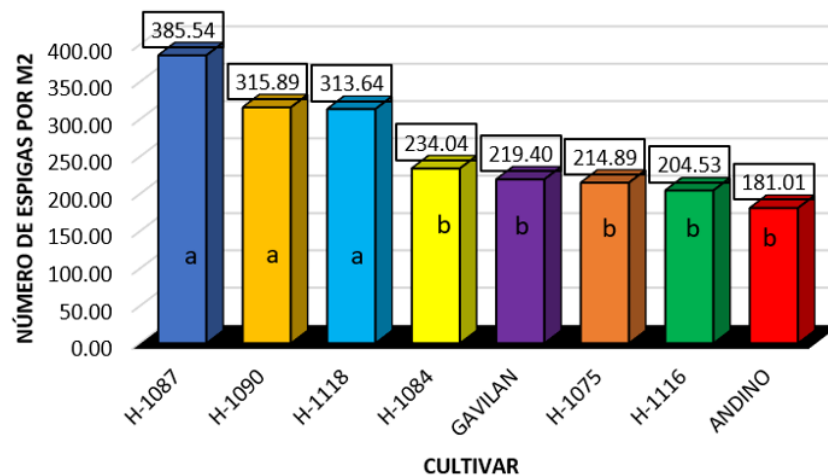
Fuente: elaboración propia

Número de espigas por metro cuadrado

En la comparación de medias de los cultivares relacionado al número de espigas por metro cuadrado (Figura 4), se observa a los cultivares H-1087, H-1090 y H-1118 que muestran mayores valores de espigas/m² (385.54, 315.89 y 313.64, respectivamente), sin embargo, los cultivares H-1084, Gavilán, H-1075, H-116 y Andino se encuentran por debajo de estos valores, tanto numéricos como estadísticamente. Este resultado refleja el potencial productivo de los cultivares, puesto que esta variable está estrechamente relacionada con la productividad y alto rendimiento en grano.

Figura 4.

Prueba de Tukey del número de espigas por metro cuadrado en ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), Canaán a 2735 msnm - Ayacucho.



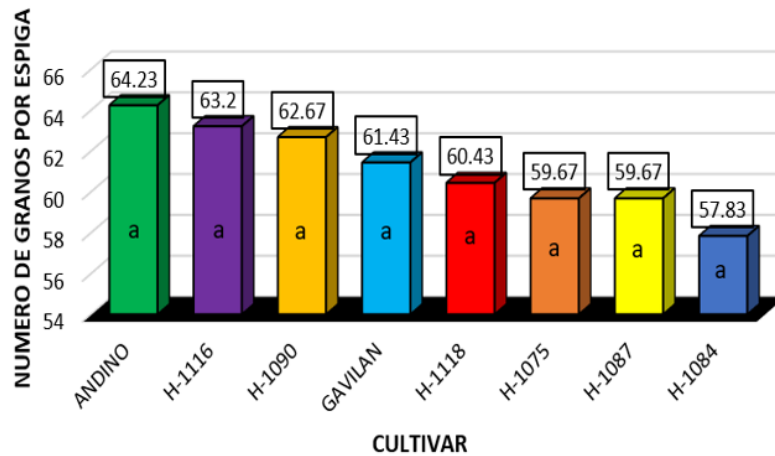
Fuente: elaboración propia

Número de granos por espiga

La Figura 5, que representa los resultados de la Prueba de Tukey para el número de granos por espiga, muestra que las variedades Andino y H-1116 presentan el mayor número de granos por espiga, sin diferencia estadística significativa entre ellas. Estos resultados demuestran la eficacia del procedimiento de mejora genética en estas variedades, demostrando su potencial productivo.

Figura 5.

Prueba de Tukey del número de granos por espiga de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), Canaán a 2735 msnm -Ayacucho.



