

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

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

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Bach. Andres CEPIDA VENTURA

ASESOR:

Dr. Lurquín Marino ZAMBRANO OCHOA

CO-ASESORA:

Ing. Ana María ALTAMIRANO PÉREZ

AYACUCHO - PERÚ

2024

Este estudio está dedicado a Dios, fuente de inspiración que ha guiado mi camino diario, así como a mi padre, Andrés Cépida, y a mi madre, Juana Ventura, quien ya no se encuentra con nosotros. Agradezco su amor, esfuerzo y apoyo incondicional en mi desarrollo profesional.

Dedico este trabajo a mis hermanos, Emerson e Isamar y a todos mis familiares, por su constante aliento y apoyo a lo largo de mi trayectoria académica.

A mis compañeros de la universidad, cuyo apoyo y camaradería fueron esenciales para mi desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo es el resultado de un esfuerzo conjunto que agradezco profundamente. En primer lugar, expreso mi gratitud a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mi Alma Mater, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente en la Facultad de Ciencias Agrarias.

Asimismo, agradezco a la Escuela Profesional de Agronomía y al Departamento Académico de Agronomía por la valiosa formación recibida.

Quiero manifestar mi profundo agradecimiento al Dr. Lurquin Zambrano Ochoa, profesor de la Facultad de Ciencias Agrarias, por su inestimable apoyo profesional como asesor en el desarrollo de esta investigación.

Igualmente, agradezco a la Ing. Ana María Altamirano Pérez, investigadora en el Área de cultivos Andinos de la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA, por su colaboración como coasesora.

Finalmente, deseo expresar mi genuino agradecimiento a mis amigos y a todas aquellas personas cuyas recomendaciones y respaldo han sido fundamentales para la finalización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Centro de origen y distribución del trigo.....	4
1.3. Clasificación taxonómica del Trigo	5
1.4. Citología del trigo.....	6
1.5. Morfología del trigo	7
1.5.1. Raíz	7
1.5.2. Tallo.....	8
1.5.3. Hojas.....	9
1.5.4. Inflorescencia	9
1.5.5. Flores.....	9
1.5.6. Grano.....	10
1.6. Fenología del cultivo	10
1.7. Estados fenológicos.....	11
1.8. Estadios de crecimiento del cultivo de trigo	12
1.8.1. Emergencia y formación de un macollo principal	12
1.8.2. Inicio del macollaje	13
1.8.3. Macollos formados o pleno macollaje.....	13
1.8.4. Inicio de crecimiento y alargamiento de vainas.....	14
1.8.5. Vainas de hojas erectas	14
1.8.6. Inicio del nudo visible	15
1.8.7. Segundo nudo visible	15
1.8.8. Hoja bandera visible	15

1.8.9. <i>Lígula de la hoja bandera visible</i>	15
1.8.10. <i>Estado de bota (BUCHE)</i>	16
1.8.11. <i>Maduración del grano</i>	16
1.9. <i>Fotosíntesis</i>	17
1.10. <i>Cultivares de trigo</i>	17
1.11. <i>Cultivares según su habitud de desarrollo y requerimientos de temperatura</i>	17
1.11.1. <i>Cultivares invernales</i>	18
1.11.2. <i>Cultivares de hábito alternativo</i>	18
1.11.3. <i>Cultivares primaverales</i>	18
1.12. <i>Requerimientos edafoclimáticos</i>	18
1.12.1. <i>Suelos</i>	18
1.12.2. <i>Temperatura</i>	19
1.12.3. <i>Humedad</i>	19
1.12.4. <i>Requerimiento hídrico</i>	19
1.12.5. <i>Horas luz</i>	20
1.12.6. <i>Viento</i>	20
1.13. <i>Plagas y enfermedades</i>	20
1.13.1. <i>Plagas</i>	21
1.13.2. <i>Enfermedades</i>	21
1.14. <i>Manejo del cultivo</i>	22
1.14.1. <i>Rotación</i>	22
1.14.2. <i>Época de siembra</i>	22
1.14.3. <i>Sistema de siembra</i>	22
1.14.4. <i>Fertilización</i>	22
1.14.5. <i>Control de malezas</i>	23
1.14.6. <i>Cosecha</i>	23
1.14.7. <i>Almacenamiento</i>	23
1.15. <i>Calidad comercial del trigo</i>	23
1.15.1. <i>Peso y tamaño</i>	24
1.15.2. <i>Peso hectolítrico</i>	24
1.15.3. <i>Composición química</i>	24
1.15.4. <i>Humedad de grano</i>	25
1.15.5. <i>Cenizas</i>	25
1.15.6. <i>Proteínas</i>	26

1.15.7. <i>Gluten</i>	26
1.15.8. <i>Acame de planta</i>	26
CAPÍTULO II	28
METODOLOGÍA	28
2.1. Ubicación.....	28
2.2. Condiciones edáficas y climáticas.....	28
2.2.1. <i>Antecedentes del campo experimental</i>	28
2.2.2. <i>Condiciones climáticas</i>	28
2.2.3. <i>Análisis del suelo</i>	31
2.3. Organización del experimento.....	31
2.3.1. <i>Características de la instalación</i>	31
2.3.2. <i>Croquis del campo experimental</i>	32
2.3.3. <i>Aporte de nutrientes</i>	33
2.4. Diseño experimental.....	34
2.5. Variables e indicadores	34
2.5.1. <i>Variables independientes</i>	34
2.5.2. <i>Variables dependientes</i>	35
2.6. Manejo agronómico del cultivo.....	36
2.6.1. <i>Preparación del terreno</i>	36
2.6.2. <i>Demarcación del terreno</i>	36
2.6.3. <i>Surcado</i>	36
2.6.5. <i>Siembra</i>	37
2.6.6. <i>Riego</i>	37
2.6.7. <i>Deshierbo</i>	37
2.6.8. <i>Control fitosanitario</i>	37
2.6.9. <i>Cosecha</i>	38
CAPITULO III.....	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
3.1. Componentes de rendimiento	39
3.1.1. <i>Altura de planta</i>	39
3.1.2. <i>Longitud de espiga</i>	41
3.1.3. <i>Número de macollos por planta</i>	43
3.1.4. <i>Número de espigas por metro cuadrado</i>	45
3.1.5. <i>Número de granos por espiga</i>	47

3.1.6. Rendimiento por hectárea	48
3.2. Componentes de precocidad.....	51
3.2.1. Días a la emergencia de plantas	51
3.2.2. Días inicio de macollamiento y pleno macollamiento.....	51
3.2.3. Días aparición de la espiga y pleno espigamiento.....	52
3.2.4. Días de formación del grano	52
3.2.5. Días a la madurez fisiológica.....	52
3.2.6. Días a la madurez de cosecha	52
3.3. Componentes de calidad de grano	53
3.3.1. Peso hectolítrico	53
3.3.2. Humedad del grano	55
3.3.3. Peso de mil semillas	57
3.4. Correlación de las variables	59
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Composición química del trigo.....	25
Tabla 2.1. Balance hídrico, temperaturas baja, media y máxima, según los datos meteorológicos para el área de la Estación Experimental Agraria Canaán - INIA.	29
Tabla 2.2. Características físicoquímico del suelo experimental – INIA Canaán.	31
Tabla 3.1. Análisis de variancia de la altura de planta de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm. ...	39
Tabla 3.2. Análisis de variancia de la longitud de espiga, (cm.) de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm.	41
Tabla 3.3. Análisis de variancia de número de macollos por planta. de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm.	43
Tabla 3.4. Análisis de variancia del número de espigas por metro cuadrado de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm.	45
Tabla 3.5. Análisis de variancia del número de granos por espiga de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm.	47
Tabla 3.6. Análisis de variancia del rendimiento por hectárea de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm.	49
Tabla 3.7. Variables de precocidad (dds) de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm.	51
Tabla 3.8. Análisis de variancia del peso hectolítrico de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm.. ..	54
Tabla 3.9. Análisis de variancia de la humedad de grano de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm. ...	56
Tabla 3.10. Análisis de variancia del peso de 1000 semillas (g) de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Fases de desarrollo y Componentes del rendimiento	12
Figura 2.1. Climograma de la Estación Experimental Agraria de Canaán – INIA ..	30
Figura 2.2. Esquema del área de experimentación.	32
Figura 2.3. Croquis del área de experimentación.	33
Figura 3.1. Análisis de Tukey de la altura de planta (cm) de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm..	40
Figura 3.2. Análisis de Tukey sobre la longitud de espiga (cm) de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm.	42
Figura 3.3. Análisis de Tukey del número de macollos por planta en ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm.	44
Figura 3.4. Análisis de Tukey del número de espigas por metro cuadrado en ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm.	46
Figura 3.5. Análisis de Tukey del número de granos por espiga en ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm.	48
Figura 3.6. Análisis de Tukey del rendimiento por hectárea de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm..	49
Figura 3.7. Análisis de Tukey del peso hectolítrico de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm.....	54
Figura 3.8. Análisis de Tukey de la humedad del grano en ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.) cultivados en Canaán, a 2735 msnm...	56
Figura 3.9. Análisis de Tukey del peso de 1000 semillas (g) de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.) cultivados en Canaán, a 2735 msnm...	58
Figura 3.10. Correlación entre las variables evaluadas de ocho cultivares de trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.) cultivados en Canaán, a 2735 msnm...	59

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. <i>Datos para el análisis de varianza (ANVA) de las variables de rendimiento de ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.), recolectados en Canaán a 2735 msnm, Ayacucho, durante el año 2022.</i>	69
Anexo 2. <i>Datos para el análisis de varianza (ANVA) de las variables relacionadas con la calidad del grano de ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.), obtenidos en Canaán a 2735 msnm, Ayacucho, durante el año 2022...</i>	70
Anexo 3. <i>Tabla oficial de conversión de gramos de trigo en 1/4 litro a kilos por hectolitrico.</i>	71
Anexo 4. <i>Análisis de suelo del campo experimental, realizado en el programa de pastos y ganadería; Laboratorio de suelos y análisis foliar.....</i>	73
Anexo 5. <i>Panel fotográfico</i>	74

RESUMEN

El estudio se realizó en la Estación Experimental Agraria Canaán - INIA, ubicada en el distrito de Andrés Avelino Cáceres, provincia Huamanga, región Ayacucho, a una altitud de 2735 metros sobre el nivel del mar. El período de estudio se extendió desde diciembre de 2022 hasta julio de 2023. El objetivo principal del estudio fue evaluar el rendimiento, precocidad y calidad de grano. El experimento se condujo utilizando un Diseño Bloque Completo Randomizado con ocho cultivares de trigo harinero. Los resultados obtenidos mostraron que los cultivares Gavilán y H-1084 fueron los más precoces, alcanzando la madurez fisiológica inicial a los 105 días y finalizando a los 125 días después de la siembra. La cosecha se realizó a los 140 días después de la siembra. En cuanto al rendimiento, los cultivares H-1087, H-1090 y H-1118 presentaron un mayor número de espigas por metro cuadrado (385.54, 315.89 y 313.64, respectivamente), demostrando un buen potencial de rendimiento. En relación a la altura de la planta, el cultivar H-1116 alcanzó la mayor altura (97.40 cm), mientras que el cultivar H-1087 presentó la menor altura (79.10 cm). Esta característica es ventajosa para responder a altos niveles de fertilización y evitar que la planta se quiebre. El cultivar H-1087 se destacó por obtener el mayor rendimiento, con $7682.33 \text{ kg.ha}^{-1}$, superando a los cultivares. En cuanto al peso hectolítrico, los cultivares H-1087 y H-1118 mostraron los valores más altos, con 81.93 kg/hl y 80.75 kg/hl, respectivamente. Finalmente, el cultivar H-1087 presentó el mayor peso de 1000 semillas, con un valor de 53.97 g, lo que lo clasifica como grano grande. Es importante destacar que los otros cultivares también muestran rendimientos elevados. Estos resultados pueden ser útiles para la selección de cultivares de trigo harinero en la región de Ayacucho.

Palabras clave: Precocidad, rendimiento, calidad de grano, cultivares.

INTRODUCCIÓN

El trigo harinero se posiciona como el cultivo más demandado a nivel global, ocupando más del 9,8% de la superficie cultivada en el mundo y contribuyendo de manera parcial a satisfacer las necesidades alimentarias. En Perú, este cultivo se extiende principalmente en las regiones costeras y de sierra, destacando La Libertad, Cajamarca, Arequipa y Ancash como los departamentos con mayor producción, que en conjunto representan el 59% de la producción nacional. No obstante, esta producción no es suficiente para satisfacer la demanda interna. Perú se sitúa como el cuarto país en América Latina en consumo per cápita de trigo, con una media anual de 63 kilogramos por persona. Esta cantidad es sobrepasada por Chile, Argentina y Uruguay, cuyos consumos exceden los 100 kg., según datos proporcionados por la Asociación Latinoamericana de Industriales Molineros (Loaysa, 2014).

El trigo es un alimento fundamental en la dieta humana debido a su alta concentración de hidratos de carbono. Además de ser empleado para la producción de harina, obteniendo productos como galletas, fideos y pasteles, el grano pelado de este cereal se utiliza en la preparación de diversos platos y potajes tradicionales en países con menor desarrollo económico (Galdos, 2007).

En Perú, el trigo muestra rendimientos promedio nacionales de 1.2 tn.ha^{-1} , lo cual puede atribuirse a la utilización de suelos de baja fertilidad, el empleo de variedades de bajo rendimiento y el uso limitado de fertilizantes, junto con un escaso nivel de tecnología aplicada a la producción. Sin embargo, actualmente existen variedades de alto rendimiento desarrolladas a partir de los avances tecnológicos de la revolución verde. Estas variedades, conocidas como trigos enanos de entrenudos cortos, están diseñadas para tolerar altos niveles de fertilizantes nitrogenados. Al implementar una tecnología adecuada y un manejo agropecuario apropiado, estas variedades demuestran ser altamente rentables, ya que ofrecen elevados rendimientos por hectárea (Villanueva, 2003).

En los últimos años, el rendimiento del cultivo de trigo ha mostrado un aumento significativo a nivel global, atribuible a los avances en la selección genética de variedades y a la implementación de prácticas agronómicas más eficientes. (Poehlman & Allen, 2004).

La producción de trigo en la región de Ayacucho enfrenta diversos factores limitantes, tanto bióticos como abióticos y tecnológicos. El uso de variedades locales que son vulnerables a enfermedades fúngicas puede provocar pérdidas de hasta el 80% de la producción. Además, un manejo agronómico inadecuado impacta negativamente en la productividad y rentabilidad del cultivo. Según el Sistema Integrado de Estadística Agropecuaria, la producción promedio por hectárea en esta región es de 2.8 tn.ha⁻¹ (SIEA, 2024).

En virtud de lo expuesto, este proyecto de investigación se propone determinar la viabilidad de identificar cultivares de trigo que muestren rendimientos de grano superiores bajo las condiciones particulares de nuestra región. El objetivo general consiste en evaluar diferentes cultivares de trigo en condiciones de campo en el centro experimental Canaán, con el fin de identificar el cultivar que muestre el mejor desempeño agronómico para la región.

Por las consideraciones expuestas, se realizó el presente trabajo, con los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar las características productivas de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), en el centro experimental de Canaán a 2735 msnm, Ayacucho, 2022.

Objetivos específicos

1. Evaluar los componentes de rendimiento en ocho cultivares de trigo harinero.
2. Evaluar los componentes de precocidad en ocho cultivares de trigo harinero.
3. Evaluar los componentes de calidad de grano en ocho cultivares de trigo harinero.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

La Secretaría de Agricultura (2017), el *Triticum aestivum* L., conocido como trigo harinero, presenta una semilla denominada carióspside, que tiene una forma ovalada con extremos elípticos. El embrión se localiza en un extremo, mientras que el pincel se encuentra en el otro. La relevancia del trigo harinero radica en su contenido proteico, especialmente en gluten, que favorece la producción de levaduras de alta calidad para la elaboración del pan. La molienda del grano produce una harina rica en proteínas, principalmente gliadinas y gluteninas, que son esenciales para la fabricación de panes de levadura de alta calidad. En la industria de la panadería, el trigo harinero se utiliza predominantemente para la producción de pan, galletas y pasteles, particularmente las variedades de grano suave y blando. Su contenido de gluten proporciona propiedades únicas que permiten la formación de una masa elástica y esponjosa, características fundamentales en la producción de productos de panadería.

Moreno et al. (2001) destacan la relevancia de la selección de genotipos en los programas de mejora genética, considerando factores como su valor agronómico, resistencia a enfermedades y rendimiento óptimo. Para realizar una evaluación integral, es esencial examinar el comportamiento de estos genotipos en diferentes ambientes durante varios años, preferiblemente en tres regiones con potencial de adaptación. La identificación de variedades adecuadas para el cultivo y la selección de líneas candidatas para el desarrollo de nuevas variedades dependen de un análisis exhaustivo de líneas experimentales y variedades. Es importante tener en cuenta que las variedades actualmente resistentes a ciertos patógenos pueden volverse susceptibles a nuevas enfermedades con el tiempo, lo que resalta la necesidad de una evaluación continua que se ajuste a las condiciones cambiantes.

La evaluación multiambiental facilita la identificación de genotipos con un amplio rango de adaptación y resistencia, garantizando la sostenibilidad de los programas de mejora genética y el desarrollo de variedades superiores que respondan a las necesidades del mercado y a las condiciones ambientales en evolución (Moreno et al., 2001)

Tueros (2010), En un contexto globalizado, tanto el trigo harinero como el trigo cristalino son de vital importancia debido a su consumo generalizado y su impacto económico. Para aumentar la productividad y alcanzar la autosuficiencia alimentaria, es fundamental desarrollar variedades de alto rendimiento y determinar las condiciones óptimas de producción, considerando que las variedades de reciente liberación presentan un mayor potencial productivo. Los programas de mejora genética dedican importantes recursos a comprender el comportamiento de estas futuras variedades en respuesta a la diversidad de ambientes, las exigencias del mercado, las demandas de la industria, así como su reacción a factores bióticos y abióticos.

De acuerdo con Campuzano, et al. (2015), el avance en el mejoramiento genético del trigo a nivel mundial se ha logrado en gran medida gracias a la creación de variedades mejoradas que exhiben alta estabilidad y resistencia a enfermedades, en particular a las royas. Estas variedades también se distinguen por sus altos rendimientos y calidad. Para alcanzar estos objetivos, es esencial tener en cuenta la influencia del ambiente y la interacción entre el genotipo y el ambiente en la manifestación de los fenotipos, así como en la selección y estabilidad de los rasgos deseados.

1.2. Centro de origen y distribución del trigo

Jobet (1988) señala que, en Asia, específicamente en lo que actualmente es Irak, se han descubierto restos carbonizados de granos de trigo y marcas de granos en barro cocido. Según estimaciones realizadas con técnicas de datación por radiocarbono, estos hallazgos tienen una antigüedad de más de 8.000 años. Esto sugiere que el cultivo del trigo pudo haber comenzado en esa región, y posiblemente en otras áreas de Asia aún no exploradas. Los vestigios hallados en Irak representan los testimonios arqueológicos más antiguos y concluyentes sobre el uso del trigo como alimento humano. No obstante, es posible que el proceso de domesticación del trigo y de otras plantas comestibles se remonte a épocas incluso más antiguas. Existen evidencias que indican que antiguas culturas palestinas, que habitaron en el noveno milenio a.C. (9.000 años a.C.),

recolectaban y consumían granos de plantas silvestres, y quizás a partir de ese momento comenzaron a cultivarlas.

El trigo parece haber sido cultivado en el Medio Oriente entre 10,000 y 15,000 años a.C., y se menciona en escritos que datan de 550 años a.C. Muchas de las características de esta planta eran bien conocidas hace 2,000 años, momento en el cual ya se cultivaba evidentemente como alimento. Su historia se remonta a las etapas más tempranas de la existencia humana. Si bien es posible que el ser humano no haya hecho que el trigo sea domesticado en los Valles del Tigris y el Éufrates, es probable que el trigo ya existiera en esa región, lo que permitió a las sociedades sobrevivir y prosperar, así como desarrollar el arte y la ciencia. En definitiva, el consumo de trigo se ha extendido en prácticamente todas las zonas del planeta. (Robles, 2022).

El trigo, un cultivo fundamental desde los inicios de la agricultura, tiene un origen aún no completamente dilucidado. Si bien Candolle sugiere Mesopotamia como su lugar de origen, Vavilov propone que las especies del género *Triticum* se diversificaron principalmente en Turquía, Afganistán e India. Estudios más recientes apuntan a una región que abarca Asia Menor y Afganistán como el posible origen del trigo. En resumen, es probable que, en alguna de estas regiones, con un clima similar, los humanos primitivos hayan tenido su primer contacto con el trigo silvestre, recolectándolo entre hace 15,000 y 10,000 años (Moreno et al., 2001).

El trigo, originario de las regiones del Oriente Próximo, ha experimentado una expansión global a lo largo de la historia. Su introducción en España se remonta al año 4000 a.C., mientras que su llegada a América se atribuye a Hernán Cortés durante las primeras etapas de la colonización española. Este viaje a través de continentes refleja la importancia del trigo como alimento básico y su adaptación a diferentes climas y suelos. Su introducción en nuevas regiones ha contribuido a la diversificación de la agricultura y ha tenido un impacto significativo en la alimentación y la economía de las culturas que lo adoptaron (Robles, 2022).

1.3. Clasificación taxonómica del Trigo

Jara (1993), menciona la siguiente clasificación taxonómica para el trigo:

Reino : Vegetal

Clase	: Angiosperma
Sub clase	: Monocotiledónea
Orden	: Poales
Familia	: Gramineae
Sub Familia	: Festucoidae
Tribu	: Triticeae
Género	: Triticum
Especie	: Triticum aestivum

1.4. Citología del trigo

De acuerdo con la FAO (1991), el trigo se clasifica botánicamente dentro de la familia de las gramíneas y la tribu Triticeae. Se identifican tres grupos de especies según su número de cromosomas:

- Diploides, que poseen 14 cromosomas
- Tetraploides, con 28 cromosomas
- Hexaploides, que tienen 42 cromosomas

En el grupo hexaploide, (*Triticum aestivum* L.), también llamado trigo común, trigo harinero o trigo para pan, es la especie de mayor relevancia, constituyendo aproximadamente el 90% de la producción global de trigo. En el grupo tetraploide, (*Triticum turgidum*) Var. Durum destaca por ser la fuente de sémola para la elaboración de macarrones y otras pastas, contribuyendo con cerca del 10% de la producción global de trigo (Robles, 2022).

Robles (2022), los hexaploides presentan los genomios AABBDD, mientras que los tetraploides tienen únicamente el genomio AABB. El componente DD proviene de la especie *Aegilops squarrosa*, que alberga los genes responsables de la elasticidad del gluten. El trigo común (hexaploide) se caracteriza por una alta capacidad de absorción de agua y un bajo contenido de pigmentos, en contraste con el trigo duro, que muestra una menor absorción de agua y un mayor contenido de pigmentos.

1.5. Morfología del trigo

1.5.1. Raíz

La planta de trigo tiene dos tipos de raíces: las seminales, que provienen del embrión, y las adventicias, también denominadas raíces de corona. Posteriormente, estas últimas se forman a partir de los nudos basales de la planta y se consolidan como el sistema radicular permanente. (Moreno et al., 2001).

Las raíces seminales del trigo, que normalmente constan de una radícula y dos pares de raíces laterales, aunque en ocasiones pueden llegar a seis, son delgadas, con un diámetro uniforme y presentan ramificaciones laterales finas. Aunque constituyen una pequeña parte del sistema radicular total, su funcionalidad se mantiene durante toda la vida de la planta, a menos que sean afectadas por enfermedades u otras causas. Se ha observado que condiciones de crecimiento desfavorables pueden inhibir o retrasar el desarrollo de las raíces adventicias, dejando a las raíces seminales como el único o principal sistema radicular (Moreno et al., 2001).

De cada nudo de la corona suelen emerger dos o más raíces adventicias. Cada eje secundario o macollo desarrolla un sistema de raíces adventicias que se asemeja al del tallo principal, aunque en este caso las raíces se originan a partir de una raíz en lugar de un nudo. Bajo condiciones óptimas, estas raíces pueden penetrar en el suelo hasta una profundidad de 60 a 90 cm. Los trigos de invierno tienden a establecer raíces más profundas, y el grado de ramificación de estas raíces está influenciado por factores como la humedad, la aeración y la fertilidad del suelo. (Lopez, 1991).

La profundidad de siembra del trigo afecta la posición de la corona. En siembras superficiales, la corona se desarrolla a una corta distancia de la semilla, mientras que, en siembras más profundas, se sitúa cerca de la superficie, en la región de elongación del segundo entrenudo. Esta estructura puede variar en tamaño, abarcando desde menos de 2.5 cm hasta más de 10 cm. El segundo entrenudo está compuesto por el coleóptilo y la primera hoja. Durante las etapas iniciales de crecimiento, la planta obtiene sus nutrientes del endospermo. (Moreno et al. 2001).

Una vez que las raíces seminales comienzan a funcionar, la planta empieza a absorber agua y nutrientes del suelo circundante. El desarrollo de las raíces adventicias

se inicia aproximadamente dos semanas después de la emergencia de la planta. Este proceso de emergencia y elongación de las raíces es relativamente lento; en las variedades de maduración tardía, cerca del 90 % del sistema radicular se establece para el momento de la espigazón, mientras que las variedades de maduración precoz logran apenas alrededor del 40 % (Moreno et al. 2001).

1.5.2. Tallo

Al igual que en otras especies de la familia de las gramíneas, el tallo del trigo presenta una estructura compuesta por nudos y entrenudos. El nudo es una sección compacta y reducida que contiene las yemas responsables de la formación de hojas y macollos. En contraste, el entrenudo es considerablemente más largo y, en la mayoría de las variedades de trigo, tiene un carácter hueco. La altura total del tallo varía entre 0.30 m y 1.70 m, dependiendo de la variedad. La altura final de una planta de trigo está determinada tanto por su genética como por las condiciones ambientales, aunque típicamente se encuentra en un rango de 0.80 a 1.30 m (Moreno et al., 2001).