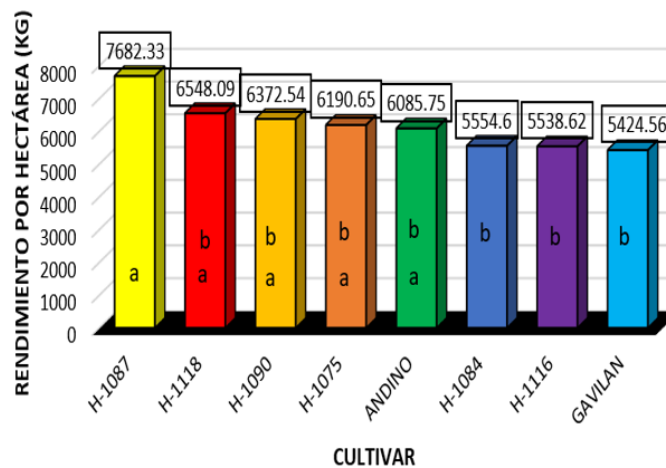
Fuente: elaboración propia

Rendimiento por hectárea

En la Prueba Tukey del rendimiento, que se presenta en la Figura 6, se observa valores mayores para el cultivar H-1087 (7682.33 kg), el cual presenta diferencia numérica mas no estadísticas respecto a los cultivares H-1118, H-1090, H-1075 y ANDINO; y diferencia estadística frente a los demás cultivares (H-1084, H-1116, y Gavilán). Este resultado refleja el potencial productivo de los cultivares y a partir de ello podemos recomendar los cultivares a producir, puesto que esta variable está estrechamente relacionada con la productividad.

Figura 6.

Prueba de Tukey del rendimiento por hectárea de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), Canaán a 2735 msnm - Ayacucho.



Fuente: Elaboración propia

b) Componentes de precocidad

Para evaluar las fases fenológicas de la precocidad del trigo, se registró el número de días después de la siembra (dds) desde la emergencia hasta la cosecha. Se utilizó la estadística descriptiva del rango para establecer el valor de cada etapa, ya que su comienzo y culminación no son exactos, sino que se manifiestan dentro de un periodo o rango. Entender las etapas de desarrollo del trigo es crucial para perfeccionar las estrategias de manejo agronómico y la utilización correcta de recursos, asegurando un crecimiento óptimo de la planta.

Tabla 2.

Variables de precocidad (dds) de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), Canaán a 2735 msnm - Ayacucho.

| Variedad | Emergencia | Inicio y pleno Macollaje | Inicio y pleno espigamto | Formación de grano | Madurez fisiológica | Madurez de cosecha |
|----------------|------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|
| Andino | 8-10 | 18-35 | 55-65 | 90-105 | 108-125 | 140 |
| Gavilán | 8-10 | 20-42 | 55-65 | 90-103 | 105-125 | 140 |
| H-1116 | 8-10 | 20-42 | 55-65 | 90-105 | 108-125 | 140 |
| H-1075 | 8-10 | 20-42 | 55-65 | 90-105 | 108-125 | 140 |
| H-1087 | 8-10 | 20-42 | 55-65 | 90-105 | 108-125 | 140 |
| H-1118 | 8-10 | 20-42 | 55-65 | 90-105 | 108-125 | 140 |
| H-1084 | 8-10 | 18-35 | 55-65 | 90-103 | 105-125 | 140 |
| H-1090 | 8-10 | 20-42 | 55-65 | 90-105 | 108-125 | 140 |

dds: días después de la siembra

Fuente: Elaboración propia

En la información detallada de las variables de precocidad, representada en rangos, señala que la cosecha se realizó a los 130 días posterior a la siembra. El embuche comenzó a los 68 días, en cambio, la aparición de granos normalmente tuvo lugar entre los 80 y 95 días. El periodo de grano lechoso comenzó entre los 90 y 95 días, mientras que la madurez fisiológica se logró entre los 98 y 115 días, lo cual se manifestó por una variación en el color y un incremento en la medida del grano. No se detectaron variaciones relevantes entre las variedades, y los resultados de este experimento se alinean con los datos anteriores.