La estructura más habitual de los tallos de trigo consta de seis entrenudos, aunque también se observan, en menor medida, tallos con cinco o siete entrenudos. La longitud de los entrenudos varía a lo largo del tallo; el primer entrenudo, que es basal, es el más corto, mientras que el segundo es el más largo, y esta tendencia se mantiene, aumentando progresivamente hasta el último, que sostiene la espiga y es el más extenso. Generalmente, la longitud del quinto entrenudo es aproximadamente diez veces mayor que la del primero. En cuanto al diámetro, el tallo presenta un incremento desde el primer hasta el quinto entrenudo, con medidas que oscilan entre 3 y 4.2 mm (Moreno et al. 2001).

Los macollos surgen de las yemas localizadas en los nudos basales del tallo principal. Al desarrollarse como ramificaciones laterales, tienden a curvarse rápidamente hacia una posición vertical. Además, cada macollo que se origina en el tallo principal tiene la capacidad de producir nuevos macollos, formando una red en la que coexisten macollos provenientes tanto del tallo principal como de tallos secundarios o terciarios. La cantidad de macollos formados varía según la variedad de trigo, existiendo algunas con un alto potencial de macollado y otras que presentan una capacidad menor (Moreno et al. 2001).

No obstante, el factor varietal está influenciado por otros elementos, como la época de siembra, la fertilidad del suelo y las condiciones climáticas. Si la siembra se realiza de manera temprana o con un adecuado espaciamiento, un suelo fértil tiende a favorecer el macollamiento, al igual que las temperaturas más bajas. Por el contrario, una misma variedad presenta una menor capacidad de macollado si se siembra tarde, con alta densidad, en suelos de baja fertilidad, o si enfrenta precipitaciones excesivas. En relación al color del tallo, se pueden identificar tres tonalidades principales: blanco, amarillento y amarillo (Cruces, 2006).

1.5.3. Hojas

Según Moreno et al. (2001), las hojas se disponen en el tallo de manera alterna, formando dos hileras verticales opuestas, con una divergencia de 180 grados entre cada hoja consecutiva. Las hojas de las gramíneas se componen de varias partes, que incluyen la vaina, la lámina, la lígula y un par de aurículas ubicadas en la base de la lámina.

1.5.4. Inflorescencia

La espiga de la inflorescencia del trigo se distingue por tener un eje principal o raquis articulado y sinuoso, conformado por nudos y entrenudos. Los entrenudos del raquis son estrechos en la base y se ensanchan hacia el ápice, con longitudes que varían. La unidad básica de la espiga es la espiguilla, que es sésil y contiene dos brácteas estériles o glumas vacías, así como entre dos y cinco flores. Cada flor está compuesta por glumas florales, una lemma y una palea. En las variedades de trigo aristado, las aristas emergen de la punta de los órganos reproductivos, que incluyen tres estambres y un pistilo, junto con dos pequeños órganos redondeados conocidos como lodículas. Durante la antesis, las lodículas se inflan, facilitando la apertura de la flor (Moreno et al., 2001).

Las espigas de trigo exhiben variaciones en forma, longitud, ancho y grado de compactación, lo que permite clasificarlas en diversas categorías según sus características morfológicas, tales como fusiformes, oblongas, clavadas y elípticas, entre otras.

1.5.5. Flores

Moreno et al. (2001), Cada flor de trigo contiene tres estambres y dos estigmas que salen directamente del ovario. Dentro de la flor se encuentran dos estructuras transparentes conocidas como lodículas o glumélulas, resguardadas por dos brácteas del

antecio: la lemma, la más exterior, y la pálea, la más interna. El trigo es una planta autógena, lo que implica que la fecundación de la flor se produce antes de su apertura. Cuando los estambres emergen, la flor ya ha sido fecundada.

1.5.6. Grano

Los granos de trigo son carióspsides de forma ovalada con extremos redondeados, donde uno de ellos alberga el germen y el otro presenta un mechón de pelos finos. La mayor parte del grano, conocida como endospermo, actúa como un reservorio de nutrientes para el embrión y representa el 82 % del peso total del grano. Se puede apreciar una depresión o surco en el lado ventral del grano, lo que representa una invaginación de la aleurona y sus cubiertas. En la parte inferior de este surco se encuentra una zona vascular altamente pigmentada. El pericarpio y la testa, junto con la capa de aleurona, forman el salvado de trigo. Adicionalmente, el grano de trigo contiene una fracción proteica denominada gluten, que es esencial para la producción de levaduras de alta calidad, crucial en el proceso de panificación (Salunke et al, 2014).

La textura del endospermo, la parte interna del grano de trigo es un criterio fundamental para clasificar los diferentes tipos de trigo. Los trigos duros se caracterizan por una mayor proporción de endospermo vítreo, que se caracteriza por su dureza y transparencia. Por otro lado, los trigos harinosos presentan un endospermo harinoso, más blando y opaco. La estructura del grano, en particular la textura del endospermo tiene una influencia directa en la calidad del trigo y su capacidad de almacenamiento. El endospermo vítreo, por ejemplo, es más resistente a la rotura y al daño durante el almacenamiento, lo que lo hace ideal para la producción de productos como la pasta. El endospermo harinoso, por su parte, es más adecuado para la elaboración de pan y otros productos de panadería que requieren una textura más suave. En resumen, la textura del endospermo es un factor crucial que determina la clasificación, la calidad y las aplicaciones culinarias del trigo. La comprensión de esta característica es esencial para la selección de variedades adecuadas para diferentes usos y para optimizar el proceso de almacenamiento y procesamiento (Loaysa, 2014).

1.6. Fenología del cultivo

Según Robles (2022), la fenología del cultivo de trigo se refiere al cambio estructural, morfológico y funcional que presenta la planta durante su ciclo de vida. Estas

etapas están relacionadas estrechamente con los procesos de desarrollo que están gobernados por factores intrínsecos y extrínsecos de los vegetales.

1.7. Estados fenológicos

1 Fase vegetativa

- 1.1 Emergencia
- 1.2 Dos hojas
- 1.3 Tres hojas
- 1.4 Cuatro Hojas
- 1.5 Inicio de macollamiento
- 1.6 Pleno macollamiento

2 Fase reproductiva

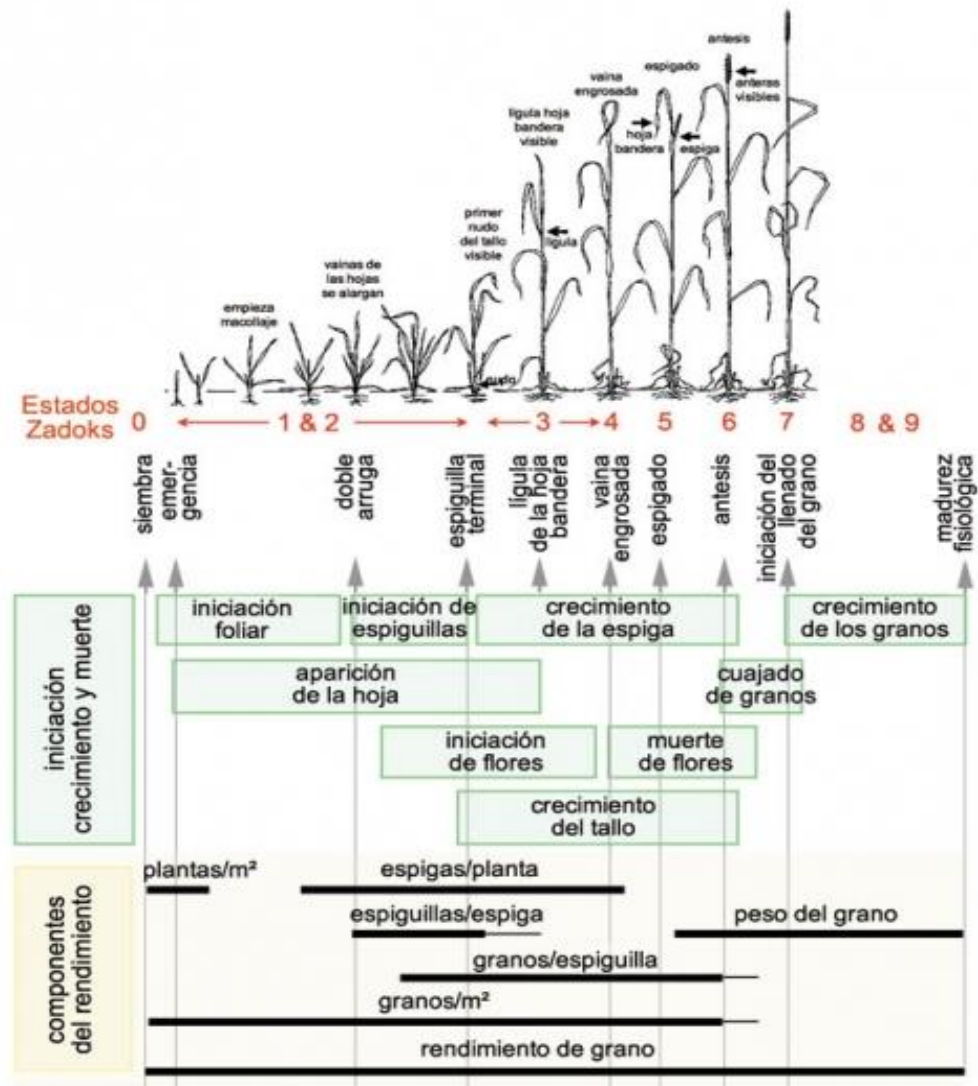
- 2.1 Un nudo
- 2.2 Dos nudos
- 2.3 Aparición de la hoja bandera (última hoja)
- 2.4 Aparición de la espiga (embuche)
- 2.5 Plena espigación

3 Fase Maduración del grano

- 3.1 Formación del grano
- 3.2 Estados lechosos
- 3.3 Estado pastoso
- 3.4 Madurez fisiológico (Estado semi duro)
- 3.5 Madurez de cosecha (Grano seco listo para la cosecha) 15 A 18 %

Figura 1.1

Fases de desarrollo y Componentes del rendimiento



Fuente: Etapas de crecimiento del trigo según (Zadoks et al., 1974)

1.8. Estadios de crecimiento del cultivo de trigo

1.8.1. Emergencia y formación de un macollo principal

El número de hojas en el tallo principal se puede representar como un valor decimal; por ejemplo, un tallo 1.3 indica la presencia de tres hojas completamente desplegadas. Indudablemente, el elemento más esencial para alcanzar altos rendimientos en forraje o grano de trigo es garantizar un número apropiado de plantas plantadas (stand) al comienzo del cultivo (Robles, 2022).

Robles, (2022), Es crucial sembrar semillas de alta calidad de variedades adaptadas en terrenos bien preparados, fértiles y con la humedad correcta para asegurar

un crecimiento rápido y uniforme de las plantas, lo que resulta esencial para obtener altos rendimientos. Las siembras tardías disminuyen el tiempo de macollaje y demandan un incremento en la densidad de siembra para equilibrar la menor cantidad de macollos por planta. Si la meta es la generación temprana de forraje para pastoreo, se aconseja aumentar la densidad de plantación y prescindir de la formación de macollos.

1.8.2. Inicio del macollaje

Se conoce como macollo a un tallo que surge en la axila de una hoja o en el nudo del coleóptilo, manteniendo la misma masa radical que el tallo principal. Tras la formación de los macollos primarios, los macollos secundarios surgen de sus axilas, y luego, los macollos terciarios se forman a partir de las axilas de los secundarios, siguiendo este esquema. En el periodo de macollaje, la clave en el manejo es determinar si la densidad de las plantas instaladas es adecuada para alcanzar el rendimiento esperado (Robles, 2022).

En el manejo no puede rectificar las carencias en la densidad vegetal provocadas por elementos como insectos, mala calidad de las semillas o perjuicios causados por herbicidas. Si se tiene una densidad de plantas baja pero uniforme, la aplicación temprana de nitrógeno (N) puede impulsar el proceso de macollaje, incrementando de esta manera el número potencial de espigas por metro cuadrado. No obstante, es vital evitar usos excesivos de N, dado que esto puede causar un crecimiento vegetativo excesivo, lo que incrementa la vulnerabilidad de las plantas a heladas, enfermedades de las plantas por hongos y daños causados por áfidos. Un nivel apropiado de fósforo (P) tiene una relación estrecha con el crecimiento de raíces y macollos. Si el desarrollo de macollos es un problema constante, es necesario enfocarse especialmente en el P durante el estudio de los suelos y en el diagnóstico previo a la siembra (Robles, 2022).

1.8.3. Macollos formados o pleno macollaje

En esta fase, se finaliza el desarrollo de los macollos que inciden en el potencial rendimiento. Las hojas empiezan a girar en forma espiral, y algunas variedades de trigo con latencia pueden presentarse de forma rastrera o postrada. En este momento, pueden ocurrir pérdidas significativas en el rendimiento potencial debido al aumento de malezas, que rivalizan por el agua, la luz y los nutrientes. Una vez que el cultivo de trigo finaliza el canopeo, las dificultades asociadas a las malezas suelen reducirse. El control de

malezas debe realizarse previamente o durante esta etapa. El herbicida metribuzin puede ser utilizado para controlar malezas gramíneas y de hoja ancha en variedades tolerantes de trigo; no obstante, en la mayoría de las situaciones, es necesario que la planta tenga cuatro macollos y que las plantas se encuentren en crecimiento activo antes de su uso. En cambio, no se debe utilizar el herbicida 4-D o productos parecidos antes de que el cultivo finalice el macollaje ni después de este proceso. Es fundamental que el productor esté atento a las infestaciones de áfidos (pulgonos) y otros insectos, dado que el estrés provocado por el perjuicio de estos puede disminuir la aparición de macollos en los estadios mencionados. El límite de control para las plantas jóvenes es notablemente inferior en comparación con las más grandes en estadios más avanzados (Robles, 2022).

1.8.4. Inicio de crecimiento y alargamiento de vainas

Según Robles (2022), En esta etapa, la mayoría de los macollos ya se han formado y se inicia el desarrollo del sistema radicular secundario. Las variedades de trigo con hábito rastrero comienzan a elongarse, y las vainas de las hojas presentan un engrosamiento. Durante este período, es crucial identificar tanto las plagas de insectos como las infestaciones de malezas. Algunos productores también inician la etapa de pastoreo en esta fase.

1.8.5. Vainas de hojas erectas

En esta etapa, la planta adopta una posición completamente erecta y se detiene el desarrollo de macollos. En esta etapa de desarrollo, se establece el tamaño de las espigas y la cantidad de espiguillas presentes en cada una. Tras la etapa 5.0, el desarrollo de macollos ya no influye en el rendimiento. En esta fase, las aplicaciones de nitrógeno (N) pueden tener un impacto tanto en la cantidad como en la magnitud de los granos por espiga, aunque no modificarán la cantidad de espigas que se cosecharán. Este es un momento propicio para realizar aplicaciones de N en superficie, ya que en etapas posteriores del ciclo estas aplicaciones no afectarán la cantidad de granos por espiga. En el proceso de diferenciación de las espiguillas, la administración del agua mediante el riego puede ser crucial; un fuerte estrés hídrico en esta fase puede reducir la cantidad potencial de granos por espiga, un elemento crucial para el rendimiento, dejando a menudo espacios vacíos en la parte superior de la espiga (Robles, 2022).

1.8.6. Inicio del nudo visible

Este estado es fácil de identificar. Durante la fase previa, todos los nudos se encontraban presentes, aunque muy compactos y cercanos entre ellos, lo que complicaba su identificación visual. En esta etapa, el primer nudo se forma y se muestra sobre la superficie del terreno. Bajo este nudo, surge la espiga, que posteriormente es impulsada hacia arriba. Desde este instante, el vástago principal empieza su crecimiento. La espiga ya está totalmente separada y alberga todas las posibles espiguillas y flores. Es crucial que el productor enfoque particularmente en la aparición del primer nudo, el cual a menudo puede ser observado o palpado (Robles, 2022).

1.8.7. Segundo nudo visible

Esta etapa se distingue por un rápido desarrollo de la espiga y la emergencia del segundo nudo sobre el nivel del suelo (Robles, 2022).

1.8.8. Hoja bandera visible

Este periodo de crecimiento inicia cuando la última hoja, denominada hoja bandera, empieza a surgir. Esta hoja es vital, dado que constituye cerca del 75% del área foliar que aporta al llenado del grano. Cuando la hoja bandera emerge, se pueden apreciar al menos tres nudos en la superficie del terreno, y a veces se puede notar un cuarto nudo. Para verificar la presencia de la hoja bandera, se puede efectuar un corte en la vaina del nudo superior; si la espiga se halla en su interior sin hojas suplementarias, se encuentra en el estadio 8.0 de desarrollo. Durante esta etapa, el productor debe determinar si es necesario aplicar fungicidas foliares (Robles, 2022).

1.8.9. Lígula de la hoja bandera visible

Este estadio inicia una vez que la hoja bandera ha emergido por completo del verticilo. Desde este momento, las hojas se identifican en relación con la hoja bandera; la primera hoja debajo se designa como -1, la segunda como -2, y así sucesivamente. El cultivo de trigo suele producir de 7 a 9 hojas verdaderas. Una vez que la hoja bandera ha emergido, las infestaciones de oruga militar pueden provocar daños significativos al rendimiento potencial del cultivo (Robles, 2022).

1.8.10. Estado de bota (BUCHE)

Según (Robles, 2022), la espiga, completamente desarrollada, es fácilmente visible en la parte hinchada de la vaina foliar ubicada por debajo de la hoja bandera. Este estado se clasifica de la siguiente manera:

- 0 : Estado de bota.
- 1 : Aristas visibles, espiga emergiendo entre la vaina de la hoja bandera.
- 2 : 25% de espigazón completa.
- 3 : 50% de espigazón completa.
- 4 : 75% de espigazón completa.
- 5 : Espigazón completa.
- 5.1 : Inicio de la floración.
- 5.2 : Floración completa en la punta de la espiga.
- 5.3 : Floración completa en la base de la espiga.
- 5.4 : Maduración acuosa del grano (cuajado).

La mayoría de las flores son polinizadas antes de que las anteras sean visibles. Aunque los macollos completan su desarrollo a lo largo de varias semanas, el proceso de floración en una planta de trigo ocurre en un intervalo corto, de apenas unos días.

1.8.11. Maduración del grano

El proceso se inicia durante la fase de madurez láctea, cuando se han secado las hojas inferiores, mientras que las tres hojas superiores y el resto de la planta siguen en verde. Luego, ocurre la maduración pastosa, donde únicamente los nudos mantienen su tono verde, mientras que el resto de la planta adopta el tono típico del trigo seco y el grano llega a su color final. Tres o cuatro días tras llegar a la consistencia pastoso, el cereal llega a su madurez total. Finalmente, se alcanza la madurez de muerte, etapa en la que toda la paja se torna dura y frágil, lo que favorece la liberación del grano de las glumillas y el raquis (Loaysa, 2014).

- 1. Grano lechoso.
- 2. Grano pastoso.
- 3. Grano duro.
- 4. Cosecha.

1.9. Fotosíntesis

La fotosíntesis se divide en dos etapas: una fase lumínica, que es no química y depende de la luz, y otra fase oscura, que es enzimática y requiere CO₂. Durante la fase lumínica, se produce la fotólisis, un proceso fotoinducido en el que el agua se descompone para generar oxígeno y poder reductor (NADPH). En la fase oscura, este poder reductor (NADPH) se utiliza para reducir el CO₂, lo que resulta en la formación de carbohidratos y agua (Loaysa, 2014).

El trigo realiza fotosíntesis C₃, un proceso en el que las hojas abren sus estomas durante el día para intercambiar gases (CO₂) con la atmósfera. Este CO₂ se fija en una molécula de cinco carbonos, la ribulosa 1,5-difosfato, mediante la acción de la enzima ribulosa carboxilasa, generando dos moléculas de ácido fosfoglicérico de tres carbonos. Posteriormente, este ácido es reducido por el NADPH y ATP a aldehído fosfoglicérico, del cual se derivan azúcares como glucosa, sacarosa y almidón a través del ciclo de Calvin. (Cruces, 2006).

La fotosíntesis llevada a cabo por la hoja bandera es crucial para el rendimiento del grano, ya que representa la principal fuente de fotosintatos durante las fases de antesis y llenado del grano. Se han identificado genotipos que muestran tanto bajas como altas tasas de intercambio de CO₂ en esta hoja, lo que sugiere que estas características podrían ser heredables en generaciones futuras (Loaysa, 2014).

1.10. Cultivares de trigo

Un cultivar de trigo debe presentar diversas características deseables en términos de productividad. Además de su rendimiento, es fundamental que el cultivar genere un grano de calidad, lo cual es crucial para su competitividad en el mercado, así como para su resistencia a plagas y enfermedades.

1.11. Cultivares según su habitud de desarrollo y requerimientos de temperatura

Según Mellado (2004), la clasificación de los cultivares de trigo se divide en tres grupos:

1.11.1. Cultivares invernales

Estos cultivos requieren condiciones de baja temperatura para pasar de la fase vegetativa a la fase reproductiva, lo que significa que necesitan un ambiente fresco para espigar y producir grano. Normalmente, muestran un inicio de crecimiento rastrero y tienen un largo periodo de vegetación.

1.11.2. Cultivares de hábito alternativo

Estos tipos de cultivo necesitan menos frío para espigar en comparación con los tipos de invierno, aunque requieren más frío que los tipos de primavera. Su crecimiento inicial es semi erecto y su ciclo vegetativo varía entre los cultivares de costumbre invernal y el de primavera.

1.11.3. Cultivares primaverales

Estos cultivos no necesitan de frío para pasar de la fase vegetativa a la fase de reproducción. El desarrollo inicial es erecto y posee una corta fase vegetativa.

1.12. Requerimientos edafoclimáticos

1.12.1. Suelos

El trigo requiere suelos profundos y drenados adecuadamente para facilitar el desarrollo del sistema radicular extenso. En terrenos arcillosos, se presenta el peligro de asfixia radicular, lo cual puede limitar tanto el desarrollo como la funcionalidad de las raíces. En cambio, en terrenos demasiado arenosos, el trigo suele experimentar carencias nutricionales y estrés por falta de agua durante el periodo de maduración del grano. La producción de trigo soporta niveles de pH entre 5 y 8, siendo el rango óptimo de 6 a 7. Respecto a la salinidad, el rendimiento se ve comprometido cuando la conductividad eléctrica (CE) excede los 6 dS m⁻¹. La fase más susceptible es la germinación, donde la salinidad no debe sobrepasar de 3.5 a 4.0 dS m⁻¹ en la capa superficial del suelo. A una conductividad de 7 dS m⁻¹, se puede observar una reducción del 10 % en la producción; a 9 dS m⁻¹, la disminución puede llegar hasta un 25 %; y a 12 dS m⁻¹, la producción podría caer hasta un 59 % (Mateo, 2005).

Estos datos resaltan la importancia de un manejo adecuado del suelo y de las condiciones ambientales para maximizar el rendimiento del trigo, evidenciando que la interacción entre el tipo de suelo y la salinidad es crucial en su cultivo.

1.12.2. Temperatura

La temperatura tiene un rol esencial en el crecimiento de trigo, afectando la generación de hojas, tallos y otros elementos (Rawson & Gómez, 2001).

La germinación ocurre en un intervalo de temperaturas de 4 a 37 °C, siendo óptimo entre 20 y 25 °C (Evans et al., 1975). Las plántulas en desarrollo pueden deshidratarse con rapidez si la temperatura del suelo alcanza los 40 °C o más. Temperaturas más bajas ralentizan el desarrollo de las plantas, y temperaturas excesivamente bajas pueden dañar los tejidos jóvenes. Este daño puede tener un efecto severo en el rendimiento desde la emergencia de las espigas hasta el inicio del llenado del grano (Rawson & Gómez, 2001).

Para provocar la floración, los genotipos de primavera necesitan temperaturas que oscilan entre 7 y 18 °C durante un periodo de 5 a 15 días. En cambio, los genotipos de invierno necesitan temperaturas de entre 0 y 7 °C durante un intervalo de 30 a 60 días (Loaysa, 2014).

La aparición de granos chuzos, el bajo peso hectolítrico, la esterilidad de las espiguillas y la disminución del poder germinativo están asociados con bajas temperaturas. En contraste, las altas temperaturas tienen efectos que dependen del momento en que se presentan; en condiciones de escasez de agua, se observa una reducción en el número de macollos viables por planta, lo que resulta en un crecimiento limitado. Esto se traduce en una menor altura de las plantas y en una reducción de la superficie foliar, afectando negativamente tanto el rendimiento como la calidad del grano (Loaysa, 2014).

1.12.3. Humedad

El trigo presenta un requerimiento específico de humedad relativa, siendo óptimo un rango del 40 al 70% desde el espigado hasta la cosecha, período de mayor demanda, durante la maduración, es necesario mantener una humedad relativa entre el 50 y 60% y un ambiente seco. (Mellado, 2004).

1.12.4. Requerimiento hídrico

Es crucial conservar la humedad en los primeros 30 cm del terreno ya que entre el 50 y el 60% de las necesidades hídricas de la planta se ubican en esta capa, donde aproximadamente el 75% de las raíces están presentes (Mellado, 2004).

Pese a la frecuencia y el volumen de riego varían en base a diversos factores, Además de la siembra, hay cuatro momentos cruciales en los que el suministro de agua no debería representar un impedimento: la formación de raíces en la corona durante el macollaje, el encañado, la antesis y el estado de grano lechoso. Entre estos, el macollaje y la antesis son las etapas más susceptibles al estrés por déficit de agua. (Rawson & Gómez, 2001).

Este cultivo se desarrolla en suelos que presentan un buen drenaje, abarcando altitudes desde el nivel del mar hasta los 4,500 metros sobre el nivel del mar. Se cultiva en regiones donde la precipitación anual varía entre 250 y 1,750 mm, siendo las áreas con mayor producción aquellas que reciben entre 375 y 875 mm anuales (Briggle y Curtis, 1987).

1.12.5. Horas luz

No se percibe la luz como un elemento esencial en el cultivo del trigo. No obstante, en cultivos densos, las hojas inferiores experimentan una baja exposición a la luz, lo que resulta en una eficiencia fotosintética reducida. Aun así, el trigo requiere entre 1,500 y 2,000 horas de luz solar durante su ciclo de crecimiento. Durante la fase de floración, es esencial que el trigo tenga acceso a días largos, es decir, con más de 12 horas de luz diaria. Si la duración del día es insuficiente en esta etapa, el cultivo puede experimentar retrasos o incluso la falta de floración. Sin embargo, algunas variedades son indiferentes a la duración del día (Loaysa, 2014).