c) Componentes de calidad de grano

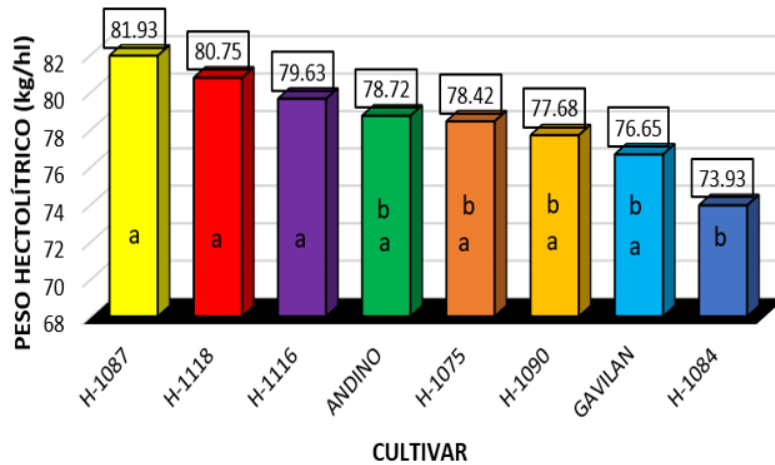
Peso hectolítrico

En la Prueba de Tukey realizada para el peso hectolítrico (Figura 7), se observa valores mayores para el cultivar H-1087 (81.93 kg/hl), el cual presenta diferencia numérica respecto al cultivar H-1118, H-1116, Andino, H-1075, H-1090, Gavilán, sin embargo, muestra diferencia estadística respecto al cultivar H-1084. Este resultado evidencia el potencial productivo de los cultivares, mostrando una reacción diferente de los genotipos en el peso

hectolítrico. El peso hectolítrico es la medida que indica un correcto llenado del grano y una excelente calidad de este.

Figura 7.

Análisis de Tukey del peso hectolítrico de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), Canaán a 2735 msnm - Ayacucho.



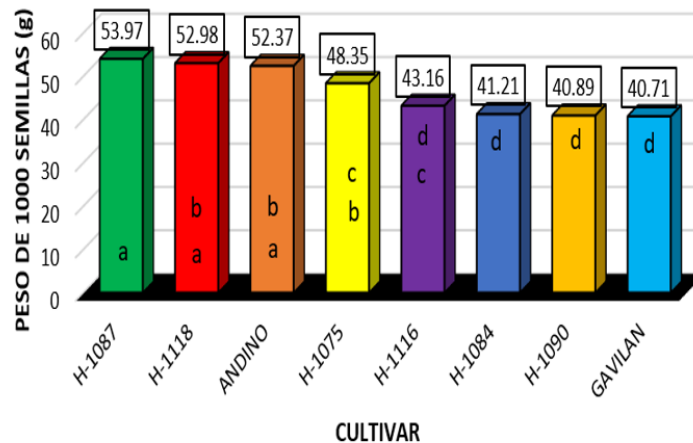
Fuente: Elaboración propia

Peso de mil semillas

En la comparación de medias del peso de 1000 semillas (Figura 8), se observa valores mayores para el cultivar H-1087 (53.97 g), el cual presenta diferencia numérica respecto al cultivar H-1118, ANDINO y diferencia estadística frente a los demás cultivares (H-1075, H-1116, H-1084, H-1090, y Gavilán). Estos resultados reflejan el potencial productivo de los cultivares, puesto que esta variable está estrechamente relacionada con la productividad y alto rendimiento en grano.

Figura 8.

Prueba de Tukey del peso de 1000 semillas (g) de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), Canaán a 2735 msnm - Ayacucho.



Fuente: Elaboración propia

Discusión

Se observó una variabilidad significativa en la altura de las plantas (61–85 cm). Esta variación se atribuye a la interacción entre los genotipos y el ambiente. Factores climáticos (temperatura, precipitación y disponibilidad de nutrientes) y bióticos regulan el crecimiento y desarrollo vegetal (Briggle & Curtis, 1987; Gómez, 2004; Villanueva, 2003). Los resultados sugieren que la mayor altura registrada en este estudio se relaciona con la combinación de condiciones ambientales y genotipos evaluados (Poehlman & Allen, 2004). Por otro lado, se resalta que los cultivares Gavilán y Chil/ALD/PVN (LH-196) presentan una altura media superior (63 cm). Sin embargo, en términos prácticos la diferencia no es notoria; los tres genotipos son de porte bajo y aptos para recibir altas dosis de fertilización, especialmente nitrogenada, debido a entrenudos cortos y robustos (Poehlman & Allen, 2004; Villanueva, 2003). Esto confirma el impacto del genotipo en la altura de la planta.

Según la prueba de Tukey (Figura 2), el cultivar Andino mostró mayor longitud de espiga en comparación con los demás, sin diferenciarse estadísticamente de H-1118. En general, la longitud de espiga es una variable clave asociada al rendimiento y su variación se atribuye al efecto varietal. La línea Chil/ALD/PVN alcanzó 10.29 cm, superando a INIA y Gavilán (9.04 y 9.07 cm). En el presente estudio, Andino registró 12.24 cm, superior a lo informado por Solier (2009) para materiales comparables (Solier, 2009).