1.12.6. Viento

La influencia del viento puede clasificarse en aspectos físicos, mecánicos y biológicos. En su función física, el viento desempeña un papel crucial en la renovación de las capas de aire circundantes a la planta, contribuyendo a mantener una concentración estable de CO₂ en la atmósfera (cerca del 0.03 %). Desde un punto de vista mecánico, los vientos intensos pueden causar el tumbado o acame de las plantas, lo que limita su cultivo. Por otro lado, la acción biológica del viento suele estar relacionada con el transporte de organismos vivos, como semillas, polen e insectos (Cari, 1990).

1.13. Plagas y enfermedades

Según Robles, (2022), en plagas y enfermedades se describe a continuación.

1.13.1. Plagas

El trigo no enfrenta plagas de relevancia económica. En ocasiones, puede haber infestaciones de áfidos o pulgones, cuya presencia suele controlarse de manera efectiva gracias a las lluvias.

1.13.2. Enfermedades

La enfermedad que ocasiona el mayor daño en el cultivo de trigo es la roya. Se identifican tres tipos de roya que afectan a este cultivo.

- **Roya morena de hoja:** Se presenta en las primeras etapas de desarrollo de la planta, afectando principalmente las hojas basales, y se caracteriza por su color marrón oscuro.
- **Roya negra del tallo:** Suele aparecer entre el periodo de espigazón y maduración, afectando tanto el tallo como las hojas, y se distingue por su tonalidad negro amarillenta.
- **Roya amarilla o de las glumas:** Ataca el tallo y las hojas, aunque predomina en las glumas y los granos. Su color es amarillo anaranjado, y su aparición ocurre antes de la espigazón y maduración, lo que resulta en granos chupados.
- **La mancha foliar, o septoriosis de la hoja del trigo:** Presenta síntomas que pueden observarse desde el inicio del macollaje en adelante. Se caracterizan por lesiones necróticas en las hojas, manifestadas como manchas marrones que indican la muerte del tejido, a menudo acompañadas de un amarillamiento en sus bordes y pequeños puntos negros sobre estas lesiones, que corresponden a los picnidios del hongo. Estos síntomas son clave para identificar esta enfermedad de manera inequívoca. La ausencia de picnidios sugiere que probablemente no se trata de septoriosis de la hoja. Generalmente, los síntomas comienzan en las hojas basales y no se observan en las hojas superiores a menos que haya afectación en las inferiores. La lluvia facilita la diseminación de la infección hacia las hojas superiores. Normalmente, la infección no alcanza la espiga; sin embargo, en el caso de variedades precoces sembradas temprano y en primaveras muy lluviosas, es posible observar espigas afectadas (Andrade & Contreras, 2007).

1.14. Manejo del cultivo

1.14.1. Rotación

La rotación de cultivos es una práctica agronómica esencial. En el caso de los cereales, se sugiere rotar con leguminosas como arveja, lenteja, frijol y haba, así como con papa (Estación Experimental Agraria Canaán, 2019).

1.14.2. Época de siembra

En la región andina, la siembra principal se realiza entre noviembre y diciembre, mientras que la siembra secundaria ocurre entre junio y julio. Este cultivo muestra un buen desempeño cuando se siembra en la campaña secundaria, siendo recomendable hacerlo en surcos para facilitar el riego (Estación Experimental Agraria Canaán, 2019).

En la costa, con sistema de riego, la siembra puede realizarse desde abril hasta junio, e incluso en julio, siempre y cuando no obstaculice la rotación del cultivo subsiguiente (Medina, 1990).

1.14.3. Sistema de siembra

El procedimiento manual implica la distribución uniforme de la semilla sobre la superficie del suelo y su enterramiento a una profundidad de 3 a 5 cm, utilizando polidiscos o herramientas rígidas con rieles. En lo que respecta al método mecanizado, existen dos tipos: la voleadora, que se monta y se acciona mediante un tractor agrícola, dispersa la semilla y posteriormente la entierra con discos rígidos. Por otro lado, la sembradora abonadora, que entierra la semilla e incorpora el fertilizante de forma homogénea, es considerada el sistema más eficiente (Adriazola, 1991).

Según Estación Experimental Agraria Canaán, (2019), menciona que la siembra al voleo se utiliza 140 a 150 kg.ha⁻¹, y la siembra en surcos 120 kg.ha⁻¹

1.14.4. Fertilización

Es recomendable aplicar fertilizantes conforme a los resultados del análisis de suelo. Durante la siembra, se debe incorporar todo el fósforo y potasio, así como el 50% del nitrógeno; el otro 50% de nitrógeno se aplicará en el momento del macollamiento. Siempre que sea posible, se sugiere utilizar una combinación de abonos orgánicos y

sintéticos para mejorar las condiciones del suelo para el cultivo (Estación Experimental Agraria Canaán, 2019).

1.14.5. Control de malezas

Es esencial aplicar buenas prácticas de rotación de cultivos y una correcta preparación del suelo para disminuir la presencia de malezas. Se recomienda mantener el campo libre de malezas, al menos, hasta la fase de macollamiento para maximizar el número de macollos por planta. Para el control de malezas de hoja ancha, una opción es la aplicación de herbicidas específicos en las dosis recomendadas; en el caso de las malezas de hoja angosta, se debe optar por la extracción manual (Estación Experimental Agraria Canaán, 2019).

1.14.6. Cosecha

La cosecha debe llevarse a cabo en el instante adecuado para asegurar un producto de excelente calidad y prevenir pérdidas debido al desgrane o deterioro del grano. Se recomienda cortar las plantas por la mañana. En la técnica tradicional de trilla con animales, la utilización de mantas en las eras es un método eficaz para obtener grano limpio y de excelente calidad. Alternativamente, se pueden emplear trilladoras estacionarias o cosechadoras motorizadas (Estación Experimental Agraria Canaán, 2019).

1.14.7. Almacenamiento

Para prevenir pérdidas durante el almacenamiento, es fundamental que el grano esté seco, con un contenido de humedad inferior al 14 %. Además, debe almacenarse en recipientes herméticos y en lugares frescos y bien ventilados (Estación Experimental Agraria Canaán, 2019).

1.15. Calidad comercial del trigo

Loaysa, (2014) La calidad comercial del grano de trigo se define por un conjunto de características que se desarrollan durante el cultivo y están influenciadas por la genética del grano y entorno en el que se desarrolló. Para determinar el valor comercial de los granos de trigo, se consideran distintos factores de calidad, como el peso y tamaño del grano, el peso por hectolítrico, el peso por mil granos, además del contenido de humedad, proteína, gluten y cenizas.

1.15.1. Peso y tamaño

El tamaño del grano no debe ser confundido con la masa del grano ni con el peso hectolítrico. Las investigaciones han evidenciado que el tamaño del grano de trigo está vinculado con la producción de harina, aunque esta relación es intrincada y cambia dependiendo del cultivo y la variedad de trigo. Por lo general, cuando el tamaño del grano se reduce, tanto la productividad como la pureza de las harinas suelen verse impactados de manera negativa. En ciertas situaciones, los granos de mayor tamaño pueden ser ventajosos para la calidad y volumen de harina. Es crucial distinguir entre los pequeños granos que se encuentran llenos y los que están deshidratados (Morgan et al., 2000).

1.15.2. Peso hectolítrico

El peso hectolítrico mide la correlación entre el peso y el volumen (kg hl^{-1}) de una muestra concreta de trigo, lo que significa que establece la cantidad de kilogramos pesan 100 litros de grano. La relación entre el peso hectolítrico como el contenido de cenizas del grano están relacionados con la proporción de endospermo y tegumentos, estableciendo una conexión directa entre estos dos parámetros (López, 1991).

Este indicador proporciona una evaluación exacta de la calidad física del grano y su rendimiento en la molienda. Su valor está determinado por el cultivar, las condiciones de cultivo, la uniformidad de la muestra, así como por factores bióticos y abióticos (Goñi & Lafarga, 2009).

1.15.3. Composición química

El grano maduro de trigo está constituido por diversos componentes, incluyendo hidratos de carbono (tales como fibra cruda, almidón, maltosa, sacarosa, glucosa, melibiosa, pentosanos, galactosa y rafinosa), compuestos nitrogenados (principalmente proteínas como albúmina, globulina, prolamina, residuo y gluteninas), lípidos (ácidos grasos como mirístico, palmítico, esteárico, palmitoleico, oleico y linoleico), así como minerales (como potasio, fósforo, azufre y cloro) y agua. Adicionalmente, contiene cantidades menores de vitaminas (inositol, colina y vitaminas del complejo B), enzimas (como β -amilasa, celulasa y glicosidasas) y otros compuestos, incluidos pigmentos (Martínez, 2011).

Estos nutrientes se distribuyen de manera desigual en las diferentes partes del grano de trigo, con algunos de ellos concentrándose en áreas específicas. El almidón se encuentra exclusivamente en el endospermo, mientras que la fibra cruda está casi completamente restringida al salvado, y las proteínas se distribuyen a lo largo de todo el grano. Aproximadamente la mitad de los lípidos totales se localizan en el endospermo, un quinto en el germen y el resto en el salvado; además, la capa de aleurona presenta una mayor concentración de lípidos en comparación con el pericarpio y la testa (Martínez, 2011)

Tabla 1.1

Composición química del trigo

COMPONENTES	VALOR %
Humedad	8 – 18
Proteínas	7 – 18
Lípidos	1.5 – 2
Almidón	60 – 68
Fibra cruda	2 – 2.5
Cenizas	1.5 – 2

Fuente: (Loaysa, 2014)

1.15.4. Humedad de grano

El cálculo del nivel de humedad es uno de los más importantes, dado que influye de manera significativa en la calidad del grano. La relación inversa existe entre la proporción de materia seca en el grano y su contenido de humedad, lo que lo convierte en un indicador esencial de rentabilidad. Adicionalmente, este parámetro es crucial para el almacenamiento, dado que algunos análisis se muestran basándose en una humedad constante para facilitar la comparación de los resultados (Castillejos, 1988).

1.15.5. Cenizas

Las cenizas indican el porcentaje de sales minerales presentes en el grano de trigo y se determinan a través de un proceso de combustión a temperaturas de 600-900 °C. La cuantificación de este componente es de gran importancia industrial, ya que un menor porcentaje de cenizas generalmente se asocia con un mayor rendimiento en harina (Vadillo, 1989 & López, 1991).

El trigo tiene un porcentaje medio de cenizas cercano al 1.8%, teniendo en cuenta la materia seca. Este valor se ve afectado por varios factores, incluyendo factores genéticos, edafoclimáticos, fisiológicos y las condiciones de manejo del grano. (Dikeman et al, 1982).

1.15.6. Proteínas

El contenido de proteínas es una característica fundamental en el trigo harinero, y se calcula multiplicando el contenido de nitrógeno por un factor de 5.7. Comúnmente, se expresa como un porcentaje basado en un contenido de humedad del 13.5 %. Esta medición se realiza mediante el método de Kjeldahl (García, 2004). Además, las condiciones del entorno y el clima tienen un impacto significativo en su expresión (Goñi & Lafarga, 2009).

1.15.7. Gluten

El gluten es un material albuminoso, visco, amarillento y flexible en estado húmedo; se caracteriza como un conjunto de proteínas insolubles en agua que otorga a la harina de trigo su habilidad para elaborar pan. Este compuesto está formado por dos clases de proteínas: la glutenina, que proporciona resistencia y elasticidad a la masa, y la gliadina, encargada de su extensibilidad (Casta, 2008).

1.15.8. Acame de planta

El acame se produce cuando el cultivo pierde su posición erecta. Un cultivo saludable se encuentra en posición vertical, pero diversos factores pueden alterar este equilibrio y provocar su vuelco. Estos factores incluyen la altura de la planta, vientos intensos y lluvias fuertes, terrenos demasiado húmedos al concluir el periodo de llenado del grano y un exceso de nitrógeno. La mezcla más peligrosa es la de vientos intensos y un exceso de agua (FAO, 2006).

Se puede alcanzar la resistencia al acame a través de variedades que tengan un sistema radicular robusto, lo que proporciona un anclaje firme en el suelo, así como pajas más flexibles que no se quiebren fácilmente bajo la acción del viento, y resistencia a enfermedades e insectos. La mayoría de los trigos precoces tienen pajas más cortas, lo que reduce la probabilidad de acame; sin embargo, esto puede presentar inconvenientes

en cuanto a la madurez temprana, ya que los trigos extremadamente precoces tienden a tener un menor rendimiento y una menor resistencia al invierno (Poehlman, 1987).

Las lluvias, el granizo y los vientos fuertes que se presentan después del espigado y antes de la maduración son causas comunes de acame. Si la planta se inclina, es posible que, tras el secado, retorne a su posición vertical con una reducción mínima en el rendimiento final. No obstante, si el tallo se quiebra, la espiga no se llenará adecuadamente, lo que puede resultar en una disminución del rendimiento final de entre un 20 y un 30 %. (Loaysa, 2014).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación

El trabajo de investigación se realizó en los terrenos de la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA, ubicada en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, en la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, a una altitud de 2735 msnm. Las coordenadas de esta localización son 13°10'1.57" de latitud sur y 74°12'22.21" de longitud oeste. Esta área se clasifica como parte de la zona de vida de Bosque Seco Montano Bajo Subtropical (ONERN, 1986).

2.2. Condiciones edáficas y climáticas

2.2.1. Antecedentes del campo experimental

El terreno de estudio fue un campo donde en las anteriores campañas se sembró de manera rotativa los cultivos de quinua, maíz morado, frijol y kiwicha. Dicho terreno cuenta con una pendiente media entre el 1 y el 3.0%, por tal motivo el terreno se considera llano.

2.2.2. Condiciones climáticas

Según la estación meteorológica INIA-Canaán, las temperaturas promedio más baja y más alta en el área experimental fueron de 7.7 °C y 28.6 °C, respectivamente. La precipitación total por año fue de 436 mm. La escasez de agua ocurrió en los meses de abril a noviembre a excepción del mes de setiembre (Tabla 2.1).

En la Figura 2.1 se muestra el climograma referente al Estación Experimental de Canaán, UNSCH, construida a partir de la Tabla 2.1; en la que se observa que los picos más altos de temperatura se alcanzaron en los meses de diciembre (29.5 °C) y octubre (30.5 °C), mientras los picos más bajos se muestran en los meses de junio (0.8°C) y julio (1.4 °C). La precipitación más alta se alcanzó en el mes de febrero (79 mm) y la mínima en el mes de julio (0.0 mm).

Tabla 2.1

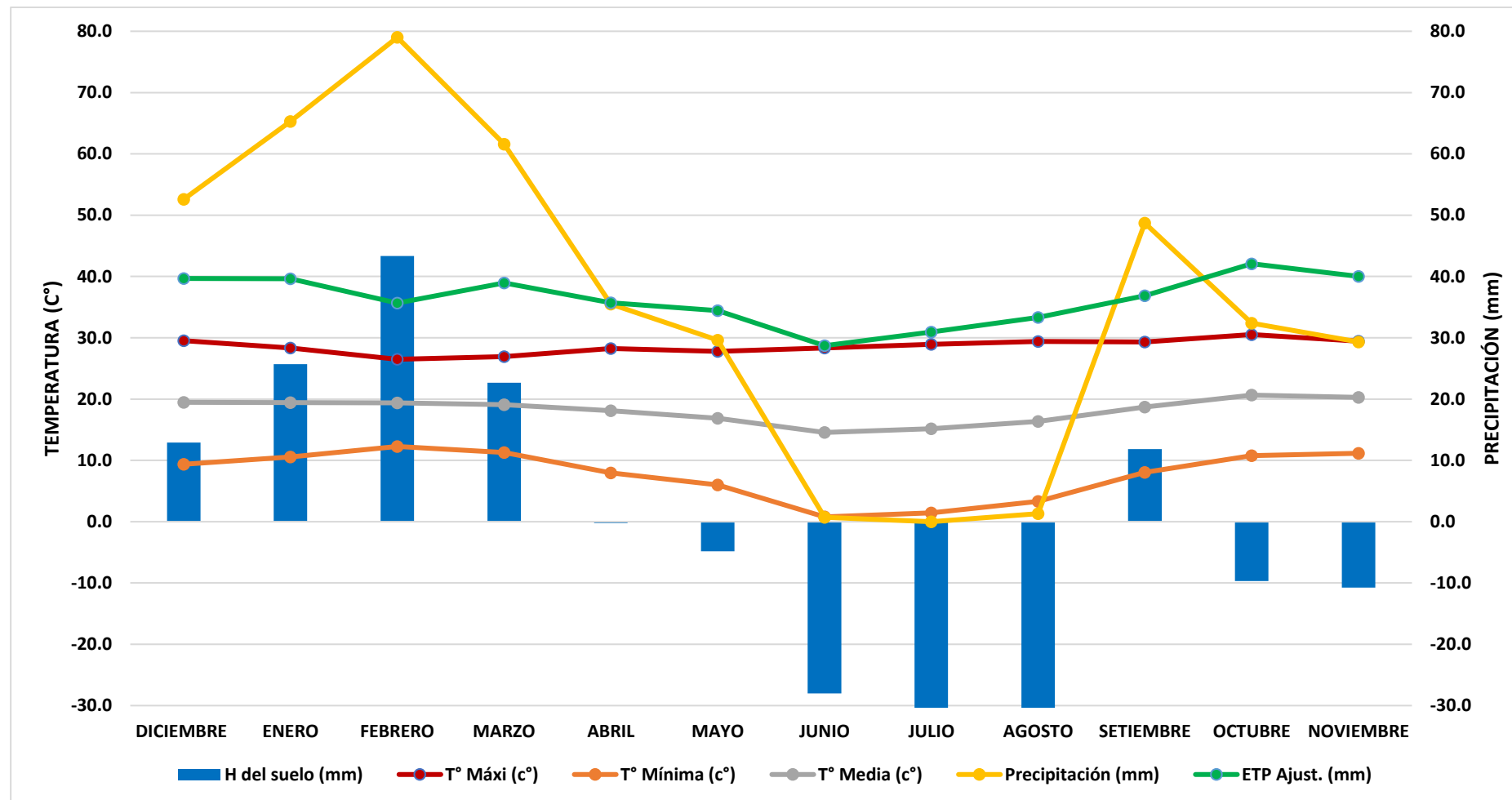
Balance hídrico, temperaturas baja, media y máxima, según los datos meteorológicos para el área de la Estación Experimental Agraria Canaán - INIA.

Estación : INIA - CANAÁN														
Departamento :	AYACUCHO			Provincia :	HUAMANGA			Distrito :	ANDRES AVELINO CACERES DORREGARAY					
Latitud :	13°10'00.06"			Longitud :	74°12'22.92"			Altitud :	2735 msnm.					
AÑO	2022				2023								TOTAL ANUAL	PROMEDIO
MESES	DICIEM	ENERO	FEBR	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCTUB	NOV		
T° Máxi (c°)	29.5	28.3	26.5	26.9	28.3	27.8	28.3	28.9	29.4	29.3	30.5	29.4		28.6
T° Mínima (c°)	9.4	10.6	12.3	11.3	8.0	6.0	0.8	1.4	3.3	8.1	10.8	11.2		7.7
T° Media (c°)	19.5	19.4	19.4	19.1	18.1	16.9	14.6	15.2	16.4	18.7	20.6	20.3		18.2
Factor	4.96	4.96	4.48	4.96	4.8	4.96	4.8	4.96	4.96	4.8	4.96	4.8		
ETP (mm)	96.6	96.4	86.8	94.8	86.9	83.7	69.9	75.3	81.1	89.7	102.4	97.4	1061.0	
Precipitación (mm)	52.6	65.3	79.0	61.6	35.5	29.6	0.7	0.0	1.3	48.7	32.4	29.3	436.0	
ETP Ajust. (mm)	39.7	39.6	35.7	38.9	35.7	34.4	28.7	30.9	33.3	36.9	42.1	40.0		
H del suelo (mm)	12.9	25.7	43.3	22.7	-0.2	-4.8	-28.0	-30.9	-32.0	11.8	-9.7	-10.7		
Déficit (mm)					-0.2	-4.8	-28.0	-30.9	-32.0		-9.7	-10.7		
Exceso (mm)	12.9	25.7	43.3	22.7						11.8				

Fuente: Estación meteorológica, Estación Experimental Agraria Canaán - INIA.

Figura 2.1

Climograma de la Estación Experimental Agraria de Canaán – INIA



Fuente: Estación meteorológica, Estación Experimental Agraria Canaán - INIA

2.2.3. Análisis del suelo

Para la investigación del terreno, se recolectaron muestras mediante el método convencional, enfocándose en la capa arable con una profundidad de 20 a 30 cm. Las submuestras se fusionaron de forma uniforme para conseguir una muestra representativa de 1 kg, que fue depositada en una bolsa de polietileno correctamente rotulada. Luego, este ejemplar fue enviado al Laboratorio de Suelos, que forma parte del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería (PIPG), para su análisis, cuyos resultados se muestran a continuación.

Tabla 2.2

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	164.6	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	

Nota. Laboratorio de análisis de suelos, del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

2.3. Organización del experimento

2.3.1. Características de la instalación

Las unidades experimentales y los bloques tuvieron las siguientes características.

Parcelas

Número de parcelas	: 24
Largo	: 2.1 m
Ancho	: 4 m
Área	: 8.4 m ²
Distancia entre parcela	: 0.30 m
Numero de surcos/parcela	: 7
Distancia entre surcos	: 0.30 m

Bloques

Número de bloques	: 3
Largo	: 18.9 m
Ancho	: 4 m
Área	: 75.6 m ²
Distancia entre bloques	: 1.50 m

Campo experimental

Largo	: 18.9 m
Ancho	: 15.0 m
Área total	: 283.5 m ²

2.3.2. Croquis del campo experimental

Figura 2.2

Esquema del área de experimentación

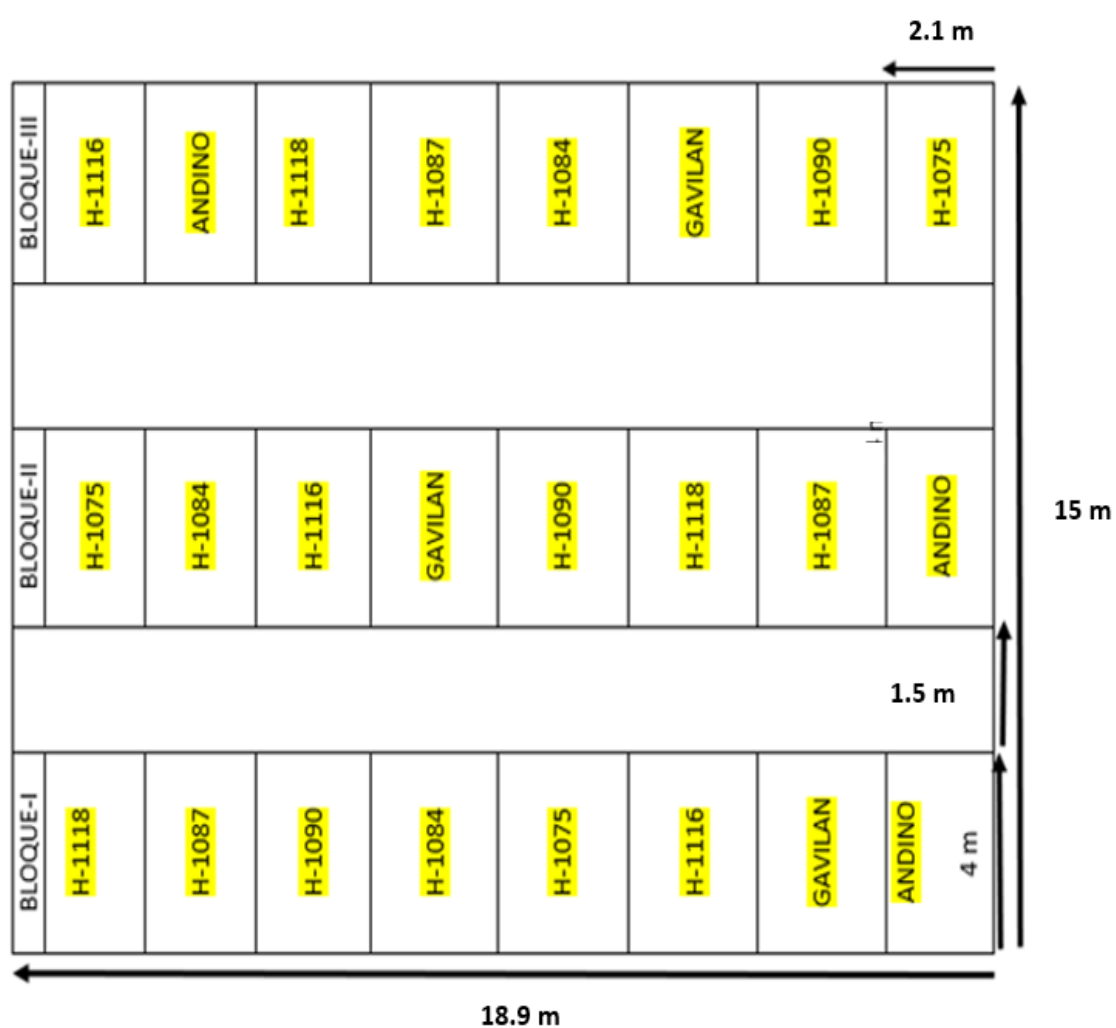
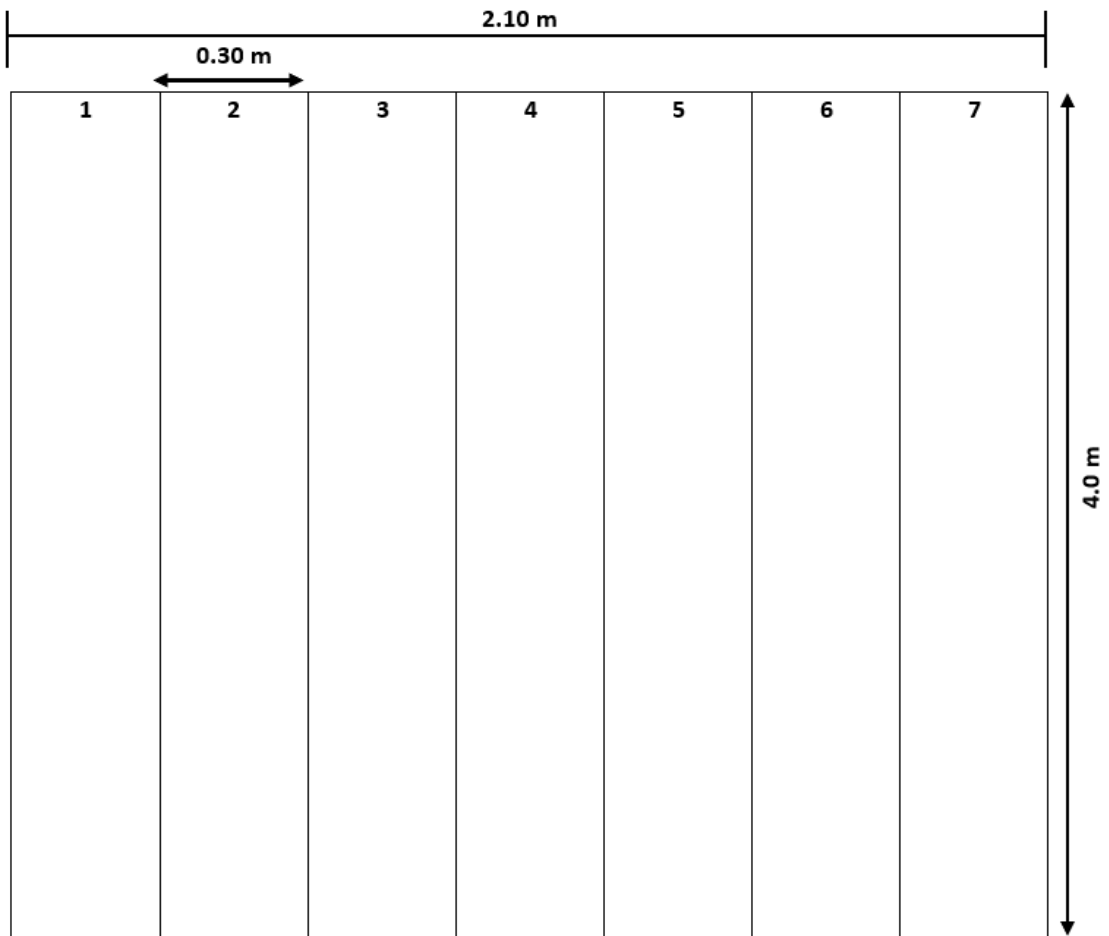


Figura 2.3

Croquis del área de experimentación



2.3.3. Aporte de nutrientes

Las parcelas experimentales fueron fertilizadas de acuerdo a la extracción del cultivo de trigo (5000 kg. de grano): 100 N – 115 P – 25 K, utilizando Urea, Fosfato Diamónico, Cloruro de Potasio y 6 sacos de Guano de Islas utilizando (12-11-2.5 de NPK). Según el reporte del análisis de suelo realizado en el Programa de Investigación en Pastos y Ganadería se incorporó las cantidades necesarias para complementar los requerimientos del cultivo.