En una investigación con cinco líneas de trigo, Rinia y Gavilán obtuvieron las longitudes de espiga más altas (10.33 y 8.90 cm), sugiriendo asociación con alto rendimiento (Contreras, 2004). Además, se observó que las prácticas de abonado y la interacción variedad \times densidad afectan significativamente la longitud de la espiga; los análisis de Tukey por niveles de fertilización muestran efectos marcados de la fertilización y la densidad de siembra (Campillo & Jobet, 2005; Maldonado, 2004).

Respecto al número de macollos por planta, un periodo de dos semanas con lluvias intensas (153 mm) causó saturación y, posteriormente, la sequía provocó encostramiento del suelo, reduciendo la disponibilidad de agua y generando resistencia mecánica al desarrollo radicular y al macollaje (Maldonado, 2004; Gómez, 2004). En consecuencia, se destaca la necesidad de equilibrio agua–suelo–aire para el desarrollo radicular óptimo y el crecimiento de la planta (Villanueva, 2003).

En la comparación de medias del número de espigas/m² (Figura 4), H-1087, H-1090 y H-1118 presentaron mayores valores (385.54, 315.89 y 313.64, respectivamente), mientras que H-1084, Gavilán, H-1075, H-1116 y Andino se ubicaron por debajo, tanto numérica como estadísticamente; esta variable se asocia estrechamente con la productividad y el rendimiento en grano (Gómez, 2004; Villanueva, 2003). En análisis con Tukey para densidad de

espigas/m², Nazareno y Andino mostraron valores superiores (457.5 y 447.0), evidenciando mayor potencial productivo (Martínez, 2012).

La densidad de siembra del trigo depende de múltiples factores (variedad, fecha de siembra, cultivo anterior, agua disponible, fertilidad—en especial N—, método de siembra, peso de 1000 semillas y poder germinativo). En este ejercicio se utilizó 120 kg/ha, con 95% de germinación y 38–40 g por 1000 semillas, alcanzando ~80% de emergencia (~234 plantas/m²). Esta densidad es adecuada para obtener 400–500 espigas en seco y ~600 bajo riego (Bragach & Méndez, 2004; Gómez, 2004).

En las pampas argentinas, el abonamiento químico vs. biológico con *Azospirillum* mostró respuesta significativa al N: 410 vs. 250 espigas/m², respectivamente, subrayando el rol del N en el rendimiento (Rodríguez & Diciocco, 1996).

La prueba de Tukey para número de granos por espiga (Figura 5) indicó que Andino y H-1116 obtuvieron los mayores valores, sin diferencias significativas entre ellos, lo que respalda la efectividad del mejoramiento genético (Poehlman & Allen, 2004). En otro estudio, Chil/ALD/PVN registró 38 granos/espiga, superando a Gavilán y Rinia (34); en el presente trabajo se observaron valores mayores pero con diferencias solo numéricas (Solier, 2009; Contreras, 2004).

En Canaán, Nazareno alcanzó 5000 kg/ha con régimen 40–50–50 (siembra, macollaje y elongación de tallo), resultados coherentes con los del presente experimento (Centeno, 2015; Sulca, 2009). En la evaluación de cinco cultivares a 2750 m s. n. m., se reportaron 4138.2–3105.4 kg/ha (Gavilán, San Isidro, Centenario, Andino y Nazareno), mientras que aquí se obtuvieron valores superiores (Martínez, 2012). Asimismo, la Línea 944 superó significativamente a otras, con 6633 kg/ha, seguida por Gavilán, Línea 906 y Línea 946 (Ogosi, 2004).

La emergencia ocurrió entre 8–10 días después de la siembra gracias al riego (Tabla 2), consistente con lo esperado en cereales bajo humedad adecuada (Gómez, 2004). El macollaje se inició 20–42 días después (excepto Andino y H-1084, a los 18 y 35 días). El espigamiento ocurrió a los 55–65 días, y la formación de granos entre 90–105 días (Contreras, 2004; De la Cruz, 1992; Muñoz, 2018). La madurez fisiológica se dio a los 105 días en Gavilán y H-1084, y entre 108–125 días en los demás (Tabla 2). En otro estudio en Canaán (2750 m s. n. m.) no hubo diferencias estadísticas entre fases fenológicas y se alcanzó la madurez a los 102 días, concordante con lo encontrado aquí (Contreras, 2004; De la Cruz, 1992). Además, en trigo harinero se reportó 123 días a cosecha para Rinia y Gavilán, y 140 días para Taray, atribuible a variabilidad genética (Noriega, 1995).