El fraccionamiento de los niveles de nitrógeno se realizó en dos etapas:

- Primer abonamiento en la siembra: 50 % de N
- Segundo abonamiento en el macollamiento: 50 % de N

2.4. Diseño experimental

Se aplicó un Diseño de Bloque Completamente Aleatorizado (DBCA) con 8 cultivares de trigo blando y 3 repeticiones. Para los parámetros de rendimiento y calidad del grano, se realizaron análisis de varianza del modelo utilizado. Respecto a los indicadores de precocidad, se utilizaron medidas descriptivas, como el rango, para establecer el tiempo de un estado fenológico particular. Para las evaluaciones se seleccionó plantas de las unidades experimentales.

El Modelo Aditivo Lineal (M.A.L.) es: $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$

Donde:

Y_{ij} : Es una observación cualquiera del i esimo tratamiento y la j esimo repetición

μ : Promedio de las unidades experimentales.

β_j : Efecto del j esimo bloque.

T_i : Efecto de la i esimo variedad

ϵ_{ij} : Error experimental

2.5. Variables e indicadores

2.5.1. Variables independientes

Cultivares en estudio

- C1: ANDINO (Trabajado por el INIA)
- C2: GAVILAN (Trabajado por el INIA)
- C3: H-1116 (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT))
- C4: H-1118 (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT))
- C5: H-1087 (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT))
- C6: H-1084 (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT))
- C7: H-1090 (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT))
- C8: H-1075 (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT))

2.5.2. *Variables dependientes*

Componentes de rendimiento

- **Altura de planta (cm):** Se determinó al momento de la madurez para la cosecha, midiendo 10 plantas por tratamiento desde la base del cuello hasta la espiga, excluyendo las aristas.

- **Longitud de espiga (cm):** Durante la fase de madurez para la cosecha, se estableció la longitud de la espiga, evaluando 10 espigas de cada tratamiento y sus correspondientes repeticiones.

- **Número de macollos por planta (u):** Se evaluó el número de macollos por planta tomando 10 plantas de cada unidad experimental para calcular un promedio final por planta, desde el inicio del macollaje hasta el comienzo del encañado.

- **Número de espigas por metro cuadrado (u):** Se contabilizó el número de espigas por metro lineal y se extrapoló a m² según la distancia entre surcos, tomando muestras de los surcos centrales de cada unidad experimental.

- **Número de granos por espiga (u):** Se determinó a partir del estado de madurez, contando los granos por espiga en una muestra aleatoria de 10 espigas por cada unidad experimental, obteniendo un total de 240 observaciones.

- **Rendimiento por grano (kg/ha):** Se evaluó con la cosecha de cada parcela experimental, eliminando el efecto de borde.

Componentes de precocidad

- **Días hasta la emergencia de plantas:** Se registró el número de días desde la siembra hasta que emergió el 50% de las plantas en cada unidad experimental.

- **Días hasta el inicio del macollamiento:** Se consideró como fecha de inicio del macollaje la formación del tallo principal y la aparición del primer macollo, evaluando el 50% de las plantas en cada unidad experimental.

- **Días hasta la aparición de la espiga:** Se definió como fecha de espigado el momento en que se observó la primera espiguilla visible en el 50% de las espiguillas de cada unidad experimental.

- **Días hasta la formación del grano:** Se contabilizó la cantidad de días hasta llegar a la fase de grano lechoso, registrando los días que han pasado desde la siembra hasta que el 50% de las plantas han mostrado grano en desarrollo.

- **Días hasta la madurez fisiológica:** Se consideraron los días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50% de los frutos, al ser presionados con las uñas, mostraron resistencia a la penetración, evaluándose en cada unidad experimental.

Componentes calidad de grano

- **Peso hectolítrico:** Se determinó utilizando el método de la balanza Schopper, que mide el peso en gramos, y luego se convirtió a peso hectolítrico según la tabla oficial de pesos hectolítricos para cereales. Se tomó una muestra para cada tratamiento y sus respectivas repeticiones.

- **Humedad del grano:** Se midió empleando un humidímetro, tecnología utilizada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria. Se tomó una muestra por tratamiento y sus repeticiones.

- **Peso de mil semillas (g):** Se pesaron mil granos de trigo por cada unidad experimental.

2.6. Manejo agronómico del cultivo

2.6.1. Preparación del terreno

El 14 de diciembre de 2022 se realizó la preparación del terreno a través de dos pasadas de arado con discos de tractor y dos pasadas de rastra en disposición cruzada. Al mismo tiempo, se llevaron a cabo labores de mullido, eliminación de los rastrojos y nivelación de las parcelas, utilizando rastrillos y picos para estas labores adicionales.

2.6.2. Demarcación del terreno

El 20 de diciembre de 2022, se utilizó una cinta métrica, cordel y estacas para demarcar el terreno en bloques y unidades experimentales según las dimensiones especificadas.

2.6.3. Surcado

El surcado se llevó a cabo de manera manual el 22 de diciembre de 2022, utilizando picos, cordel y estacas. Los surcos se realizaron con un espaciamiento de 30 cm y una profundidad promedio de 10 centímetros.

2.6.4. Fertilización

Se implementó un programa de fertilización en dos etapas. En la primera aplicación, coincidente con la siembra, se incorporó al suelo la mitad del requerimiento de nitrógeno (N), la totalidad del fósforo (P) y potasio (K) en forma de guano de isla. Esta aplicación se realizó en el fondo del surco durante la preparación del terreno. La segunda aplicación, realizada en la fase de macollamiento, consistió en la aplicación de la mitad restante del nitrógeno en forma de urea. Esta aplicación se llevó a cabo en la base de las plantas.

2.6.5. Siembra

El 23 de diciembre de 2022 se llevó a cabo la siembra de los cultivares evaluados en surcos con una densidad homogénea de 120 kg/ha. Las semillas se depositaron en la parte inferior del surco y luego se cubrían con un rastrillo. Se estableció la densidad de siembra basándose en la densidad empírica de experiencias anteriores del asesor, teniendo en cuenta que las semillas se extrajeron del almacén del INIA-Ayacucho, con un 95% de germinación y un 99.5% de pureza física.

2.6.6. Riego

Los riegos se realizaron según las necesidades del cultivo, considerando la escasez de lluvia en diciembre y enero. Aunque el experimento se llevó a cabo bajo condiciones de lluvia, se aplicaron riegos en función de las demandas hídricas de las plantas. Se utilizó un sistema de riego por gravedad, y el primer riego se llevó a cabo el día de la siembra, el 23 de diciembre de 2022.

2.6.7. Deshierbo

Se realizaron dos deshierbos: el primero tuvo lugar el 23 de febrero de 2022, 30 días después de la siembra, y el segundo se efectuó el 23 de marzo de 2022, 60 días tras la siembra. Es crucial resaltar que se llevó a cabo una limpieza constante tanto de las calles como de las entradas de las parcelas.

2.6.8. Control fitosanitario

Durante el periodo de vegetación del cultivo, no se registraron plagas ni enfermedades de importancia económica. Estos descubrimientos señalan una significativa resistencia a la roya, la enfermedad más relevante en este cultivo.

2.6.9. Cosecha

El 6 de junio de 2023 se llevó a cabo la cosecha, cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica. Esta etapa se distinguió por la existencia de hojas y tallos marchitos de tonalidad pajizo. La cosecha ocurrió cuando los granos llegaron a la condición de "frágil al diente", con una humedad media cercana al 15%.

En el proceso de cosecha, se reconoció cada unidad experimental y se llevó a cabo la siega de los tallos a una altura de 10 a 15 cm del suelo, empleando una hoz. Posteriormente, los tallos fueron trasladados a un área limpia y plana para realizar la trilla. La trilla se realizó manualmente, golpeando los tallos para separar los granos de la paja. Se procedió a un proceso de venteo para eliminar residuos y finalmente se ensacaron los granos limpios. Los granos obtenidos de cada parcela se embolsaron y etiquetaron para el futuro cálculo del rendimiento y otros datos pertinentes. Previo a cada tratamiento, se recolectaron muestras de plantas del surco central para valorar los elementos de rendimiento, conforme a los parámetros definidos en el protocolo de evaluación del cultivo.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Componentes de rendimiento

3.1.1. Altura de planta

En el análisis de variancia para la altura de planta, que se presenta en la Tabla 3.1, se encontró diferencias altamente significativas entre los cultivares en estudio; esto nos indica que hay diferencia entre los cultivares respecto a la altura de planta. El coeficiente de variación resulta 4.46, esto señala una excelente exactitud del experimento y fiabilidad de los resultados logrados.

Tabla 3.1

Análisis de variancia de la altura de planta de ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm

F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Bloque	2	57.50	28.75	1.89	0.1875ns
Cultivar	7	581.86	83.123	5.47	0.0034**
Error	14	212.80	15.20		
Total	23	852.16			

CV (%) = 4.46

**·: Si $0.001 \leq p < 0.01$, se considera altamente significativo

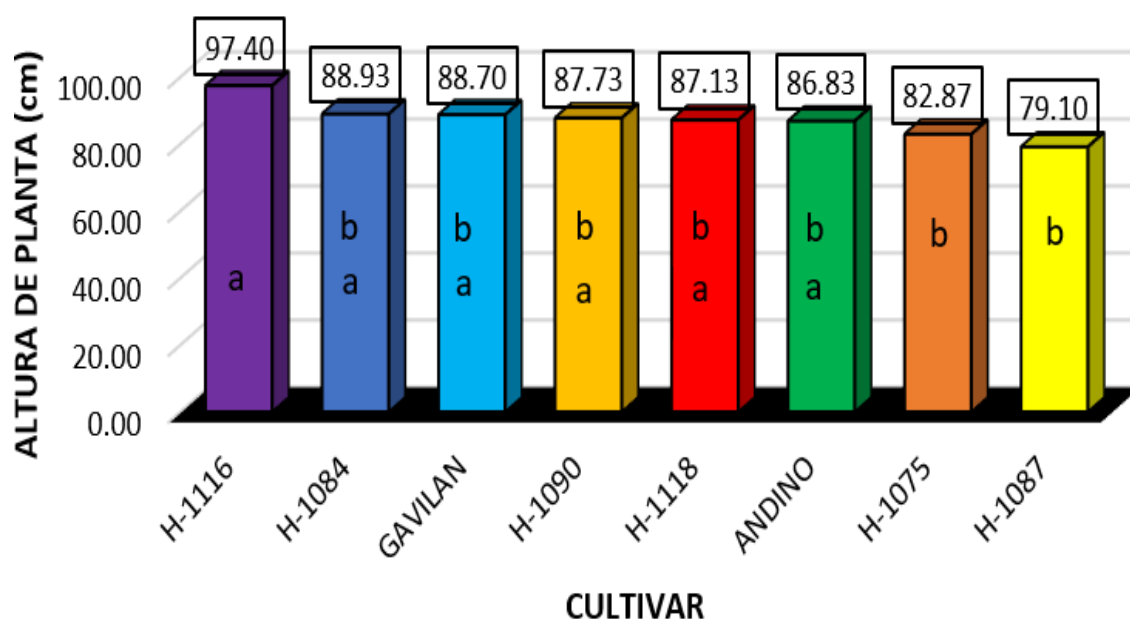
*·: Si $0.01 \leq p < 0.05$, se considera significativo

ns: Si $p > 0.05$, se considera no significativo

Al realizar la Prueba de Tukey, el mismo que se presenta en la Figura 3.1, 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 3.1

Análisis de Tukey de la altura de planta (cm) de ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm



Contreras (2004) En el presente estudio, se observó una variabilidad significativa en la altura de las plantas, con valores que oscilaron entre 85 y 61 cm. Esta variación se atribuye a la interacción compleja entre los genotipos de las diferentes variedades y las condiciones ambientales. Los factores climáticos, incluyendo la temperatura, la precipitación y la disponibilidad de nutrientes, junto con la influencia de factores bióticos, juegan un papel crucial en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas. Los resultados sugieren que la altura de las plantas alcanzó un valor superior en este estudio, lo que se relaciona con la influencia combinada de las condiciones ambientales y los genotipos evaluados.

Por otro lado Solier (2009) resalta que los cultivares Gavilán y Chil/ALD/PVN (LH-196) exhiben una altura media superior (63 cm). Sin embargo, en la realidad, esta diferencia no es tan notable, y se considera que los tres genotipos son trigos de porte bajo, aptos para recibir grandes cantidades de fertilización, particularmente nitrogenada, gracias a sus entrenudos cortos y robustos. Los hallazgos de esta investigación confirman el impacto considerable del factor genotipo en la altura de la planta.

Contreras (2004) En una investigación comparativa de cinco variedades de trigo harinero en Canaan a 2750 metros de altitud, se informó 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 plantados en periodos de fechas distintas.

Contreras (2004) señala que el trigo logra su crecimiento máximo durante la etapa de espigado, y la altura de la planta se determina al concluir dicha etapa. En la localidad de San José de Mutuy, se consideran tardías las variedades evaluadas a causa de la temperatura, lo que podría explicar la mayor altura general de los genotipos en este estudio.

3.1.2. Longitud de espiga

El análisis de varianza de la longitud de espiga (Tabla 3.2) muestra que hay variabilidad altamente significativos (valor $p < 0.01$) respecto a los cultivares, lo que sugiere que al menos uno de los cultivares tiene un efecto distinto. Se encontró un coeficiente de variación del 4.46% para esta variable, dando a los resultados una precisión y confiabilidad excelentes.

Tabla 3.2

Análisis de variancia de la longitud de espiga, (cm.) de ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm

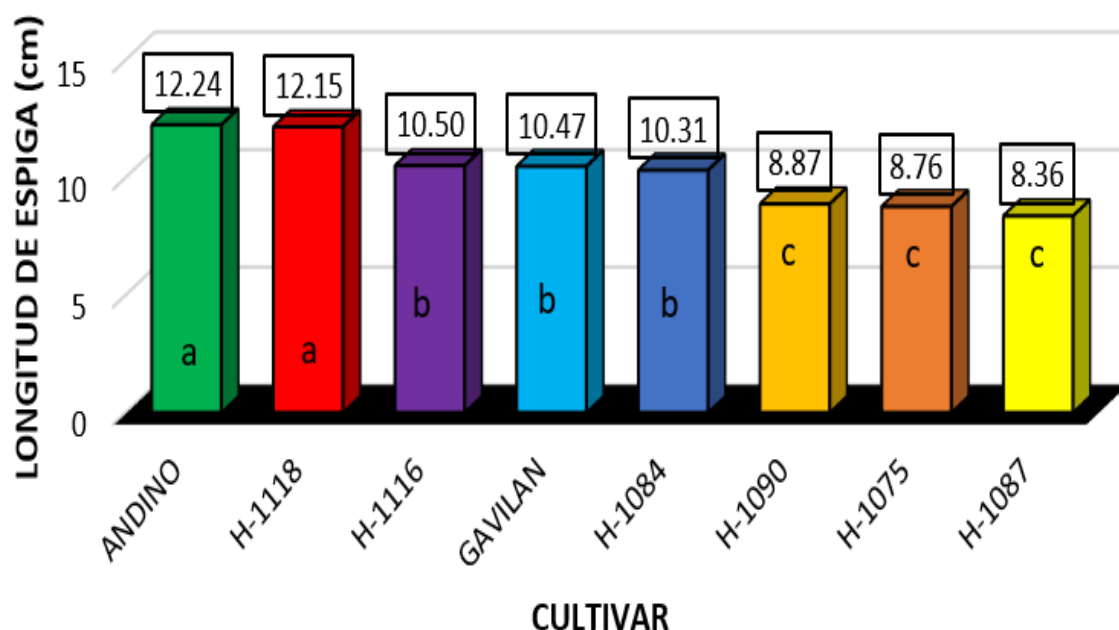
F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Bloque	2	0.12	0.06	0.27	0.7679 ns
Cultivar	7	46.09	6.58428571	30.18	<0.0001**
Error	14	3.05	0.22		
Total	23	49.26			

CV (%) = 4.46

Según la prueba de Tukey de la Figura 3.2., 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 3.2

*Análisis de Tukey sobre la longitud de espiga (cm) de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm*



Solier (2009) destaca la longitud de espiga como una variable crucial asociada al rendimiento, y atribuye la variación genética observada al efecto varietal. La Línea Chil/ALD/PVN presenta la mayor longitud de espiga (10.29 cm), superando estadísticamente a las variedades INIA y Gavilán (9.04 y 9.07 cm, respectivamente). En el presente estudio, se ha encontrado una longitud de espiga de 12.24 cm para la variedad Andino, lo que sugiere una mayor capacidad de rendimiento potencial en comparación con las variedades estudiadas por Solier.

Ogosi (2004) en una investigación llevada a cabo en Canaán con 5 líneas de trigo mostró que tanto la Línea Rinia como la variedad Gavilán exhiben las longitudes de espiga más elevadas, con 10.33 cm y 8.90 cm, respectivamente. Estos resultados sugieren que ambas variedades poseen características asociadas a altos rendimientos.

De La Cruz (1992), El estudio estadístico mostró variaciones de gran importancia en la longitud de la espiga respecto a las técnicas de abonado y la interacción primordial entre la variedad y la densidad de cultivo. El estudio de Tukey sobre los niveles de fertilización señala que tanto la fertilización como la densidad de siembra influyen de manera notable en la longitud de la espiga.

3.1.3. Número de macollos por planta

En el análisis de varianza del número de macollos por planta (Tabla 3.3), muestra resultados altamente significativos ($p\text{-valor} < 0.01$) de los tratamientos; por lo tanto, podemos decir que algunos cultivares tuvieron efecto diferenciado en la respuesta al número de macollos por planta. Para este variable se encontró coeficiente de variación 8.91%, lo cual nos confiere alta precisión, confiabilidad de los resultados y como consecuencia, la media es representativa.

Tabla 3.3

*Análisis de variancia de número de macollos por planta. de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm*

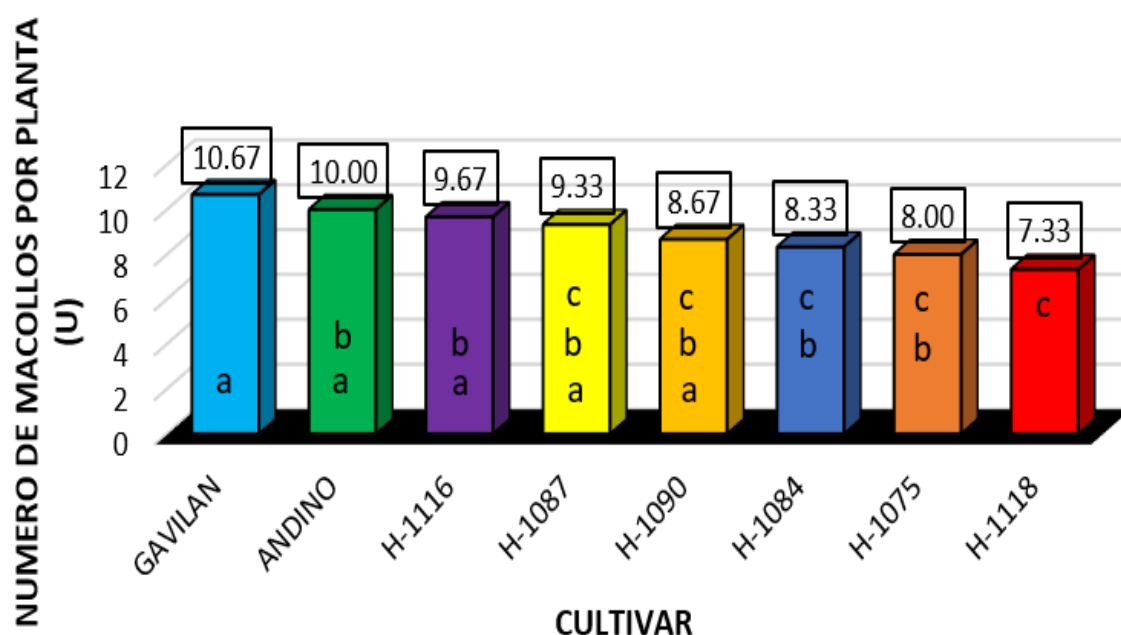
F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Bloque	2	1	0.5	0.78	0.4783 ns
Cultivar	7	26	3.71	5.78	0.0027 **
Error	14	9	0.64		
Total	23	36			

CV (%) = 8.91

En la comparación de medias de los cultivares en el número de macollos por planta Figura 3.3, se observa que el cultivar Gavilán tiene una ventaja estadística con un valor de (10.67) macollos por planta 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.

Figura 3.3

*Análisis de Tukey del número de macollos por planta en ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm*



Muñoz (2018), en su tesis, analiza el número de macollos por planta y concluye que el potencial de macollaje de las variedades se vio afectado por las condiciones meteorológicas adversas. Un periodo de dos semanas con lluvias intensas (153 mm de precipitación acumulada) provocó la saturación del suelo por exceso de agua. Posteriormente, la ausencia de lluvia y la sequía resultaron en un encostramiento del suelo. El suelo encostrado tiene dos consecuencias negativas para el trigo: reduce la disponibilidad de agua, lo que puede afectar la productividad, y crea una resistencia mecánica al desarrollo de raíces, lo que limita el macollaje.

Maldonado (2004) destaca la importancia del equilibrio entre las fases de agua, suelo y aire para un desarrollo óptimo de las raíces y la planta en general. La alteración de este equilibrio puede tener consecuencias negativas. Por ejemplo, un suelo inundado carece de aire, lo que afecta la respiración de las raíces. Por otro lado, un suelo seco presenta una falta de agua, causando estrés hídrico. Ambas situaciones son perjudiciales para el crecimiento y desarrollo de la planta.

3.1.4. Número de espigas por metro cuadrado

En el análisis de varianza del número de espigas por metro cuadrado (Tabla 3.4), nos muestra resultados altamente significativos ($p\text{-valor} < 0.01$) de los tratamientos; por lo tanto, podemos decir que los cultivares tuvieron efecto diferenciado en la respuesta al número de espigas por metro cuadrado. Su análisis se muestra bajo la prueba de contraste Tukey. Para esta variable se encontró el coeficiente de variación 10.57 %, que indica una precisión en los resultados, esto por la interacción del ambiente.

Tabla 3.4

*Análisis de variancia del número de espigas por metro cuadrado de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm*

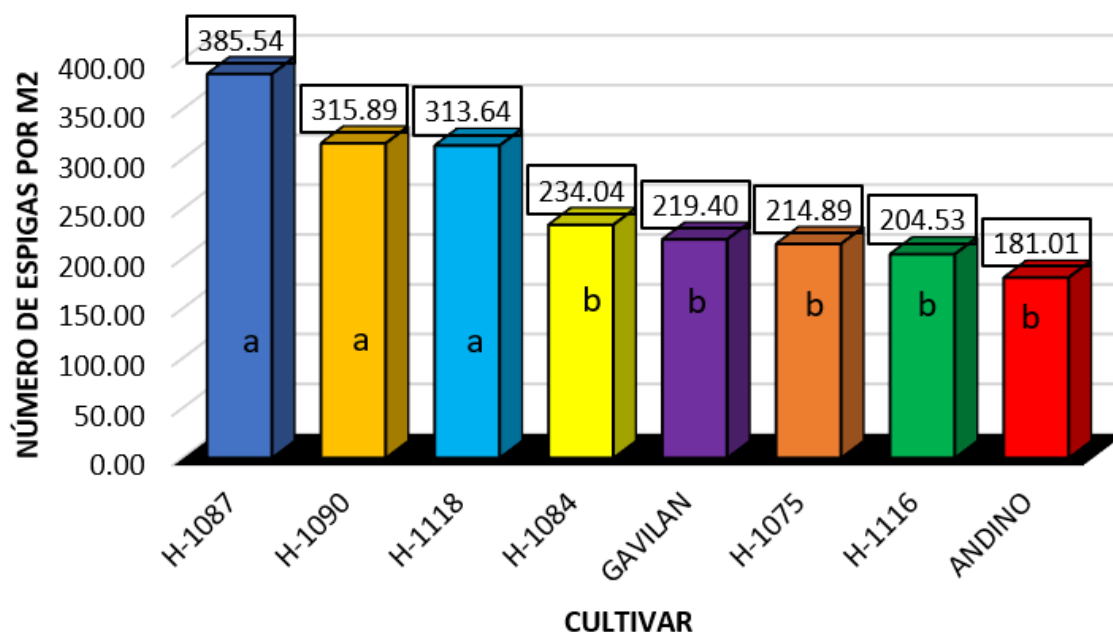
F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Bloque	2	2267.36	1133.68	1.52	0.2534 ns
Cultivar	7	106257.08	15179.58	20.31	<0.0001 **
Error	14	10465.53	747.54		
Total	23	118989.98			

CV (%) = 10.57

En la comparación de medias de los cultivares del número de espigas por metro cuadrado Figura 3.4, se observa a los cultivares H-1087, H-1090 y H-1118 muestra 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 éstos tanto numérico 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 3.4

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



Muñoz (2018), En el análisis de la densidad de espigas por metro cuadrado, realizado mediante la prueba de Tukey, se identificaron diferencias significativas entre las variedades evaluadas. Las variedades Nazareno y Andino mostraron un mayor número de espigas por metro cuadrado, superando estadísticamente a las demás variedades. Ambas variedades alcanzaron valores de 457.5 y 447.0, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellas. Estos valores son superiores a los obtenidos en el presente experimento, lo que sugiere que las variedades Nazareno y Andino presentan un potencial productivo superior en términos de densidad de espigas.

Bragach & Mendez (2004) La densidad de siembra del trigo es un factor crucial que se ve influenciado por una serie de variables interrelacionadas. Incluyen aspectos como la variedad, el día de siembra, el cultivo anterior, la presencia de agua, la fertilidad del suelo (principalmente el nitrógeno), el método de siembra, el peso de 1000 semillas y la capacidad germinativa. En el ejercicio, se aplica una densidad empírica de siembra de 120 kg/ha. Con una tasa de germinación del 95% y un peso de 1000 semillas que varía entre 38 y 40 g, se alcanza un 80% de emergencia en el campo, lo que se traduce en cerca de 234 plantas por metro cuadrado. Se considera que esta densidad es ideal para alcanzar rendimientos de 400 a 500 espigas en condiciones de secano y de 600 espigas bajo riego.

Rodriguez & Diciocco (1996) En un estudio llevado a cabo en las pampas argentinas, se comparó el impacto del abonamiento químico y biológico (con *Azospirillum*) en variedades locales de trigo. Los resultados revelaron una respuesta significativa al abonamiento nitrogenado, con un promedio de 410 espigas por m² para el tratamiento químico, en contraste con solo 250 espigas por m² para el tratamiento biológico. Estos hallazgos subrayan la importancia del abonamiento nitrogenado en el número de espigas por m², una variable fundamental para el rendimiento del cultivo.

Sulca (2009) , Los regímenes de fertilización nitrogenada de 60-60-60 (180 N) y 40-50-50 (140 N), aplicados en la siembra, macollamiento e inicio de elongación de tallos, mostraron los mejores resultados en términos de número de espigas por m², con valores de 568 y 542 espigas/m², respectivamente.

3.1.5. Número de granos por espiga

En el análisis de varianza del número de granos por espiga (Tabla 3.5), se observó que no hubo diferencias significativas entre los cultivares estudiadas. Este resultado indica que no existe una correlación en la cantidad de granos por espiga entre los distintos genotipos. Se reportó un coeficiente de variación del 7.23 %, lo que indica que los datos son relativamente homogéneos; por lo tanto, la media es considerada representativa.

Tabla 3.5

*Análisis de variancia del número de granos por espiga de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm*

F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Bloque	2	72.99	36.50	1.87	0.1908 ns
Cultivar	7	96.01	13.7157143	0.70	0.6706 ns
Error	14	273.42	19.53		
Total	23	442.42			

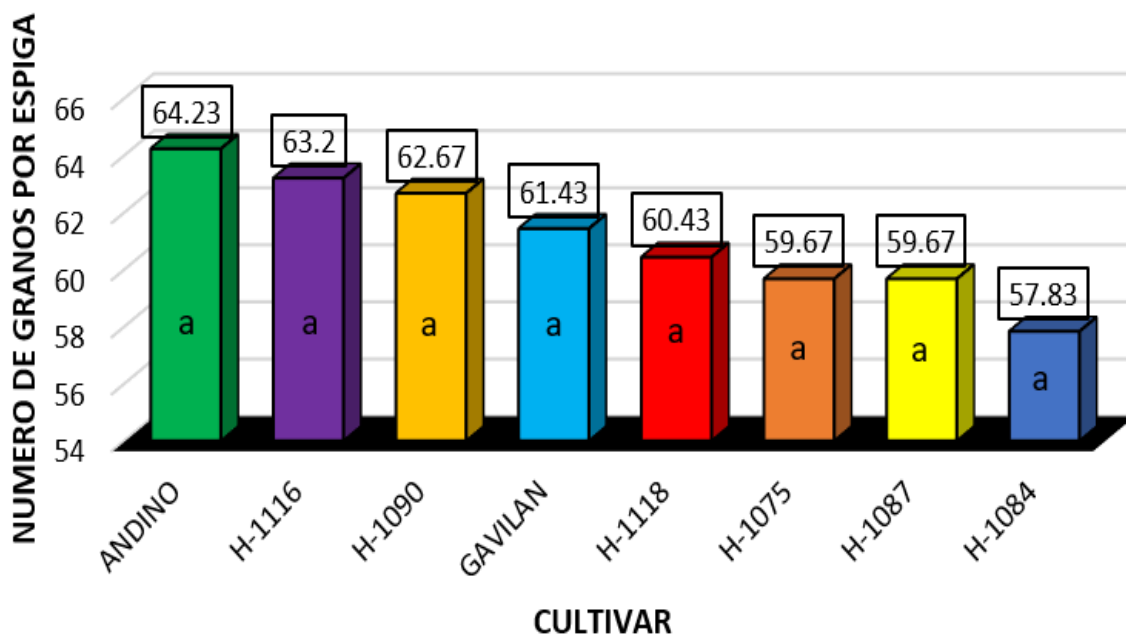
CV (%) = 7.23

La Figura 3.5, 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. Este

resultado demuestra la eficacia del procedimiento de mejora genética en estas variedades, demostrando su potencial productivo.

Figura 3.5

*Análisis de Tukey del número de granos por espiga en ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm*



Solier (2009), El estudio del número de granos por espiga mostró que la línea Chil/ALD/PVN registró la cantidad más alta de granos por espiga (38 granos/espiga), superando estadísticamente a los cultivares Gavilán y Rinia, que llegaron a un valor de 34 granos/espiga. Si bien en el presente estudio se observaron valores mayores de granos por espiga, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares, solo una diferencia numérica, como se muestra en la figura 3.5.

3.1.6. Rendimiento por hectárea

En el análisis de varianza de rendimiento por hectárea Tabla 3.6, nos muestra resultados significativos de los tratamientos; por lo tanto, podemos decir que los cultivares tuvieron efecto diferenciado en la respuesta al rendimiento por hectárea. El rendimiento en cualquier cultivo es el factor de mayor relevancia, se sabe que este se refiere a la productividad del grano. Se registró un coeficiente de variación del 10.62 % para esta variable, lo que señala una exactitud en los resultados.

Tabla 3.6

Análisis de variancia del rendimiento por hectárea de ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm

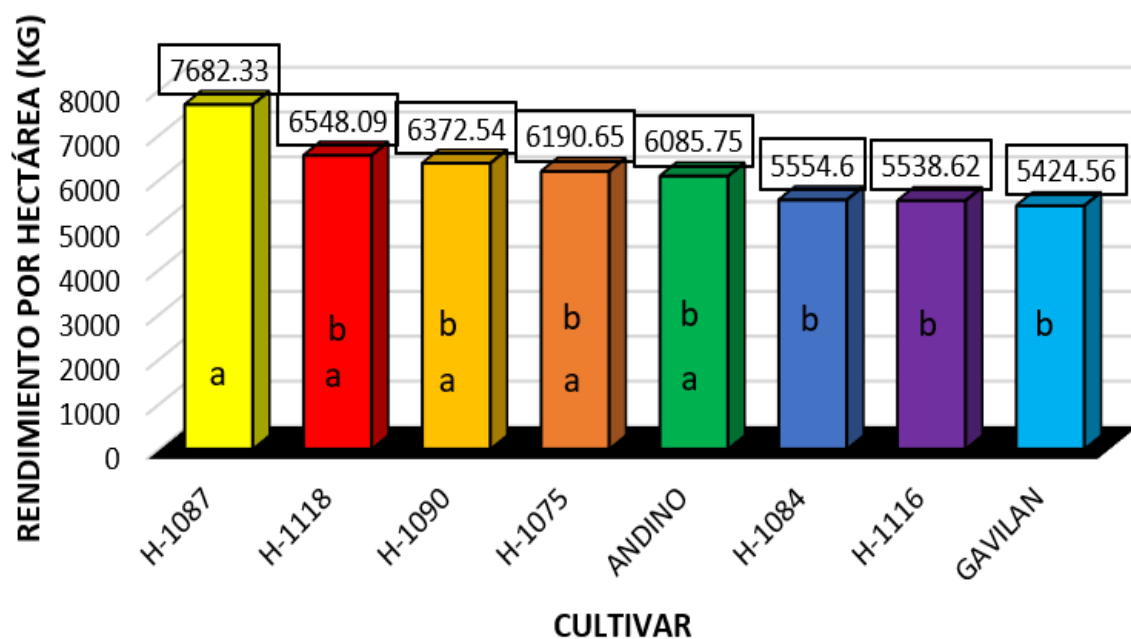
F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Bloque	2	438595.81	219297.90	0.51	0.611 ns
Cultivar	7	11434523.28	1633503.33	3.80	0.016 *
Error	14	6014974.82	429641.06		
Total	23	17888093.9			

CV (%) = 10.62

En la prueba Tukey de los cultivares en el rendimiento por hectárea Figura 3.6, se observa valores mayores para el cultivar H-1087 (7682.33 kg), el cual presenta diferencia numérica respecto al cultivar H-1118, H-1090, H-1075, 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 3.6

Análisis de Tukey del rendimiento por hectárea de ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm



Sulca (2009) En un estudio realizado en Canaán, se obtuvo un rendimiento de 5000 kg/ha para la variedad Nazareno de trigo, utilizando un régimen de fertilización

nitrogenada de 40 – 50 -50 en tres aplicaciones: a la siembra, pleno macollaje y elongación de tallo. Los resultados del presente experimento también muestran rendimientos similares, lo que sugiere que este régimen de fertilización es efectivo para obtener altos rendimientos en la variedad Nazareno.

Pohelman (1976) El rendimiento del trigo es el resultado de la interacción compleja entre factores ecológicos y genéticos. La capacidad intrínseca de rendimiento se refleja en características morfológicas como el macollaje, el tamaño y la densidad de la espiga, el número de granos por espiguilla y el tamaño del grano. Sin embargo, estas características no actúan de forma aislada, sino que interactúan para determinar el rendimiento final. Tres variables clave influyen en el rendimiento: la cantidad de espigas por área, la cantidad de granos por espiga y el peso medio por grano.

Estudios previos, como los de Prats & Clemment (1960), han demostrado que la evapotranspiración potencial juega un papel crucial en la fertilidad de las flores, afectando directamente el número de granos que se desarrollan en la espiguilla. Un alto nivel de evapotranspiración puede debilitar la fotosíntesis en las hojas superiores y la espiga, lo que lleva a una reducción en el peso de los granos y, en consecuencia, en el rendimiento general.

Martinez (2012) en un estudio realizado sobre el rendimiento y la calidad del grano de cinco cultivares de trigo (Gavilán, San Isidro, Centenario, Andino y Nazareno) a 2750 m.s.n.m. en tres densidades de siembra, se reportaron rendimientos de 4138.2, 4028.3, 3715.8, 3704.9 y 3105.4 kg/ha, respectivamente. Los resultados del presente experimento indican que los rendimientos de grano obtenidos son superiores.

Centeno (2015) encontró que la línea 944 superó de manera estadística a todas las otras variedades analizadas, logrando un desempeño de 6633.0 kg. ha⁻¹. La variedad Gavilán, la variedad 906 y la variedad 946 registraron rendimientos de 6058.6, 5955.3 y 5669.6 kg. ha⁻¹, respectivamente, ubicándose en segundo lugar. Los resultados de este experimento presentan similitudes, lo que sugiere una tendencia similar en el rendimiento de las variedades de trigo evaluadas.

3.2. Componentes de precocidad

Para evaluar las fases fenológicas de la precocidad del trigo, se empleó la cantidad de días tras la siembra (nlds) desde el momento de la emergencia hasta la cosecha. Se utilizó la estadística descriptiva del rango para establecer el valor de cada etapa, ya que su comienzo y término 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 3.7

Variables de precocidad (dds) de ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm

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

3.2.1. Días a la emergencia de plantas

La emergencia se produjo entre 8 y 10 días después de la siembra, como se indica en la Tabla 3.7. Esta fase fue resultado del riego aplicado tras la siembra. En cereales como el trigo y la cebada, la emergencia se completa generalmente a los 10 días después de la siembra, siempre que se disponga de un riego adecuado. (Gomez, 2004).

3.2.2. Días inicio de macollamiento y pleno macollamiento

El inicio y el máximo macollamiento ocurrieron entre 20 y 42 días después de la siembra, según se muestra en la Tabla 3.7, salvo en el caso de los cultivares Andino y H-1084, que presentaron estas fases a los 18 y 35 días, respectivamente.

3.2.3. *Días aparición de la espiga y pleno espigamiento*

El inicio y pleno espigamiento ocurrió entre los 55 a 65 días después de la siembra como se muestra en la Tabla 3.7, no encontrándose diferencia de días entre los cultivares evaluados.

3.2.4. *Días de formación del grano*

La formación de granos comienza, en términos generales, alrededor de los 90 días y concluye a los 105 días después de la siembra, como se detalla en la Tabla 3.7.

3.2.5. *Días a la madurez fisiológica*

El comienzo de la madurez fisiológica, que es la condición en la que la semilla está en estado pastoso, ocurre a los 105 días, con los cultivares Gavilán y H-1084 en los demás cultivares inicia a los 108 días después de la siembra y termina a los 125 días como se muestra en la Tabla 3.7.

3.2.6. *Días a la madurez de cosecha*

La madurez de cosecha se presentó para todos los cultivares a los 140 días después de la siembra como se muestra en la Tabla 3.7.

Muñoz (2018) 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.

La escala de Zadoks et al. (1974) En la primera semana tras la fecundación, ocurre el cuaje, que se distingue por una actividad elevada de división celular y un crecimiento restringido del grano. Al culminar esta fase, se determina el número de granos por metro cuadrado, marcando el cierre del periodo crítico para el rendimiento. En este experimento, este evento ocurrió 10 días después de la antesis.

Luego, se inicia el desarrollo del grano, con la acumulación de almidón y proteínas, hasta llegar a una condición de humedad cercana al 35-40%, lo que indica el término de su crecimiento (madurez fisiológica) y establece el peso de los granos. Una vez que se ha llegado a la madurez fisiológica, los procesos se categorizan en la escala de 7.0 a 7.9 y de 8.0 a 8.9, con decimales que oscilan entre 0.1 y 0.9. La escala 9.0 marca la etapa de madurez del grano, cuando empieza el proceso de secado, mientras que en la escala 9.2 se considera que el grano está preparado para la cosecha.

De La Cruz (1992) En una investigación llevada a cabo en Canaán a 2750 msnm, no detectó variaciones estadísticas relevantes en la cantidad de días que separan el macollamiento, el encañado, el embuche, el espigado y la madurez. Adicionalmente, el estudio de varianza para el parámetro de hinchamiento de vaina o embuche no evidenció diferencias estadísticas relevantes. En promedio, se llegó a la madurez fisiológica a los 102 días tras la siembra. Estos resultados concuerdan con el trabajo actual, lo cual indica una analogía en el comportamiento fenológico de las variedades de trigo examinadas en ambas investigaciones.

Contreras (2004) En un estudio realizado sobre la evaluación de cinco variedades de trigo harinero, observó que la madurez de cosecha se alcanzó a los 123 días para las variedades Rinia y Gavilán. La variedad Taray, por otro lado, se comportó como tardía, alcanzando la madurez de cosecha a los 140 días. Estas diferencias en las fechas de cosecha se atribuyen principalmente a la variabilidad genética entre los genotipos evaluados. Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con las primeras variedades en precocidad, lo que sugiere una tendencia similar en el comportamiento de las variedades de trigo evaluadas.

3.3. Componentes de calidad de grano

3.3.1. *Peso hectolítrico*

En el análisis de varianza del peso hectolítrico Tabla 3.8, muestra resultados altamente significativos ($p\text{-valor} < 0.01$) de los tratamientos; por lo tanto, podemos decir que los cultivares tuvieron diferencia estadística en la respuesta al peso hectolítrico. Para este variable se encontró un coeficiente de variación 2.41%, que indica una precisión en los resultados.

Tabla 3.8

Análisis de variancia del peso hectolítrico de ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm

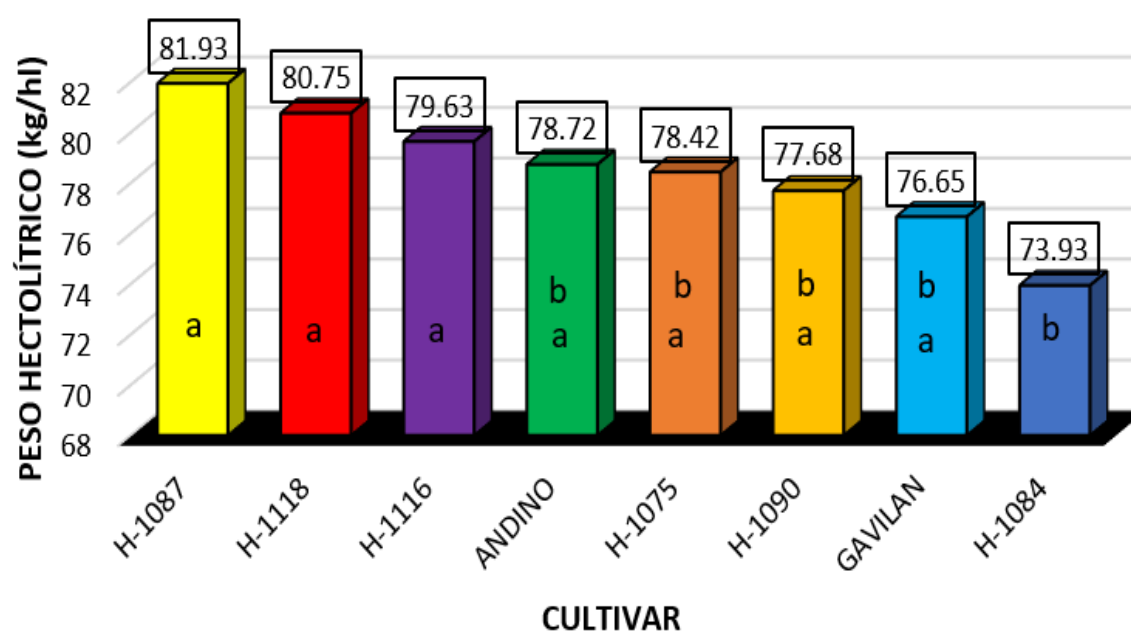
F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Bloque	2	28.23	14.11	3.94	0.0438*
Cultivar	7	129.37	18.4814286	5.16	0.0045**
Error	14	50.10	3.58		
Total	23	207.70			

CV (%) = 2.41

En la prueba de Tukey de los cultivares del peso hectolítrico Figura 3.7, 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 3.7

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



Campillo & Jobet (2005), en investigaciones anteriores llevadas a cabo en el sur de Chile con un cultivar de trigo de alto rendimiento (*Triticum aestivum* L), se notó un incremento en el peso hectolítrico del trigo en relación con la aplicación de dosis elevadas de nitrógeno (200-250 kg N.ha⁻¹), divididas en cuatro aplicaciones. No obstante, no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre estas dosis, registrándose valores de 80.5 kg/hl y 80.1 kg/hl.

Este experimento, llevado a cabo en la Estación Experimental Agraria de Canaán, mostró resultados parecidos en el peso hectolítrico de las variedades analizadas, lo que indica una adecuada adaptación de los genotipos introducidos y una elevada calidad de los granos de trigo. El cultivar H-1087 sobresale por encima de los demás cultivares evaluados.

Noriega (1995) señala que el peso hectolítrico es un indicador del peso específico del trigo, lo que refleja su calidad. Además, este peso varía entre diferentes genotipos.

ICARDA (1988), sostiene que la evaluación del peso hectolítrico es un elemento crucial para determinar la calidad total del grano, además de calcular el espacio que los granos ocuparán durante su almacenaje y el traslado.

Dendy (2004), señala que uno de los indicadores más habituales para evaluar la calidad de trigo es el peso hectolítrico, en el ámbito de la comercialización. Este parámetro se relaciona con la cantidad de harina que se puede obtener por unidad de peso de trigo. Sin embargo, su confiabilidad puede verse comprometida, ya que depende de factores externos como la densidad de envasado del grano, su tamaño y forma, la superficie del grano, así como la presencia de impurezas, humedad y enfermedades. Además, la densidad de envasado puede ser influenciada por vibraciones en el laboratorio, variaciones en el manejo y el tipo de equipo empleado para contener el volumen.

3.3.2. Humedad del grano

En el análisis de varianza de la humedad del grano (Tabla 3.9), nos muestra resultados significativos ($0.01 > p\text{-valor} < 0.05$) de los cultivares respecto a la humedad del grano; por lo tanto, podemos decir que los cultivares tuvieron efecto diferenciado en

la respuesta a la humedad de grano. Se reporta un coeficiente de variación de 7.93%, lo que significa que los datos son relativamente homogéneos.

Tabla 3.9

Análisis de variancia de la humedad de grano de ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm

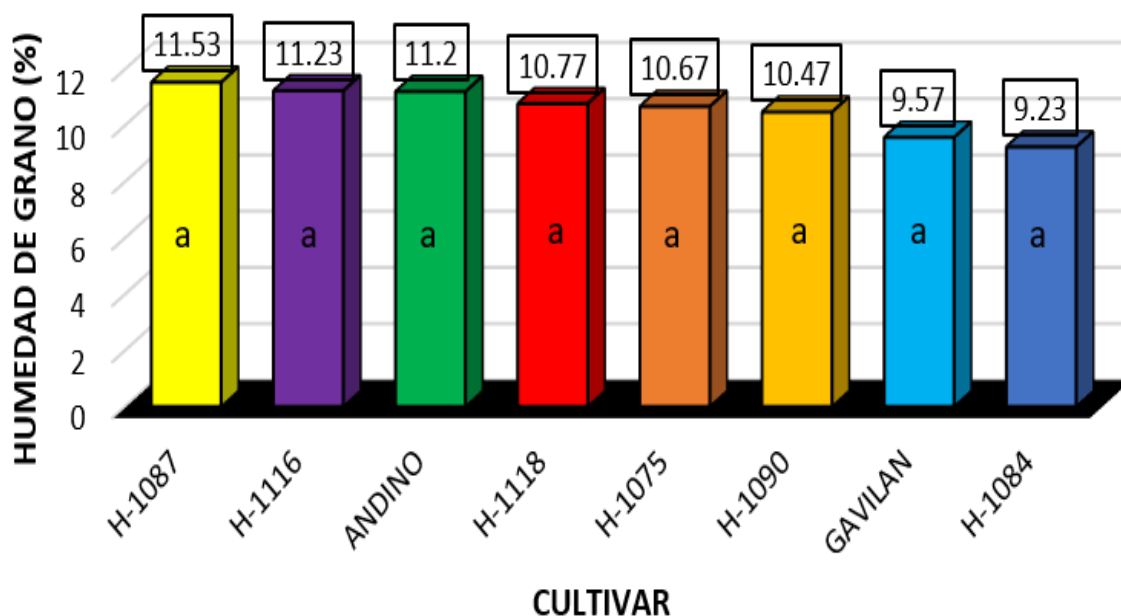
F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Bloque	2	0.73	0.36	0.52	0.6082 ns
Cultivar	7	13.85	1.97857143	2.81	0.05 ns
Error	14	9.86	0.70		
Total	23	24.43			

CV (%) = 7.93

La Figura 3.8 indica humedad del grano a la prueba de Tukey, donde las variedades H-1087, H-1116 y Andino son las de mayor humedad, aunque no existe una diferencia estadística en comparación con los demás cultivares solo se observa diferencia numérica.

Figura 3.8

Análisis de Tukey de la humedad del grano en ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.) cultivados en Canaán, a 2735 msnm



De acuerdo con Dendy (2004), tanto la humedad del grano como su desarrollo durante su crecimiento ejercen un impacto considerable en el peso por hectolítrico.

El porcentaje de humedad en el grano de trigo es un factor crucial para determinar las condiciones óptimas de almacenamiento. Valores superiores al 13% pueden favorecer la infestación por hongos, mientras que un grano demasiado seco puede ser propenso a la rotura y dificultar su acondicionamiento para la molienda. Para obtener un buen rendimiento y un almacenamiento adecuado, la harina debe tener un contenido de humedad entre el 13% y el 14% (Ysabel et al., 2018).

3.3.3. *Peso de mil semillas*

En el análisis de varianza del peso de 1000 semillas Tabla 3.10, nos muestra resultados altamente significativos (p -valor < 0.01) de los tratamientos; por lo tanto, podemos decir que los cultivares tuvieron efecto diferenciado en la respuesta al peso de 1000 semillas, esto nos permite discriminar cultivares de alto, bajo o intermedio potencial de densidad de grano. Para esta variable se encontró coeficiente de variación 4.03 %, que indica una precisión en los resultados, y que el peso de 1000 semillas entre cultivares es diferenciado.