Para peso hectolítrico (Figura 7), H-1087 presentó 81.93 kg/hl, con diferencia estadística frente a H-1084, indicando potencial productivo y buen llenado de grano. En el sur de Chile,

dosis altas de N ($200\text{--}250\text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) incrementaron el peso hectolítrico, aunque sin diferencias estadísticas marcadas (Campillo & Jobet, 2005). Este experimento mostró resultados similares, lo que sugiere adaptación de los genotipos y alta calidad del grano; H-1087 destacó sobre el resto (ICARDA, 1988; Dendy, 2004).

El peso hectolítrico es indicador del peso específico y calidad del trigo, útil para estimar espacio de almacenamiento y transporte, y relevante en comercialización; sin embargo, su confiabilidad puede verse afectada por densidad de envasado, tamaño y forma del grano, impurezas, humedad y enfermedades (Dendy, 2004; ICARDA, 1988).

Finalmente, el peso de 1000 semillas es clave para estimar rendimiento potencial y calcular densidad de siembra: Nazareno y Gavilán mostraron $40.8\text{--}41.7\text{ g}$; Andino-INIA y Gavilán $43.33\text{ y }40.50\text{ g}$, respectivamente; Nazareno promedió 42 g (Sulca, 2009). En este estudio, el rango fue $53.97\text{--}40.71\text{ g}$, en línea con lo reportado (Loaysa, 2014; Sulca, 2009).

Conclusiones

El presente estudio permitió evaluar el comportamiento agronómico de diversos cultivares de trigo harinero bajo las condiciones agroecológicas del área experimental. Los resultados obtenidos evidencian diferencias significativas entre los genotipos, tanto en sus componentes de rendimiento como en sus características fenológicas y de calidad de grano.

Los cultivares Gavilán y H-1084 alcanzaron la madurez fisiológica a los 105 días después de la siembra, destacando por su precocidad fenológica. Los demás genotipos iniciaron la madurez a los 108 días y la completaron a los 125 días, efectuándose la cosecha general a los 140 días, lo que refleja un comportamiento adaptado al entorno de evaluación.

En los componentes de rendimiento, los cultivares H-1087, H-1090 y H-1118 registraron el mayor número de espigas por metro cuadrado (385.54 , 315.89 y 313.64 , respectivamente), lo que demuestra su alto potencial productivo y adaptabilidad a las condiciones locales. En cuanto a la altura de planta, el cultivar H-1116 alcanzó la mayor estatura (97.40 cm), mientras que H-1087 presentó la menor (79.10 cm); esta última característica constituye una ventaja agronómica al mejorar la resistencia al acame y favorecer la respuesta a la fertilización nitrogenada.

El cultivar H-1087 obtuvo el mayor rendimiento de grano ($7682.33\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), superando a los cultivares H-1118, H-1090, H-1075 y Andino, lo que confirma su excelente comportamiento agronómico y su potencial como material de alto rendimiento. Además, los cultivares H-1087 y H-1118 presentaron los valores más altos de peso hectolítrico (81.93 y $80.75\text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$), y H-1087 destacó por su mayor peso de mil semillas (53.97 g), clasificándose como un material de grano grande, denso y de buena calidad comercial.

En base a los resultados obtenidos, se recomienda promover la difusión y uso del cultivar H-1087 en zonas con condiciones agroecológicas similares, dada su elevada productividad, buena calidad de grano y adaptabilidad al manejo nutricional. Asimismo, se sugiere realizar ensayos multilocales con los cultivares H-1087, H-1090 y H-1118 para validar su estabilidad y desempeño en distintas condiciones de suelo y clima.

Se recomienda también desarrollar estudios complementarios sobre la respuesta de los cultivares de porte bajo a diferentes niveles de fertilización nitrogenada, con el fin de optimizar el manejo agronómico y mejorar la eficiencia productiva. Además, sería conveniente incorporar la evaluación de parámetros tecnológicos e industriales —como el contenido proteico y la calidad panadera— para establecer la relación entre rendimiento y calidad final del producto.

Finalmente, se sugiere el uso de herramientas estadísticas multivariadas (como análisis de componentes principales o de conglomerados) en futuras investigaciones, a fin de caracterizar de manera integral la interacción genotipo–ambiente y fortalecer los programas de mejoramiento genético y selección de trigos adaptados a las condiciones del país.

Referencias bibliográficas

- Bragach, M., & Méndez, A. (2004). Siembra de trigo con sembradora-abonadora. Proyecto agricultura de precisión. INTA Manfreda. Córdoba, Argentina.
- Briggle, L. W., & Curtis, B. C. (1987). Wheat worldwide. En E. G. Heyne (Ed.), Wheat and wheat improvement (2.^a ed., cap. 1). American Society of Agronomy Inc. Publishers. Madison, Wisconsin, EE. UU.
- Campillo, R., & Jobet, F. (2005). Fertilización nitrogenada para trigo de alto rendimiento potencial en Andisoles de la región de la Araucanía, Chile. Boletín INIA.
- Centeno, F. (2015). Comparativo del rendimiento y calidad de grano de cuatro líneas avanzadas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en Canaán a 2735 msnm [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. INIA – Ayacucho, Perú.
- Contreras, J. (2004). Comparativo de cinco variedades de trigo harinero (*Triticum vulgare*) en Canaán, 2750 m s. n. m. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Huamanga, Perú.
- De la Cruz, H. (1992). Respuesta a densidades de siembra y fórmulas de abonamiento de dos cultivares de trigo (*Triticum aestivum*) en Canaán, 2750 m s. n. m. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Ayacucho, Perú.
- Dendy, D. (2004). Cereales y productos derivados: Química y tecnología. Acribia. Zaragoza, España.
- Galdos, M. (2007). La problemática del trigo. Subdirección Regional de la Asociación de Trigo de los Estados Unidos (U.S. Wheat Associates).
- Gómez, P. (2004). Cultivo de trigo en la sierra peruana. Proyecto Transformación de la Tecnología Agropecuaria (TTA). Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID). Lima, Perú.
- ICARDA. (1988). Quality evaluation methods and guidelines. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Siria. <https://search.worldcat.org/es/formats-editions/18671202>
- Loaysa, R. (2014). Comportamiento agronómico y calidad comercial de tres cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo las condiciones de valle costero [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Arequipa, Perú.

- Maldonado, D. (2004). Requerimientos de agua en la producción de trigo. En Mellado (Ed.), Boletín de trigo 2004: Manejo tecnológico (Boletín INIA N.º 114). INIA. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR31873.pdf>
- Martínez, B. (2012). Rendimiento y calidad de grano de cinco variedades de trigo (*Triticum aestivum*) en tres densidades de siembra, Canaán, 2750 m s. n. m. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Ayacucho, Perú.
- Muñoz, D. (2018). Rendimiento de cuatro variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en Canaán, 2750 m s. n. m. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Ayacucho, Perú.
- Noriega, K. (1995). Evaluación del rendimiento y otras características de 25 líneas en trigo harinero en la costa central [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Lima, Perú.
- Ogosi, C. (2004). Factores que correlacionan con el rendimiento de cinco líneas de trigo (*Triticum vulgare* L.) en Canaán, 2750 m s. n. m. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Ayacucho, Perú.
- Poehlman, J., & Allen, D. (2004). Mejoramiento genético de las cosechas (2.^a ed.). Limusa. México. <https://libreria-limusa.com/producto/mejoramiento-genetico-de-las-cosechas-2a-ed>
- Rodríguez, C., & Diciocco, A. (1996). Influencia de la inoculación con *Azospirillum brasilensis* en trigo cultivado en suelos de la provincia de La Pampa, Argentina. Ciencia del Suelo, 14, 45–52.
- SIEA. (2024). Sistema Integrado de Estadística Agropecuaria. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). https://siea.midagri.gob.pe/portal/siea_bi/index.html
- Solier, J. (2009). Efecto del abonamiento en la calidad harinera de tres cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en Canaán, 2720 m s. n. m. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Ayacucho, Perú.
- Sulca, R. (2009). Producción y calidad del grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo diferentes regímenes de fertilización nitrogenada en Canaán, 2750 m s. n. m. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Ayacucho, Perú.
- Villanueva, N. (2003). El cultivo de trigo en el Perú. El Agro: Revista del Capítulo de Ingeniería Agronómica y Zootecnia CDL-CIP, 5(9), julio.
- Ysabel, M., & Rojas, N. (2018). Influencia de la variedad de trigo (*Triticum aestivum*) sobre la calidad panadera de la harina producida en la empresa Alimenta Perú S.A.C. [Tesis

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.