Tabla 3.10

Análisis de variancia del peso de 1000 semillas (g) de ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm

F.V.	GL	SC	CM	F	P-Valor
Bloque	2	14.55	7.28	2.05	0.1652 ns
Cultivar	7	718.46	102.637143	28.96	<0.0001 **
Error	14	49.62	3.54		
Total	23	782.64			

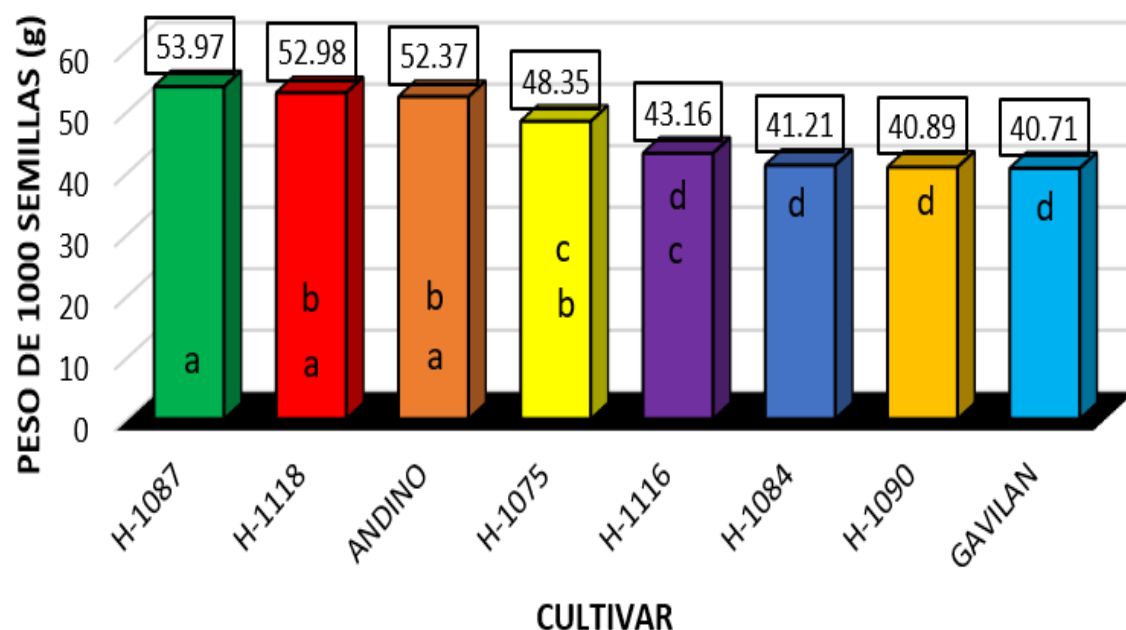
CV (%) = 4.03

En la comparación de medias de los cultivares del peso de 1000 semillas Figura 3.9, 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. 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 3.9

*Análisis de Tukey del peso de 1000 semillas (g) de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) cultivados en Canaán, a 2735 msnm*



Martínez (2012) señala que el peso de 1000 semillas es un factor crucial para estimar el rendimiento potencial de un cultivo y también facilita el cálculo de la densidad de siembra adecuada para una localidad específica. Según sus resultados, las variedades Nazareno y Gavilán exhiben un peso promedio de 1000 semillas que oscila entre 40.8 g y 41.7 g.

Noriega (1995) indica que para las variedades Andino-INIA y Gavilán, el peso de 1000 granos fue de 43.33 g y 40.50 g, respectivamente. En contraste, Sulca (2009) encontró un promedio de 42 g para la variedad Nazareno en esta misma variable, que supera la característica del grano reportada en el Boletín Técnico del INIA, que es de 41.9 g. Esto sugiere que un adecuado manejo de la fertilización nitrogenada tiene un impacto positivo en este aspecto. En el presente experimento, los cultivares evaluados presentaron un peso de 1000 semillas en un rango de 53.97 g a 40.71 g, resultados que son similares a los reportados por los autores mencionados.

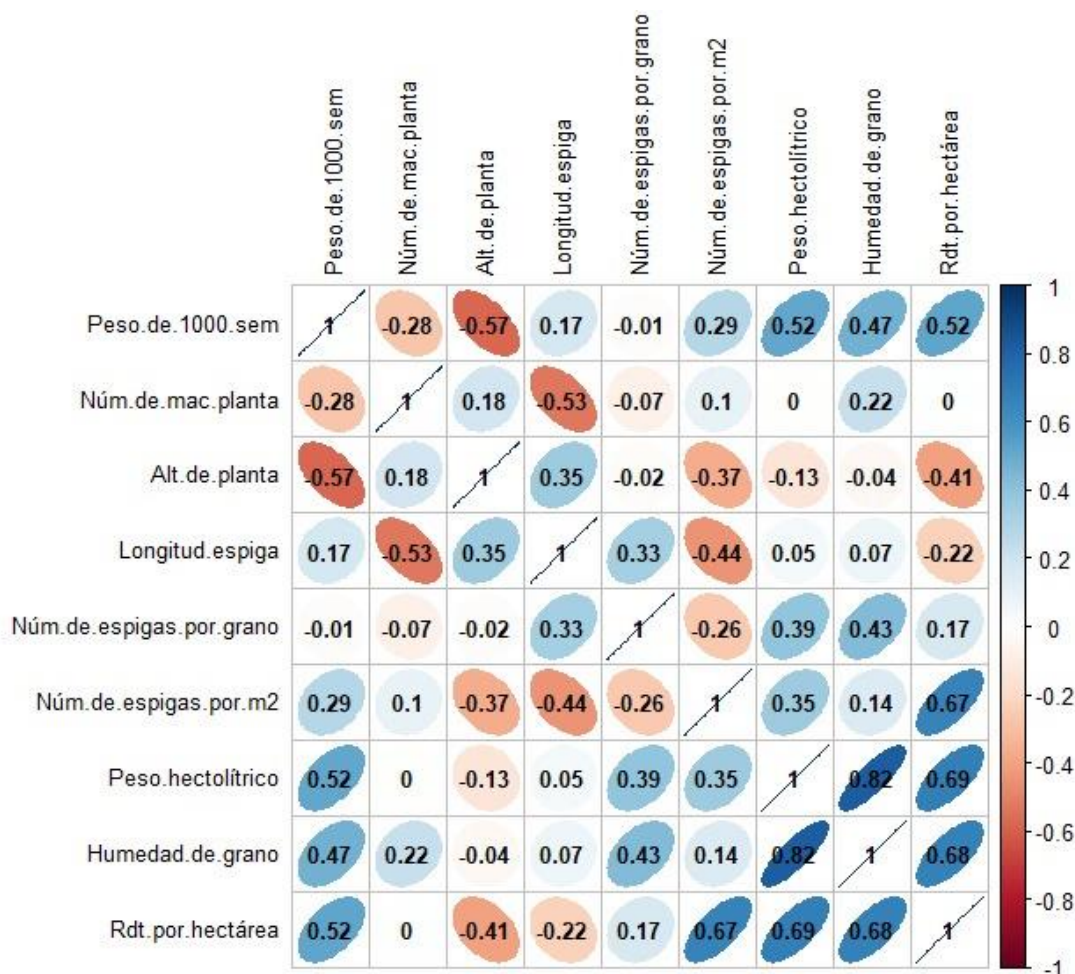
La densidad del trigo es un factor crucial, influenciado por diversos elementos como la variedad, el ciclo de cultivo, la fecha de siembra, el cultivo antecesor, la disponibilidad de agua, la fertilidad del suelo, el método de siembra, el peso de 1000 granos y el poder germinativo. Sin embargo, como regla general, se emplea un promedio de 120 kg/ha. Con un poder germinativo del 95% y un peso de 1000 semillas de entre 38 y 40 gramos, se logra un porcentaje de emergencia del 80% en el campo. (Bragach & Mendez, 2004).

3.4. Correlación de las variables

En la figura 3.10, se muestra correlación de las variables evaluadas Peso de 1000 semillas N° macollos /planta, Altura de planta, Longitud espiga, N° de granos/espiga, N° espigas/m², Peso Hectolitrico kg/hl, Humedad de grano %, Rendimiento (ha).

Figura 3.10

Correlación entre las variables evaluadas de ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.) cultivados en Canaán, a 2735 msnm



En la figura 3.10 se muestra una correlación alta y positiva entre el rendimiento con los variables, humedad de grano, número de espigas por m² y peso Hectolítrico con 0.68, 0.69, y 0.67 respectivamente, lo cual significa que los variables humedad de grano, número de espigas por m² y peso Hectolítrico influye en el rendimiento.

Asimismo, se observa una correlación significativa entre las variables peso hectolítrico y rendimiento por hectárea con la variable peso de 1000 semillas con valores de 0.52 y 0.52 respectivamente como se muestra en la figura 3.10.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se presenta las siguientes conclusiones:

1. Los cultivares Gavilán y H - 1084 llegaron a la madurez fisiológica a los 105 días después de la siembra, mostrándose como las más precoces; mientras que los demás cultivares inician a los 108 días y terminan a los 125 días después de la siembra. La cosecha se realizó a los 140 días después de la siembra.
2. Los cultivares H-1087, H-1090 y H-1118 muestran mayores números de espigas/m² (385.54, 315.89 y 313.64) respectivamente. Este resultado refleja el potencial productivo de los cultivares.
3. El cultivar H-1116 alcanzó una mayor altura (97.40 cm). La altura menor fue alcanzada por el cultivar H-1087 (79.10 cm). beneficio que es adecuada para responder a altos niveles de fertilización y no quebrarse.
4. El cultivar H-1087 es la variedad que presentó el mayor rendimiento, con 7682.33 kg.ha⁻¹, con una diferencia numérica de los cultivares H-1118, H-1090, H-1075 y Andino respectivamente.
5. Los cultivares, H-1087 y H-1118 muestran un mayor peso hectolítrico con cifras de 81.93 kg/hl y 80.75 kg/hl, sobrepasando a los demás cultivares. En el peso de 1000 semillas el cultivar H-1087 presenta el mayor peso, con un valor de 53.97 g, se destaca como grano de gran tamaño.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones obtenidas en el presente trabajo, se presenta las siguientes recomendaciones:

1. Utilizar los cultivares H-1087 y H-1118 por su alto rendimiento y calidad de grano.
2. Difundir los cultivares evaluados en diferentes zonas por su buena adaptación, calidad de grano y buen rendimiento por hectárea.
3. La siembra de estos cultivares debe llevarse a cabo con una fertilización adecuada para las necesidades del cultivo, dado que, al ser trigos de porte pequeño, suelen soportar altos niveles de abonamiento y no quebrarse.
4. Extender el estudio en cuanto a características de agroindustria, qué tan eficientes son los cultivares evaluadas en calidad de harina.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, O y Contreras, E. (2007). La Mancha Foliar o Septoriosis de la Hoja del Trigo, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca, Temuco - Chile.
- Adriazola, J. (1991). Evaluación de 24 líneas de Trigo (*T. aestivum* L.) en la irrigación Majes. Tesis Ing. Agrónomo UNSA. Arequipa – Perú
- Bragach, M. & Mendez, A. (2004). Siembra de trigo con sembradora- abonadora. Proyecto agricultura de precisión. INTA MANFREDA. Córdoba – Argentina.
- Briggle, L.W., y Curtis, B.C. 1987. Wheat Worldwide. Capítulo 1. En: EG Heyne, ed. Wheat and Wheat Improvement, Edition 2nd. American Society of Agronomy Inc. Publishers, Madison, Wisconsin USA
- Campillo, R. & Jobet, F. (2005). Fertilización nitrogenada para trigo de alto rendimiento potencial en Andisoles de la región de la Araucanía Chile. Boletín.
- Campuzano D., Molina, G. & Rajaram, S. (2015). Evaluación de sistemas de selección en ambientes alternados e in situ en trigo *Triticum aestivum* L. Revista de Ciencias Agrícolas, 32(2), 36–45. <https://doi.org/10.22267/rcia.153202.11>
- Cari A. (1990). Comparativo de líneas y cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) en el valle de Majes y la irrigación Santa Rita de Sigüas. Tesis Ing. Agrónomo UNSA. Arequipa – Perú.
- Casta, P. (2008). Resultados de calidad de nuevas variedades de trigo: campañas 2006-2007 y 2007-2008. ITACyL Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. Valladolid, España.
- Castillejos J., 1988. Efecto de los tratamientos remojo, quebrado y entero sobre el rendimiento harinero y las características físicas de las harinas de trigo cristalino (*Triticum durum*) para su uso en panificación. Tesis Ing. Agrónomo, U.N.A.M. México.
- 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. INÍA – Ayacucho. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. UNSCH. Ayacucho – Perú.
- Contreras, J. (2004). Comparativo de 5 Variedades de Trigo Harinero (*Triticum vulgare*) Canaán, 2750 m.s.n.m. Ayacucho - Perú. Tesis Ing. Agrónomo UNSCH. Huamanga - Ayacucho.

- Cruces, L. (2006). Caracterización morfológica y evaluación agronómica de 35 variedades comerciales de trigo (*Triticum* spp.) colectados en el Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- De La Cruz, H. (1992). Respuesta a Densidades de Siembra y Formulas de Abonamiento de dos Cultivares de Trigo (*Triticum aestivum*), en Canaán 2750 msnm. Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo UNSCH.
- Dendy, D. (2004). Cereales y productos derivados, Química y tecnología. Introducción a los cereales, almacenamiento y transporte de los granos y sus productos, pérdidas post-cosecha, almidones y proteínas de los cereales, técnicas nir en el análisis de cereales/trigo y harina, fabricación de harina Zaragoza, España: Acribia.
- Dikeman E., Pomeranz I. y Lai F. (1982). Mineral and protein content in hard red winter wheat. *Cereal Chem.* 59(2): 139-142. U.S. Departamento de agricultura. Manhattan. Consultado 2 de diciembre de 2022, disponible: <http://books.google.com.pe/>.
- Estación Experimental Agraria Canaán. (2019). Variedad de trigo harinero INIA 436 - Huamanguino. Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Evans, L., Wardlaw, I., Fischer, R. (1975), Wheat. En L.T. Evans (Ed), *Crop Physiology*. Cambridge University Press. USA.
- FAO 2006, Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Consultado 1 de diciembre de 2022, disponible: <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S00.htm#Contents>
- Galdos, M. (2007). La Problemática del Trigo. Sub Dirección Regional de la Asociación de Trigo de los Estados Unidos (U.S. Wheat Associates).
- García, A. (2004). Manejo de la fertilización con nitrógeno en trigo y su interacción con otras prácticas agronómicas. Editado por la Unidad de Agronegocios y Difusión del INIA Andes 1365, Piso 12. Montevideo – Uruguay.
- Gomez, P. (2004). Cultivo de trigo en la sierra peruana. Proyecto Transformación de la Tecnología Agropecuaria (TTA), bajo el auspicio del Gobierno del Perú y la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos en el Perú USAID /Lima – Perú
- Goñi, J. & Lafarga, A. (2009). Calidad de los trigos blandos en Navarra. (España). Disponible en: <https://www.navarraagraria.com/categories/item/847-calidad-de-los-trigos-blandos-en-navarra-espana-resultados-por-variedades>

- ICARDA. (1988). International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Grup Quality Evaluation methods And Guidelines. Syria. Disponible en: <https://search.worldcat.org/es/formats-editions/18671202>
- Jobet, C. (1988). Origen del trigo y su distribución en el mundo. Ipa carillanca. Disponible en: <https://www.studocu.com/co/document/universidad-tecnologica-del-choco/seguridad industrial/importancia-del-trigo-nada/94154418>
- La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2017). Lineamientos Operativos Específicos para la Implementación del Proyecto de Seguridad Alimentaria para Zonas Rurales. Subsecretaría de Desarrollo Rural – México Calidad Suprema A.C. - Unidad Técnica Nacional FAO.
- Loaysa, R. (2014). Comportamiento agronómico y calidad comercial de tres cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), bajo las condiciones de valle costero. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- López, B. (1991). Cereales. Vol. I. Mundi-Prensa. Cereales cultivos herbáceos vol.I) (agricultura) Madrid. <https://www.iberlibro.com/9788471143242/cereales-cultivos-herb%C3%81ceos-vol.i-agricultura-8471143240/plp>
- Maldonado, D. (2004). Requerimientos de agua en la producción de trigo. En Mellado, Boletín de trigo 2004 manejo tecnológico, Chillan Boletín INIA N° 114. Disponible en: <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. Ayacucho Tesis Ing. Agrónomo Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Martínez, L. (2011). Rendimiento de seis variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) Chiara, 2850 msnm - Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Mateo, J. (2005). Prontuario de agricultura. Cultivos Agrícolas. Disponible en: <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484762485/prontuario-de-agricultura--cultivos-agricolas->
- Medina H. (1990). Dinámica de malezas y su impacto en la producción y calidad de trigo (T. Aestivum L.). Tesis Ing. Agrónomo UNSA. Arequipa – Perú.
- Mellado, M. (2004). Manejo tecnológico. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR31873.pdf>.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2018). Plan Nacional de Cultivos campaña agrícola 2018 - 2019.

- Moreno, I., Ramírez, A., Plana, R., Iglesias, L., Moreno, M. C. I., Agregado, I., Ramírez, A., & Plana, C. R. (2001a). El cultivo del trigo. Algunos resultados de su producción en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 22(4), 55–67.
- Morgan, B., Dexter, J., & Preston, K. (2000). Relationship of kernel size to flour water absorption for Canada Western red spring wheat. 77(3), 286-292.
- Muñoz, D. (2018). Rendimiento de cuatro variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.). Canaán 2750 msnm, Ayacucho Tesis Ing. Agrónomo Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Noriega, K. (1995). Evaluación del rendimiento y otras características de 25 líneas en trigo harinero en la Costa Central. Tesis. Ing. Agrónomo. UNA La Molina. Lima, Perú.
- Ogosi, C. (2004). Factores que Correlacionan con el Rendimiento de 5 Líneas de Trigo (*Triticum vulgare* L.), Canaán, 2750 msnm. Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Poehlman, J., & Allen, D. (2004). Mejoramiento Genético de las Cosechas. Edit. Limusa. 2da. edición México. Disponible en: <https://libreria-limusa.com/producto/mejoramiento-genetico-de-las-cosechas-2a-ed>.
- Prats, J. & Clemment, M. (1960). Los cereales. Edit. Mundi Prensa. Madrid-España. Disponible en: <https://www.todocoleccion.net/libros/los-cereales-m-clement-grandcourt-j-prats~x475367857>
- Rawson, M., & Gómez, M. (2001). Trigo regado: Manejo del cultivo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: <https://www.fao.org/4/x8234s/x8234s00.htm>.
- Robles, E. (2022). Los cereales en nuestra agricultura. Guía de estudios, Escuela profesional de Agronomía. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Rodriguez, 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.
- SIEA, (2024) Sistema Integrado de Estadística Agropecuaria Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). https://siea.midagri.gob.pe/portal/siea_bi/index.html
- Salunke, D., Chavan J. y Kadam S. 1985. Postharvest biotechnology of cereals. CRC Press. Florida, E.U.A. <https://unfao-koha.ptfse.net/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber>.

- Solier, J. (2009). Efecto del abonamiento en la calidad harinera de tres cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en Canaán a 2720 msnm. Ayacucho. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNSCH. Ayacucho - Perú.
- Sulca, R. (2009). Producción y Calidad del Grano de Trigo (*Triticum A aestivum* L.). Bajo Diferentes Regímenes de Fertilización Nitrogenada. Canaán 2750 msnm, Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH.
- Tueros, J. (2010). Introducción y adaptación de variedades y líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) CIMMYT-México a condiciones de la EEA El Mantaro. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú. Repositorio Institucional.
- Villanueva, N. (2003). El cultivo de trigo en el Perú. EL Agro Revista del Capítulo de Ingeniería Agronómica y Zootecnia CDL-CIP. Año V N° 9 Julio.
- Ysabel, M. y Rojas, N. (2018). Tesis Influencia De La Variedad De Trigo (*Triticum aestivum*) Sobre La Calidad Panadera De La Harina Producida. en la Empresa Alimenta Perú S.A.C. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/2120>
- Zadoks, J., Chang, T. & Konzak, C. (1974). Etapas de crecimiento del trigo y la escala Zadok. Disponible en: <http://wheatdoctor.org/es/etapas-de-crecimiento-del-trigo-y-la-escala-zadok>

ANEXOS

Anexo 1. Datos para el análisis de varianza (ANVA) de las variables de rendimiento de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), recolectados en Canaán a 2735 msnm, Ayacucho, durante el año 2022

CULT	Bloque	N° macollos/plta	Altura de planta (cm)	longitud esp. (cm)	N° de gran/espiga	N° espigas/m²	Rndt (ha) (kg)
ANDINO	RI	7	83	12.62	70	171.69	6596.83
ANDINO	RII	9	89.8	12.64	67	199.35	6606.23
ANDINO	RIII	8	87.7	11.47	55.7	171.99	5054.19
GAVILAN	RI	8	83.8	10.66	65.1	164.36	4476.94
GAVILAN	RII	6	89.2	10.03	58.8	241.34	5982.82
GAVILAN	RIII	8	93.1	10.73	60.4	252.51	5813.92
H-1116	RI	10	90.1	10.81	69.5	177.55	5509.70
H-1116	RII	11	100.1	10.34	59	217.54	5485.70
H-1116	RIII	11	102	10.35	61.1	218.50	5620.40
H-1118	RI	8	89.3	12.48	62.7	284.40	6947.81
H-1118	RII	9	85.7	12.37	65.5	310.33	7167.90
H-1118	RIII	8	86.4	11.6	53.1	346.20	5528.56
H-1087	RI	10	77.1	8.33	60	384.64	8057.80
H-1087	RII	9	79.4	8.2	58.4	415.85	7608.60
H-1087	RIII	11	80.8	8.55	60.6	356.12	7380.59
H-1084	RI	10	86.6	9.7	54.2	236.41	5536.70
H-1084	RII	9	89.7	10.31	57	250.33	5640.36
H-1084	RIII	9	90.5	10.92	62.3	215.38	5486.75
H-1090	RI	9	85.2	8.65	66.9	342.49	6568.62
H-1090	RII	10	85.3	8.58	60	319.82	5527.57
H-1090	RIII	10	92.7	9.39	61.1	285.36	7021.33
H-1075	RI	8	86.3	9.01	59.6	228.18	6746.67
H-1075	RII	9	85.8	8.45	59	220.04	5823.88
H-1075	RIII	9	76.5	8.83	60.4	196.44	6001.42

Anexo 2. Datos para el análisis de varianza (ANVA) de las variables relacionadas con la calidad del grano de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), obtenidos en Canaán a 2735 msnm, Ayacucho, durante el año 2022

CULT	Bloque	Peso 1000 sem (g)	Humedad de grano %	Peso hectolítrico kg/hl
ANDINO	RI	54.89	12.1	80.8
ANDINO	RII	49.46	11.9	80.35
GAVILAN	RIII	52.76	9.6	75
GAVILAN	RI	41.84	9.4	76.35
GAVILAN	RII	42.16	9.6	76.35
H-1116	RIII	38.12	9.7	77.25
H-1116	RI	44.65	11	80.6
H-1116	RII	42.74	11.3	79.7
H-1118	RIII	42.10	11.4	78.6
H-1118	RI	52.17	11.3	83.95
H-1118	RII	52.03	11.6	81.05
H-1087	RIII	54.74	9.4	77.25
H-1087	RI	55.12	11.9	82.4
H-1087	RII	54.32	10.8	79.7
H-1084	RIII	52.47	11.9	83.7
H-1084	RI	43.21	9.8	74.55
H-1084	RII	39.53	9.1	74.75
H-1090	RIII	40.89	8.8	72.5
H-1090	RI	40.49	9.9	78.8
H-1090	RII	41.91	9.8	76.55
H-1075	RIII	40.27	11.7	77.7
H-1075	RI	49.61	10.9	80.8
H-1075	RII	44.86	10.7	79.45
ANDINO	RIII	50.58	10.4	75

Anexo 3. *Tabla oficial de conversión de gramos de trigo en 1/4 litro a kilos por hectolitrico*

TRIGO					
GRAMOS en 1/4 de litro	KILOS en un hecto litro	GRAMOS en 1/4 de litro	KILOS en un hecto litro	GRAMOS en 1/4 de litro	KILOS en un hecto litro
110,0	39,90	145,5	55,90	181,0	71,85
110,5	40,15	146,0	56,10	181,5	72,10
111,0	40,35	146,5	56,35	182,0	72,30
111,5	40,60	147,0	56,55	182,5	72,50
112,0	40,80	147,5	56,80	183,0	72,75
112,5	41,05	148,0	57,00	183,5	72,95
113,0	41,25	148,5	57,25	184,0	73,20
113,5	41,50	149,0	57,45	184,5	73,40
114,0	41,70	149,5	57,70	185,0	73,65
114,5	41,95	150,0	57,90	185,5	73,85
115,0	42,15	150,5	58,15	186,0	74,10
115,5	42,40	151,0	58,35	186,5	74,30
116,0	42,60	151,5	58,60	187,0	74,55
116,5	42,85	152,0	58,80	187,5	74,75
117,0	43,05	152,5	59,05	188,0	75,00
117,5	43,30	153,0	59,25	188,5	75,20
118,0	43,50	153,5	59,50	189,0	75,45
118,5	43,75	154,0	59,70	189,5	75,65
119,0	43,95	154,5	59,95	190,0	75,90
119,5	44,20	155,0	60,15	190,5	76,10
120,0	44,40	155,5	60,40	191,0	76,35
120,5	44,65	156,0	60,60	191,5	76,55
121,0	44,85	156,5	60,85	192,0	76,80
121,5	45,10	157,0	61,05	192,5	77,00
122,0	45,30	157,5	61,30	193,0	77,25
122,5	45,55	158,0	61,50	193,5	77,45
123,0	45,75	158,5	61,75	194,0	77,70
123,5	46,00	159,0	61,95	194,5	77,90
124,0	46,20	159,5	62,20	195,0	78,15
124,5	46,45	160,0	62,40	195,5	78,35
125,0	46,65	160,5	62,65	196,0	78,60
125,5	46,90	161,0	62,85	196,5	78,80
126,0	47,10	161,5	63,10	197,0	79,00
126,5	47,35	162,0	63,30	197,5	79,25

127,0	47,55	162,5	63,50	198,0	79,45
127,5	47,80	163,0	63,75	198,5	79,70
128,0	48,00	163,5	63,95	199,0	79,90
128,5	48,25	164,0	64,20	199,5	80,15
129,0	48,45	164,5	64,40	200,0	80,35
129,5	48,70	165,0	64,65	200,5	80,60
130,0	48,90	165,5	64,85	201,0	80,80
130,5	49,15	166,0	65,10	201,5	81,05
131,0	49,35	166,5	65,30	202,0	81,25
131,5	49,60	167,0	65,55	202,5	81,50
132,0	49,80	167,5	65,75	203,0	81,70
132,5	50,05	168,0	66,00	203,5	81,95
133,0	50,25	168,5	66,25	204,0	82,15
133,5	50,50	169,0	66,45	204,5	82,40
134,0	50,70	169,5	66,70	205,0	82,60
134,5	50,95	170,0	66,90	205,5	82,85
135,0	51,15	170,5	67,15	206,0	83,05
135,5	51,40	171,0	67,35	206,5	83,25
136,0	51,60	171,5	67,60	207,0	83,50
136,5	51,85	172,0	67,80	207,5	83,70
137,0	52,05	172,5	68,05	208,0	83,95
137,5	52,30	173,0	68,25	208,5	84,15
138,0	52,50	173,5	68,50	209,0	84,40
138,5	52,75	174,0	68,70	209,5	84,60
139,0	52,95	174,5	68,95	210,0	84,85
139,5	53,20	175,0	69,15	210,5	85,05
140,0	53,40	175,5	69,40	211,0	85,30
140,5	53,65	176,0	69,60	211,5	85,50
141,0	53,85	176,5	69,85	212,0	85,75
141,5	54,10	177,0	70,05	212,5	85,95
142,0	54,30	177,5	70,30	213,0	86,20
142,5	54,55	178,0	70,50	213,5	86,40
143,0	54,75	178,5	70,75	214,0	86,65
143,5	55,00	179,0	70,95	214,5	86,85
144,0	55,20	179,5	71,20	215,0	87,10
144,5	55,45	180,0	71,40	215,5	87,30
145,0	55,65	180,5	71,65	216,0	87,55
				216,5	87,75
				217,0	88,00

Anexo 4. Análisis de suelo del campo experimental, realizado en el programa de pastos y ganadería; Laboratorio de suelos y análisis foliar



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR

Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996

Ayacucho – Perú

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Andrés A. Cáceres Dorregaray
Localidad : Canaán E. E. INIA
Proyecto : “TESIS”
Solicitante : Sr. Jean Marco Aramburú Pretel - Frejol
Sr. Andrés Cepida Ventura - Trigo

HR. 0365

ANALISIS DE CARACTERIZACION

Muestra	Análisis mecánico (%)			Clase Textural	pH (H ₂ O)	C. E. (dS/m) 1:1	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)		Cationes cambiabiles (Cmol(+)/Kg)						C. I. C. (Cmol(+)/Kg)
	Arena	Limo	Arcilla							P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺	
01	49.6	25.3	25.1	Fr-Ar-Ao	8.23	1.28	2.0	2.42	0.12	14.5	164.6	12.1	3.84	0.84	0.72	0.0	0.0	23.2

Ayacucho, 07 de Octubre del 2022.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE

Juan Bl Grón Molina
C.I.P. 77120

Anexo 5. Panel fotográfico



Fotografía 1 Acondicionamiento del terreno y surcado a 0.30 m Canaán 2735 msnm.



Fotografía 2 Delimitación de los bloques y unidades experimentales Canaán 2735 msnm.



Fotografía 4 Fertilización NPK y siembra a chorro continuo - Canaán 2735 msnm



Fotografía 5 Riego por gravedad después de la siembra Canaán 2735 msnm



Fotografía 6. Segunda dosis de fertilización de Nitrógeno y deshierbo - Canaán 2735 msnm



Fotografía 7. Cultivares de trigo en su máximo desarrollo de grano Canaán 2735 msnm



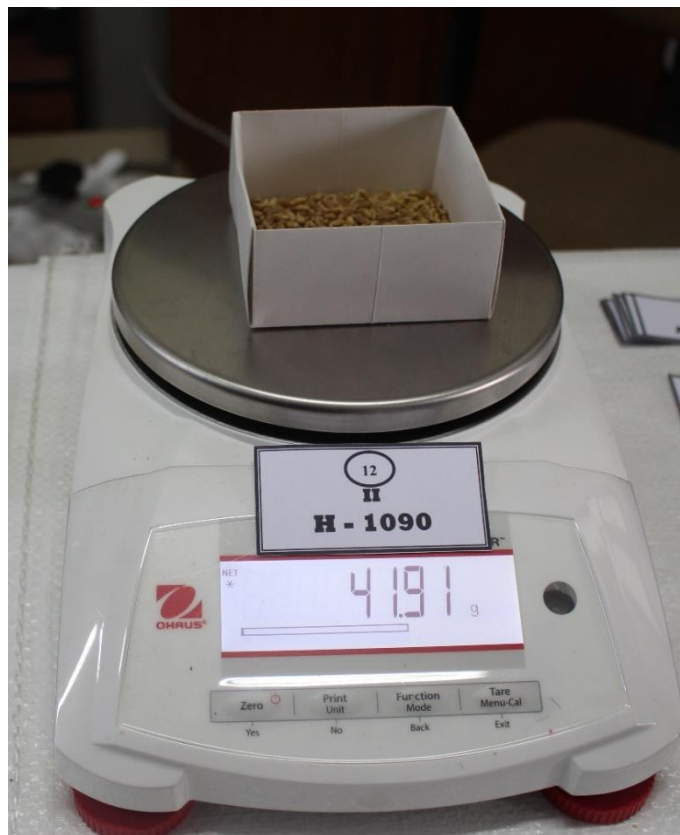
Fotografía 8. Evaluación de estado fenológico de los cultivares juntamente con el asesor, Canaán 2735 msnm.



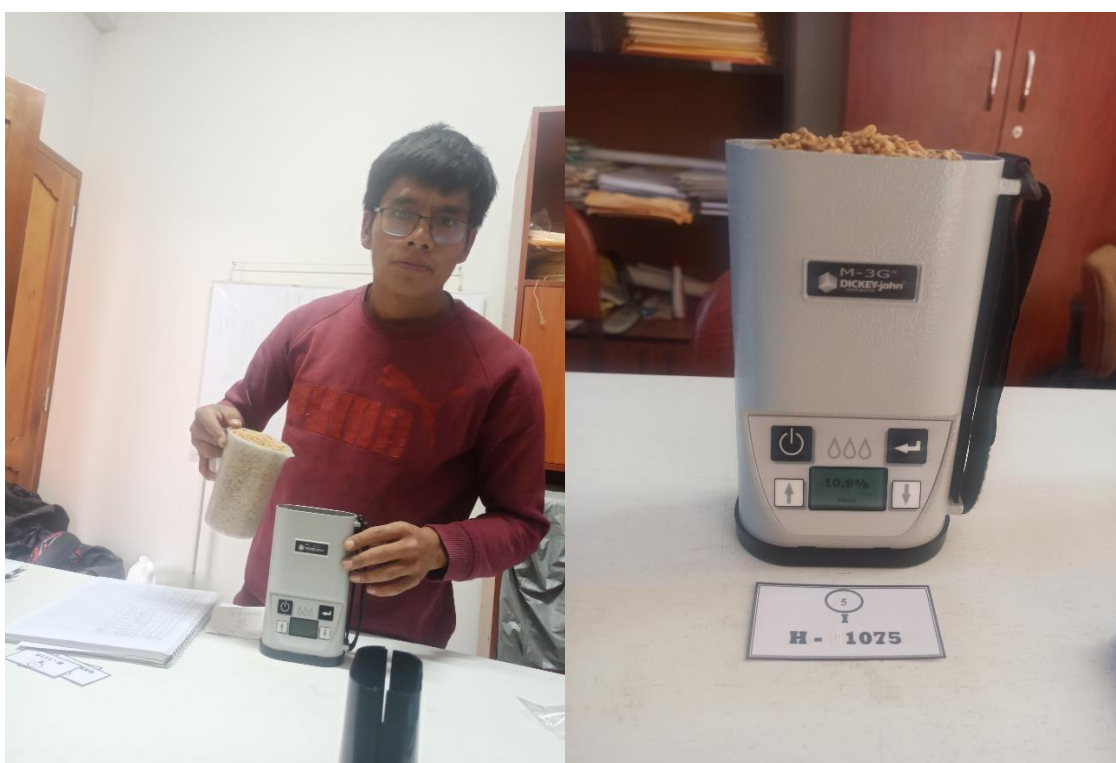
Fotografía 9. Cosecha con segadera los surcos centrales de forma manual de los cultivares
Canaán 2735 msnm



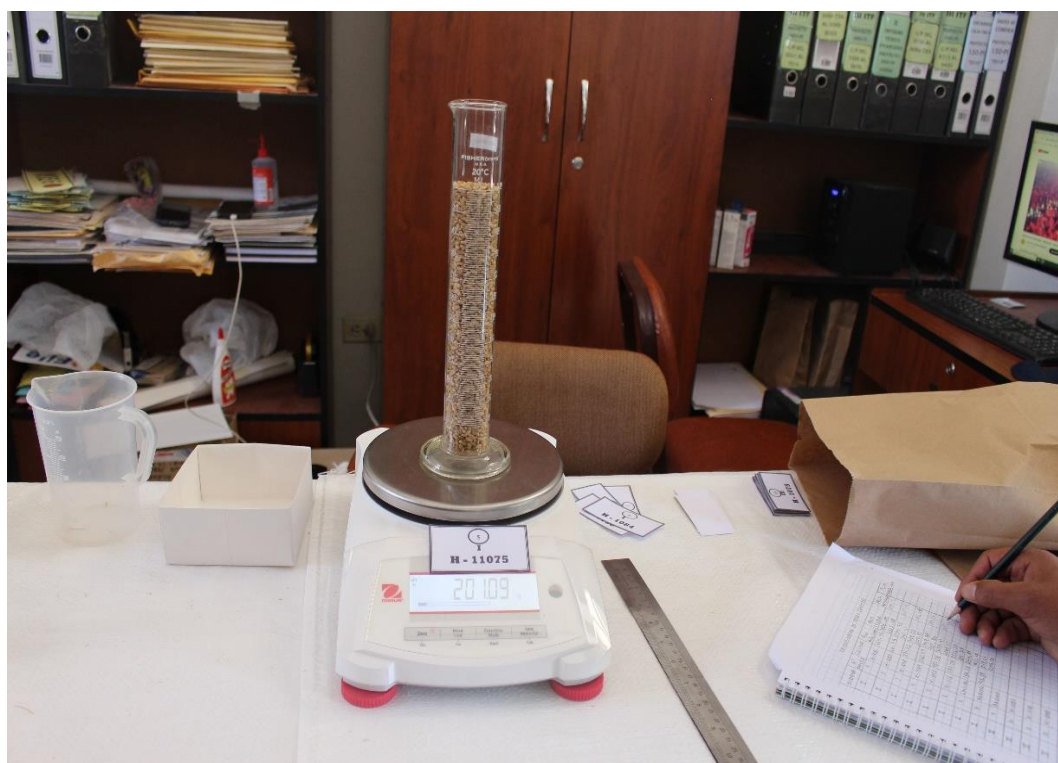
Fotografía 10. Trillado en forma manual, venteado y almacenado de los ocho cultivares.
Canaán 2735 msnm



Fotografía 11. Evaluación del peso de 1000 semillas de los ocho cultivares. Canaán 2735
msnm



Fotografía 11. Determinación de la humedad de grano de los ocho cultivares, Canaán 2735 msnm



Fotografía 12. Determinación del peso hectolítrico de los ocho cultivares, Canaán 2735 msnm.

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. ANDRES CEPIDA VENTURA
R.D. N° 275-2024-UNSCH-FCA-D

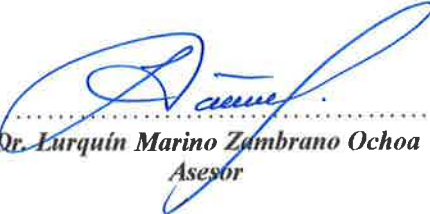
En la ciudad de Ayacucho a los treinta días del mes de setiembre del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por Dr. José Antonio Quispe Tenorio, Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa como asesor y el Ing. Edgar Tenorio Mancilla; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Características productivas de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), Canaán 2735 msnm, Ayacucho, 2022**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **ANDRES CEPIDA VENTURA**.

El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberacion y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. José Antonio Quispe Tenorio	16	15	16	16
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa	16	14	15	15
Ing. Edgar Tenorio Mancilla	16	14	15	15
PROMEDIO GENERAL				15

Acto seguido se invita a la sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Dr. José Antonio Quispe Tenorio
Presidente


.....
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa
Asesor


.....
Ing. Edgar Tenorio Mancilla
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe coordinador responsable de la valoración y verificación de originalidad de los trabajos de investigación y de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, designado mediante la RCF N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo de tesis titulado;

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

Autor : Andres Cepida Ventura
Asesor : Lurquín Marino Zambrano Ochoa

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, y RCU N° 1530-2023-UNSCH-CU, emitiendo un resultado de **veintitrés (23 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2517189287

Ayacucho, 12 de noviembre de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Dr. Yuri Gálvez Gastelú
Coordinador de Control de originalidad de
trabajos de investigación y tesis

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

por Andres Cepida Ventura

Fecha de entrega: 12-nov-2024 11:20a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2517189287

Nombre del archivo: BORRADOR_DE_TESIS_ANDRÉS_CEPIDA_VENTURA_TURNITIN.docx (20.97M)

Total de palabras: 19671

Total de caracteres: 104301

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

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	5%
3	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	5%
4	1library.co Fuente de Internet	2%
5	www.cuencarural.com Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uaaan.mx Fuente de Internet	1%
7	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.utc.edu.ec	Fuente de Internet	<1 %
10	hdl.handle.net	Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad de Burgos UBUCEV	Trabajo del estudiante	<1 %
12	Submitted to Universidad Nacional de Colombia	Trabajo del estudiante	<1 %
13	dspace.ups.edu.ec	Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.utn.edu.ec	Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.inia.gob.pe	Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego	Trabajo del estudiante	<1 %
17	www.researchgate.net	Fuente de Internet	<1 %
18	vdocumento.com	Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS DE OCHO CULTIVARES DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.), CANAÁN 2735 MSNM, AYACUCHO, 2022

Andres Cepida-Ventura; Lurquín Marino Zambrano-Ochoa;

Ana María Altamirano-Pérez

Área de investigación: Biodiversidad

Línea de investigación: Mejoramiento Genético Agropecuario

andres.cepida.01@unsch.edu.pe

lurquin.zambrano@unsch.edu.pe

RESUMEN

El estudio se realizó en la Estación Experimental Agraria Canaán - INIA, ubicada en el distrito de Andrés Avelino Cáceres, provincia Huamanga, región Ayacucho, a una altitud de 2735 metros sobre el nivel del mar. El período de estudio se extendió desde diciembre de 2022 hasta julio de 2023. El objetivo principal del estudio fue evaluar el rendimiento, precocidad y calidad de grano. El experimento se condujo utilizando un Diseño Bloque Completo Randomizado con ocho cultivares de trigo harinero. Los resultados obtenidos mostraron que los cultivares Gavilán y H-1084 fueron los más precoces, alcanzando la madurez fisiológica inicial a los 105 días y finalizando a los 125 días después de la siembra. La cosecha se realizó a los 140 días después de la siembra. En cuanto al rendimiento, los cultivares H-1087, H-1090 y H-1118 presentaron un mayor número de espigas por metro cuadrado (385.54, 315.89 y 313.64, respectivamente), demostrando un buen potencial de rendimiento. En relación a la altura de la planta, el cultivar H-1116 alcanzó la mayor altura (97.40 cm), mientras que el cultivar H-1087 presentó la menor altura (79.10 cm). Esta característica es ventajosa para responder a altos niveles de fertilización y evitar que la planta se quiebre. El cultivar H-1087 se destacó por obtener el mayor rendimiento, con 7682.33 kg.ha⁻¹, superando a los cultivares. En cuanto al peso hectolítrico, los cultivares H-1087 y H-1118 mostraron los valores más altos, con 81.93 kg/hl y 80.75 kg/hl, respectivamente. Finalmente, el cultivar H-1087 presentó el mayor peso de 1000 semillas, con un valor de 53.97 g, lo que lo clasifica como grano grande. Es importante destacar que los otros cultivares también muestran rendimientos elevados. Estos resultados pueden ser útiles para la selección de cultivares de trigo harinero en la región de Ayacucho.

Palabras clave: Precocidad, rendimiento, calidad de grano, cultivares.

PRODUCTIVE CHARACTERISTICS OF EIGHT CULTIVARS OF BREAD WHEAT (*Triticum aestivum*) L.), CANAAN 2735 MASL, AYACUCHO, 2022

ABSTRACT

The study was carried out at the Canaán Agrarian Experimental Station - INIA, located in the Andrés Avelino Cáceres district, Huamanga province, Ayacucho region, at an altitude of 2,735 meters above sea level. The study period extended from December 2022 to July 2023. The main objective of the study was to evaluate grain yield, precocity, and quality. The experiment was conducted using a Randomized Complete Block Design with eight bread wheat cultivars. The results obtained showed that the Gavilán and H-1084 cultivars were the earliest, reaching initial physiological maturity at 105 days and ending at 125 days after sowing. The harvest was carried out 140 days after sowing. In terms of yield, cultivars H-1087, H-1090 and H-1118 had a higher number of spikes per square meter (385.54, 315.89 and 313.64, respectively), demonstrating good yield potential. In relation to plant height, cultivar H-1116 reached the highest height (97.40 cm), while cultivar H-1087 had the lowest height (79.10 cm). This characteristic is advantageous to respond to high levels of fertilization and prevent the plant from breaking. Cultivar H-1087 stood out for obtaining the highest yield, with 7682.33 kg.ha⁻¹, surpassing the cultivars. In terms of hectoliter weight, cultivars H-1087 and H-1118 showed the highest values, with 81.93 kg/hl and 80.75 kg/hl, respectively. Finally, the H-1087 cultivar had the highest weight per 1000 seeds, with a value of 53.97 g, which classifies it as a large grain. It is important to note that the other cultivars also show high yields. These results can be useful for the selection of bread wheat cultivars in the Ayacucho region.

Keywords: Precocity, yield, grain quality, cultivars.

1. INTRODUCCIÓN

El trigo harinero se posiciona como el cultivo más demandado a nivel global, ocupando más del 9,8% de la superficie cultivada en el mundo y contribuyendo de manera parcial a satisfacer las necesidades alimentarias. En Perú, este cultivo se extiende principalmente en las regiones costeras y de sierra, destacando La Libertad, Cajamarca, Arequipa y Ancash como los departamentos con mayor producción, que en conjunto representan el 59% de la producción nacional. No obstante, esta producción no es suficiente para satisfacer la demanda interna. Perú se sitúa como el cuarto país en América Latina en consumo per cápita de trigo, con una media anual de 63 kilogramos por persona. Esta cantidad es sobrepasada por Chile, Argentina y Uruguay, cuyos consumos exceden los 100 kg., según datos proporcionados por la Asociación Latinoamericana de Industriales Molineros (Loaysa, 2014).

El trigo es un alimento fundamental en la dieta humana debido a su alta concentración de hidratos de carbono. Además de ser empleado para la producción de harina, obteniendo productos como galletas, fideos y pasteles, el grano pelado de este cereal se utiliza en la preparación de diversos platos y potajes tradicionales en países con menor desarrollo económico (Galdos, 2007).

En Perú, el trigo muestra rendimientos promedio nacionales de 1.2 tn.ha^{-1} , lo cual puede atribuirse a la utilización de suelos de baja fertilidad, el empleo de variedades de bajo rendimiento y el uso limitado de fertilizantes, junto con un escaso nivel de tecnología aplicada a la producción. Sin embargo, actualmente existen variedades de alto rendimiento desarrolladas a partir de los avances tecnológicos de la revolución verde. Estas variedades, conocidas como trigos enanos de entrenudos cortos, están diseñadas para tolerar altos niveles de fertilizantes nitrogenados. Al implementar una tecnología adecuada y un manejo agropecuario apropiado, estas variedades demuestran ser altamente rentables, ya que ofrecen elevados rendimientos por hectárea (Villanueva, 2003).

En los últimos años, el rendimiento del cultivo de trigo ha mostrado un aumento significativo a nivel global, atribuible a los avances en la selección genética de variedades y a la implementación de prácticas agronómicas más eficientes. (Poehlman & Allen, 2004).

La producción de trigo en la región de Ayacucho enfrenta diversos factores limitantes, tanto bióticos como abióticos y tecnológicos. El uso de variedades locales que son vulnerables a enfermedades fúngicas puede provocar pérdidas de hasta el 80% de la producción. Además, un manejo agronómico inadecuado impacta negativamente en la productividad y rentabilidad del cultivo. Según el Sistema Integrado de Estadística Agropecuaria, la producción promedio por hectárea en esta región es de 2.8 tn.ha^{-1} (SIEA, 2024).

En virtud de lo expuesto, este proyecto de investigación se propone determinar la viabilidad de identificar cultivares de trigo que muestren rendimientos de grano superiores bajo las condiciones particulares de nuestra región. El objetivo general consiste en evaluar diferentes cultivares de trigo en condiciones de campo en el centro experimental Canaán, con el fin de identificar el cultivar que muestre el mejor desempeño agronómico para la región.

Por las consideraciones expuestas, se realizó el presente trabajo, con los siguientes objetivos: Evaluar las características productivas de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), en el centro experimental de Canaán a 2735 msnm, Ayacucho, 2022.

2. METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del trabajo de investigación

El trabajo de investigación se realizó en los terrenos de la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA, ubicada en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, en la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, a una altitud de 2735 msnm. Las coordenadas de esta localización son 13°10'1.57" de latitud sur y 74°12'22.21" de longitud oeste.

2.2. Condiciones climáticas y edáficas

Según la estación meteorológica INIA - Canaán, las temperaturas promedio más baja y más alta en el área experimental fueron de 7.7 °C y 28.6 °C, respectivamente. La precipitación total por año fue de 436 mm. La escasez de agua ocurrió en los meses de abril a noviembre a excepción del mes de setiembre. Los picos más altos de temperatura se alcanzaron en los meses de diciembre (29.5°C) y octubre (30.5 °C), mientras los picos más bajos se muestran en los meses de junio (0.8°C) y julio (1.4 °C). La precipitación más alta se alcanzó en el mes de febrero (79 mm) y la mínima en el mes de julio (0.0 mm).

Para la investigación del terreno, se recolectaron muestras mediante el método convencional, donde fue llevado al Laboratorio de Suelos, que forma parte del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería (PIPG), para su análisis, cuyos resultados se muestran a continuación.

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	164.6	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	

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

2.3. Diseño experimental

Se aplicó un Diseño de Bloque Completamente Aleatorizado (DBCA) con 8 cultivares de trigo blando y 3 repeticiones. Para los parámetros de rendimiento y calidad del grano, se realizaron análisis de varianza del modelo utilizado. Respecto a los indicadores de

precocidad, se utilizaron medidas descriptivas, como el rango, para establecer el tiempo de un estado fenológico particular. Para las evaluaciones se seleccionó plantas de las unidades experimentales.

El Modelo Aditivo Lineal (M.A.L.) es: $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$

Cada unidad experimental tuvo un área de 8.4 m², con 7 surcos, la distancia entre surcos fue de 0.3 m y con una densidad de siembra 120 kg por hectárea a chorro continuo.

2.4. Factores estudiados

a) Cultivares en estudio

- C1: ANDINO (Trabajado por el INIA)
- C2: GAVILAN (Trabajado por el INIA)
- C3: H-1116 (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT))
- C4: H-1118 (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT))
- C5: H-1087 (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT))
- C6: H-1084 (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT))
- C7: H-1090 (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT))
- C8: H-1075 (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT))

b) Variables evaluadas

- **Componentes de rendimiento:** Altura de planta (cm), longitud de espiga (cm), número de macollos por planta (u), número de espigas por metro cuadrado (u), número de granos por espiga (u), rendimiento por grano (kg/ha).
- **Componentes de precocidad:** Días hasta la emergencia de plantas, días hasta el inicio del macollamiento, días hasta la aparición de la espiga, días hasta la formación del grano, días hasta la madurez fisiológica, días hasta la madurez fisiológica
- **Componentes calidad de grano:** Peso hectolítrico (kg/hl), humedad del grano (%), peso de mil semillas (g).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

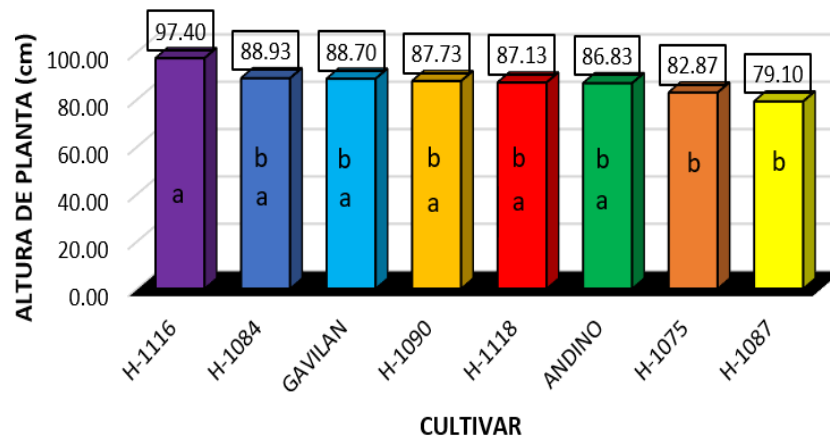
3.1. Componentes de rendimiento

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

Análisis de Tukey de la altura de planta (cm) de ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm



Contreras (2004) En el presente estudio, se observó una variabilidad significativa en la altura de las plantas, con valores que oscilaron entre 85 y 61 cm. Esta variación se atribuye a la interacción compleja entre los genotipos de las diferentes variedades y las condiciones ambientales. Los factores climáticos, incluyendo la temperatura, la precipitación y la disponibilidad de nutrientes, junto con la influencia de factores bióticos, juegan un papel crucial en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas. Los resultados sugieren que la altura de las plantas alcanzó un valor superior en este estudio, lo que se relaciona con la influencia combinada de las condiciones ambientales y los genotipos evaluados.

Por otro lado Solier (2009) resalta que los cultivares Gavilán y Chil/ALD/PVN (LH-196) exhiben una altura media superior (63 cm). Sin embargo, en la realidad, esta diferencia no es tan notable, y se considera que los tres genotipos son trigos de porte bajo, aptos para recibir grandes cantidades de fertilización, particularmente nitrogenada, gracias a sus entrenudos cortos y robustos. Los hallazgos de esta investigación confirman el impacto considerable del factor genotipo en la altura de la planta.

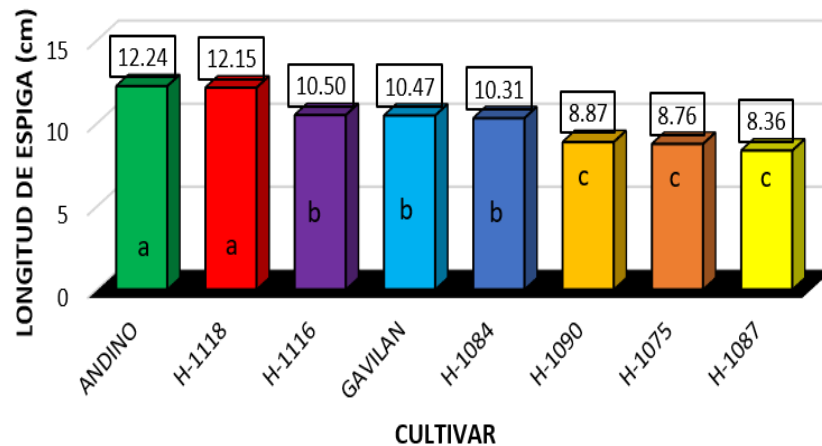
Contreras (2004) En una investigación comparativa de cinco variedades de trigo harinero en Canaan a 2750 metros de altitud, se informó que la variedad Gavilán logró una altura de 0.82 m, mientras que el cultivar Rinia logró una altura de 0.75 m. Las variaciones en la altura detectadas con este estudio podrían deberse a factores climáticos, dado que ambos genotipos fueron plantados 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

*Análisis de Tukey sobre la longitud de espiga (cm) de ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm*



Solier (2009) destaca la longitud de espiga como una variable crucial asociada al rendimiento, y atribuye la variación genética observada al efecto varietal. La Línea Chil/ALD/PVN presenta la mayor longitud de espiga (10.29 cm), superando estadísticamente a las variedades INIA y Gavilán (9.04 y 9.07 cm, respectivamente). En el presente estudio, se ha encontrado una longitud de espiga de 12.24 cm para la variedad Andino, lo que sugiere una mayor capacidad de rendimiento potencial en comparación con las variedades estudiadas por Solier.

Ogosi (2004) en una investigación llevada a cabo en Canaán con 5 líneas de trigo mostró que tanto la Línea Rinia como la variedad Gavilán exhiben las longitudes de espiga más elevadas, con 10.33 cm y 8.90 cm, respectivamente. Estos resultados sugieren que ambas variedades poseen características asociadas a altos rendimientos.

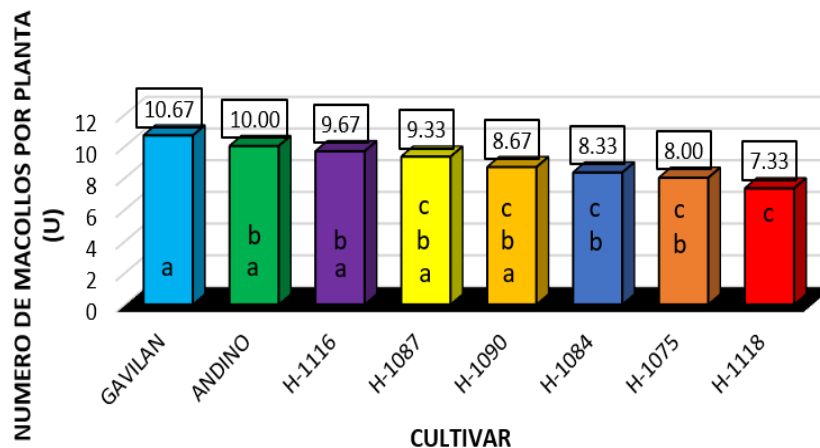
De La Cruz (1992), El estudio estadístico mostró variaciones de gran importancia en la longitud de la espiga respecto a las técnicas de abonado y la interacción primordial entre la variedad y la densidad de cultivo. El estudio de Tukey sobre los niveles de fertilización señala que tanto la fertilización como la densidad de siembra influyen de manera notable en la longitud de la espiga.

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 con un valor de (10.67) macollos por planta 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

*Análisis de Tukey del número de macollos por planta en ocho cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm*



Muñoz (2018), en su tesis, analiza el número de macollos por planta y concluye que el potencial de macollaje de las variedades se vio afectado por las condiciones meteorológicas adversas. Un periodo de dos semanas con lluvias intensas (153 mm de precipitación acumulada) provocó la saturación del suelo por exceso de agua. Posteriormente, la ausencia de lluvia y la sequía resultaron en un encostramiento del suelo. El suelo encostrado tiene dos consecuencias negativas para el trigo: reduce la disponibilidad de agua, lo que puede afectar la productividad, y crea una resistencia mecánica al desarrollo de raíces, lo que limita el macollaje.

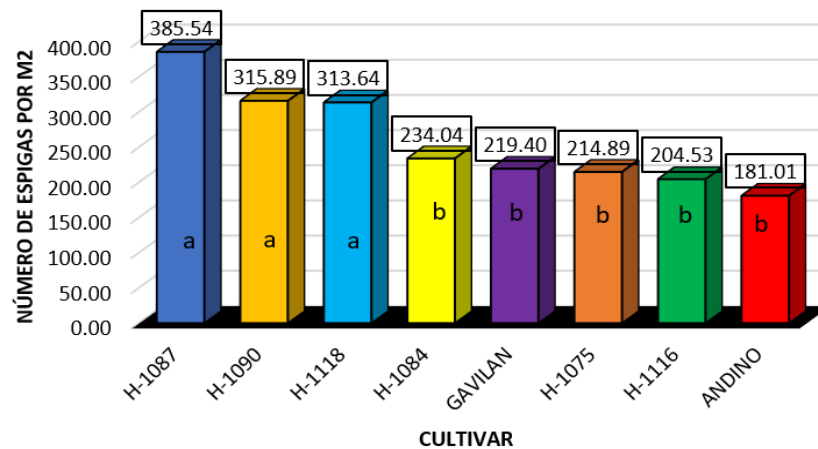
Maldonado (2004) destaca la importancia del equilibrio entre las fases de agua, suelo y aire para un desarrollo óptimo de las raíces y la planta en general. La alteración de este equilibrio puede tener consecuencias negativas. Por ejemplo, un suelo inundado carece de aire, lo que afecta la respiración de las raíces. Por otro lado, un suelo seco presenta una falta de agua, causando estrés hídrico. Ambas situaciones son perjudiciales para el crecimiento y desarrollo de la planta.

Número de espigas por metro cuadrado

En la comparación de medias de los cultivares del número de espigas por metro cuadrado Figura 4, se observa a los cultivares H-1087, H-1090 y H-1118 muestra 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 éstos, tanto numérico 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

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



Muñoz (2018), En el análisis de la densidad de espigas por metro cuadrado, realizado mediante la prueba de Tukey, se identificaron diferencias significativas entre las variedades evaluadas. Las variedades Nazareno y Andino mostraron un mayor número de espigas por metro cuadrado, superando estadísticamente a las demás variedades. Ambas variedades alcanzaron valores de 457.5 y 447.0, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellas. Estos valores son superiores a los obtenidos en el presente experimento, lo que sugiere que las variedades Nazareno y Andino presentan un potencial productivo superior en términos de densidad de espigas.

Bragach & Mendez (2004) La densidad de siembra del trigo es un factor crucial que se ve influenciado por una serie de variables interrelacionadas. Incluyen aspectos como la variedad, el día de siembra, el cultivo anterior, la presencia de agua, la fertilidad del suelo (principalmente el nitrógeno), el método de siembra, el peso de 1000 semillas y la capacidad germinativa. En el ejercicio, se aplica una densidad empírica de siembra de 120 kg/ha. Con una tasa de germinación del 95% y un peso de 1000 semillas que varía entre 38 y 40 g, se alcanza un 80% de emergencia en el campo, lo que se traduce en cerca de 234 plantas por metro cuadrado. Se considera que esta densidad es ideal para alcanzar rendimientos de 400 a 500 espigas en condiciones de secano y de 600 espigas bajo riego. Rodríguez & Diciocco (1996) En un estudio llevado a cabo en las pampas argentinas, se comparó el impacto del abonamiento químico y biológico (con *Azospirillum*) en variedades locales de trigo. Los resultados revelaron una respuesta significativa al abonamiento nitrogenado, con un promedio de 410 espigas por m² para el tratamiento químico, en contraste con solo 250 espigas por m² para el tratamiento biológico. Estos hallazgos subrayan la importancia del abonamiento nitrogenado en el número de espigas por m², una variable fundamental para el rendimiento del cultivo.

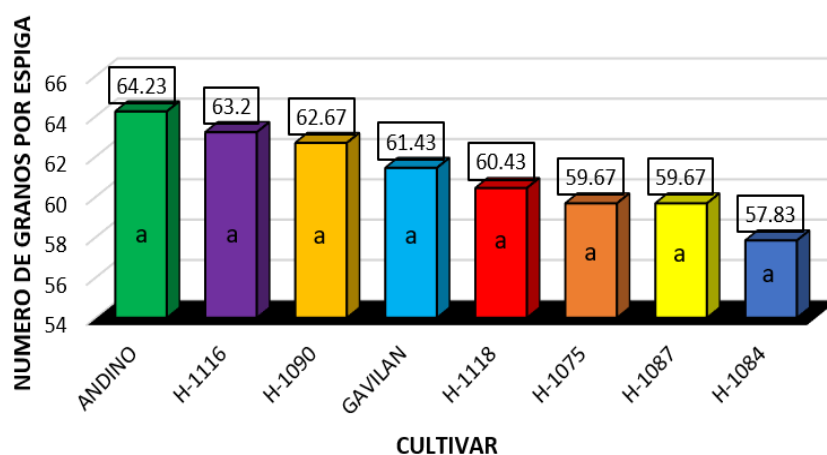
Sulca (2009) , Los regímenes de fertilización nitrogenada de 60-60-60 (180 N) y 40-50-50 (140 N), aplicados en la siembra, macollamiento e inicio de elongación de tallos, mostraron los mejores resultados en términos de número de espigas por m², con valores de 568 y 542 espigas/m², respectivamente.

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. Este resultado demuestra la eficacia del procedimiento de mejora genética en estas variedades, demostrando su potencial productivo.

Figura 5

Análisis de Tukey del número de granos por espiga en ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm



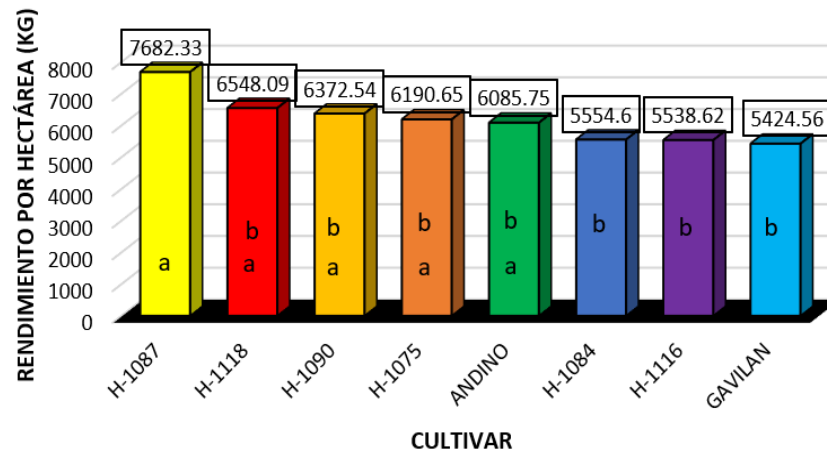
Solier (2009), El estudio del número de granos por espiga mostró que la línea Chil/ALD/PVN registró la cantidad más alta de granos por espiga (38 granos/espiga), superando estadísticamente a los cultivares Gavilán y Rinia, que llegaron a un valor de 34 granos/espiga. Si bien en el presente estudio se observaron valores mayores de granos por espiga, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares, solo una diferencia numérica, como se muestra en la figura 5.

Rendimiento por hectárea

En la prueba Tukey de los cultivares en el rendimiento por hectárea Figura 6, se observa valores mayores para el cultivar H-1087 (7682.33 kg), el cual presenta diferencia numérica respecto al cultivar H-1118, H-1090, H-1075, 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

Análisis de Tukey del rendimiento por hectárea de ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm



Sulca (2009) En un estudio realizado en Canaán, se obtuvo un rendimiento de 5000 kg/ha para la variedad Nazareno de trigo, utilizando un régimen de fertilización nitrogenada de 40 – 50 -50 en tres aplicaciones: a la siembra, pleno macollaje y elongación de tallo. Los resultados del presente experimento también muestran rendimientos similares, lo que sugiere que este régimen de fertilización es efectivo para obtener altos rendimientos en la variedad Nazareno.

Martinez (2012) en un estudio realizado sobre el rendimiento y la calidad del grano de cinco cultivares de trigo (Gavilán, San Isidro, Centenario, Andino y Nazareno) a 2750 m.s.n.m. en tres densidades de siembra, se reportaron rendimientos de 4138.2, 4028.3, 3715.8, 3704.9 y 3105.4 kg/ha, respectivamente. Los resultados del presente experimento indican que los rendimientos de grano obtenidos son superiores.

Centeno (2015) encontró que la línea 944 superó de manera estadística a todas las otras variedades analizadas, logrando un desempeño de 6633.0 kg. ha⁻¹. La variedad Gavilán, la variedad 906 y la variedad 946 registraron rendimientos de 6058.6, 5955.3 y 5669.6 kg. ha⁻¹, respectivamente, ubicándose en segundo lugar. Los resultados de este experimento presentan similitudes, lo que sugiere una tendencia similar en el rendimiento de las variedades de trigo evaluadas.

Componentes de precocidad

Para evaluar las fases fenológicas de la precocidad del trigo, se empleó la cantidad de días tras la siembra (ndds) desde el momento de la emergencia hasta la cosecha. Se utilizó la estadística descriptiva del rango para establecer el valor de cada etapa, ya que su comienzo y término 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.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm

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

Días a la emergencia de plantas

La emergencia se produjo entre 8 y 10 días después de la siembra, como se indica en la Tabla 2. Esta fase fue resultado del riego aplicado tras la siembra. En cereales como el trigo y la cebada, la emergencia se completa generalmente a los 10 días después de la siembra, siempre que se disponga de un riego adecuado. (Gomez, 2004).

Días inicio de macollamiento y pleno macollamiento

El inicio y el máximo macollamiento ocurrieron entre 20 y 42 días después de la siembra, según se muestra en la Tabla 2, salvo en el caso de los cultivares Andino y H-1084, que presentaron estas fases a los 18 y 35 días, respectivamente.

Días aparición de la espiga y pleno espigamiento

El inicio y pleno espigamiento ocurrió entre los 55 a 65 días después de la siembra como se muestra en la Tabla 2, no encontrándose diferencia de días entre los cultivares evaluados.

Días de formación del grano

La formación de granos comienza, en términos generales, alrededor de los 90 días y concluye a los 105 días después de la siembra, como se detalla en la Tabla 2.

Días a la madurez fisiológica

El comienzo de la madurez fisiológica, que es la condición en la que la semilla está en estado pastoso, ocurre a los 105 días, con los cultivares Gavilán y H-1084 en los demás cultivares inicia a los 108 días después de la siembra y termina a los 125 días como se muestra en la Tabla 2.

Días a la madurez de cosecha

La madurez de cosecha se presentó para todos los cultivares a los 140 días después de la siembra como se muestra en la Tabla 2.

Muñoz (2018) 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.

De La Cruz (1992) En una investigación llevada a cabo en Canaán a 2750 msnm, no detectó variaciones estadísticas relevantes en la cantidad de días que separan el macollamiento, el encañado, el embuche, el espigado y la madurez. Adicionalmente, el estudio de varianza para el parámetro de hinchamiento de vaina o embuche no evidenció diferencias estadísticas relevantes. En promedio, se llegó a la madurez fisiológica a los 102 días tras la siembra. Estos resultados concuerdan con el trabajo actual, lo cual indica una analogía en el comportamiento fenológico de las variedades de trigo examinadas en ambas investigaciones.

Contreras (2004) En un estudio realizado sobre la evaluación de cinco variedades de trigo harinero, observó que la madurez de cosecha se alcanzó a los 123 días para las variedades Rinia y Gavilán. La variedad Taray, por otro lado, se comportó como tardía, alcanzando la madurez de cosecha a los 140 días. Estas diferencias en las fechas de cosecha se atribuyen principalmente a la variabilidad genética entre los genotipos evaluados. Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con las primeras variedades en precocidad, lo que sugiere una tendencia similar en el comportamiento de las variedades de trigo evaluadas.

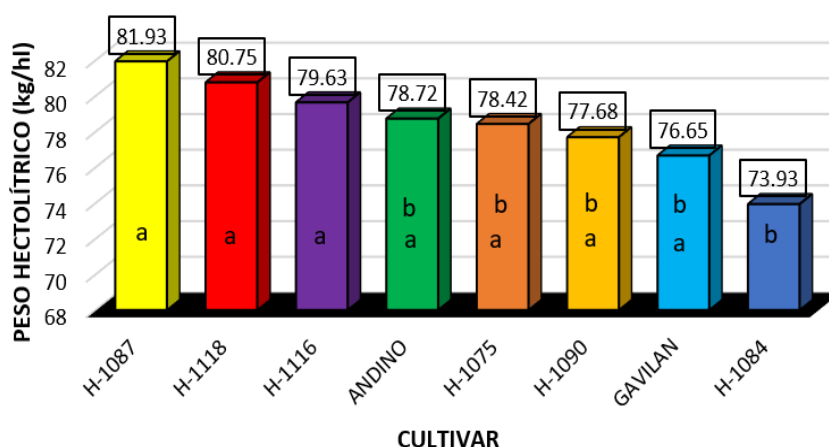
3.2. Componentes de calidad de grano

Peso hectolítrico

En la prueba de Tukey de los cultivares del 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.), cultivados en Canaán, a 2735 msnm*



Campillo & Jobet (2005), en investigaciones anteriores llevadas a cabo en el sur de Chile con un cultivar de trigo de alto rendimiento (*Triticum aestivum* L), se notó un incremento en el peso hectolítrico del trigo en relación con la aplicación de dosis elevadas de nitrógeno (200-250 kg N.ha⁻¹), divididas en cuatro aplicaciones. No obstante, no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre estas dosis, registrándose valores de 80.5 kg/hl y 80.1 kg/hl.

Este experimento, llevado a cabo en la Estación Experimental Agraria de Canaán, mostró resultados parecidos en el peso hectolítrico de las variedades analizadas, lo que indica una adecuada adaptación de los genotipos introducidos y una elevada calidad de los granos de trigo. El cultivar H-1087 sobresale por encima de los demás cultivares evaluados.

Noriega (1995) señala que el peso hectolítrico es un indicador del peso específico del trigo, lo que refleja su calidad. Además, este peso varía entre diferentes genotipos.

ICARDA (1988), sostiene que la evaluación del peso hectolítrico es un elemento crucial para determinar la calidad total del grano, además de calcular el espacio que los granos ocuparán durante su almacenaje y el traslado.

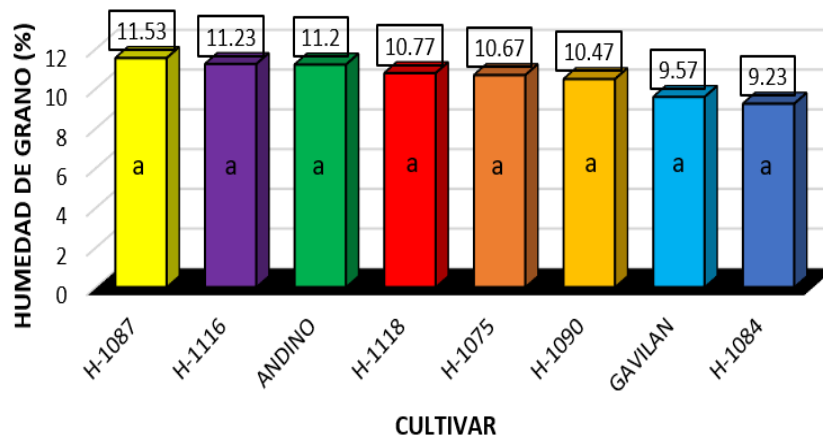
Dendy (2004), señala que uno de los indicadores más habituales para evaluar la calidad de trigo es el peso hectolítrico, en el ámbito de la comercialización. Este parámetro se relaciona con la cantidad de harina que se puede obtener por unidad de peso de trigo. Sin embargo, su confiabilidad puede verse comprometida, ya que depende de factores externos como la densidad de envasado del grano, su tamaño y forma, la superficie del grano, así como la presencia de impurezas, humedad y enfermedades. Además, la densidad de envasado puede ser influenciada por vibraciones en el laboratorio, variaciones en el manejo y el tipo de equipo empleado para contener el volumen.

Humedad del grano

La Figura 8 indica humedad del grano a la prueba de Tukey, donde las variedades H-1087, H-1116 y Andino son las de mayor humedad, aunque no existe una diferencia estadística en comparación con los demás cultivares solo se observa diferencia numérica.

Figura 8

Análisis de Tukey de la humedad del grano en ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.) cultivados en Canaán, a 2735 msnm



De acuerdo con Dendy (2004), tanto la humedad del grano como su desarrollo durante su crecimiento ejercen un impacto considerable en el peso por hectolítrico.

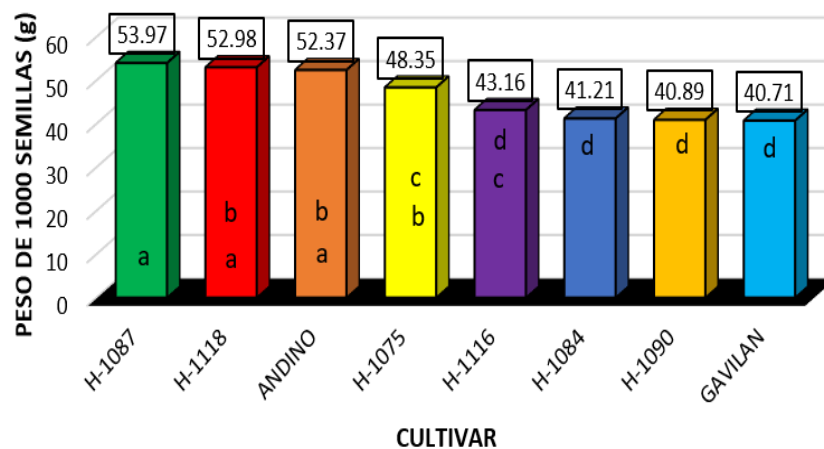
El porcentaje de humedad en el grano de trigo es un factor crucial para determinar las condiciones óptimas de almacenamiento. Valores superiores al 13% pueden favorecer la infestación por hongos, mientras que un grano demasiado seco puede ser propenso a la rotura y dificultar su acondicionamiento para la molienda. Para obtener un buen rendimiento y un almacenamiento adecuado, la harina debe tener un contenido de humedad entre el 13% y el 14% (Ysabel et al., 2018).

Peso de mil semillas

En la comparación de medias de los cultivares del peso de 1000 semillas Figura 9, 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. 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 9

Análisis de Tukey del peso de 1000 semillas (g) de ocho cultivares de trigo harinero (Triticum aestivum L.) cultivados en Canaán, a 2735 msnm



Martínez (2012) señala que el peso de 1000 semillas es un factor crucial para estimar el rendimiento potencial de un cultivo y también facilita el cálculo de la densidad de siembra adecuada para una localidad específica. Según sus resultados, las variedades Nazareno y Gavilán exhiben un peso promedio de 1000 semillas que oscila entre 40.8 g y 41.7 g.

Noriega (1995) indica que para las variedades Andino-INIA y Gavilán, el peso de 1000 granos fue de 43.33 g y 40.50 g, respectivamente. En contraste, Sulca (2009) encontró un promedio de 42 g para la variedad Nazareno en esta misma variable, que supera la característica del grano reportada en el Boletín Técnico del INIA, que es de 41.9 g. Esto sugiere que un adecuado manejo de la fertilización nitrogenada tiene un impacto positivo en este aspecto. En el presente experimento, los cultivares evaluados presentaron un peso de 1000 semillas en un rango de 53.97 g a 40.71 g, resultados que son similares a los reportados por los autores mencionados.

La densidad del trigo es un factor crucial, influenciado por diversos elementos como la variedad, el ciclo de cultivo, la fecha de siembra, el cultivo antecesor, la disponibilidad de agua, la fertilidad del suelo, el método de siembra, el peso de 1000 granos y el poder germinativo. Sin embargo, como regla general, se emplea un promedio de 120 kg/ha. Con un poder germinativo del 95% y un peso de 1000 semillas de entre 38 y 40 gramos, se logra un porcentaje de emergencia del 80% en el campo (Bragach & Méndez, 2004).

CONCLUSIONES

1. Los cultivares Gavilán y H - 1084 llegaron a la madurez fisiológica a los 105 días después de la siembra, mostrándose como las más precoces; mientras que los demás cultivares inician a los 108 días y terminan a los 125 días después de la siembra. La cosecha se realizó a los 140 días después de la siembra.

2. Los cultivares H-1087, H-1090 y H-1118 muestran mayores números de espigas/m² (385.54, 315.89 y 313.64) respectivamente. Este resultado refleja el potencial productivo de los cultivares.
3. El cultivar H-1116 alcanzó una mayor altura (97.40 cm). La altura menor fue alcanzada por el cultivar H-1087 (79.10 cm). beneficio que es adecuada para responder a altos niveles de fertilización y no quebrarse.
4. El cultivar H-1087 es la variedad que presentó el mayor rendimiento, con 7682.33 kg.ha⁻¹, con una diferencia numérica de los cultivares H-1118, H-1090, H-1075 y Andino respectivamente.
5. Los cultivares, H-1087 y H-1118 muestran un mayor peso hectolítrico con cifras de 81.93 kg/hl y 80.75 kg/hl, sobrepasando a los demás cultivares. En el peso de 1000 semillas el cultivar H-1087 presenta el mayor peso, con un valor de 53.97 g, se destaca como grano de gran tamaño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bragach, M. & Mendez, A. (2004). Siembra de trigo con sembradora- abonadora. Proyecto agricultura de precisión. INTA MANFREDA. Córdoba – Argentina.
- Campillo, R. & Jobet, F. (2005). Fertilización nitrogenada para trigo de alto rendimiento potencial en Andisoles de la región de la Araucanía Chile. Boletín.
- 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. INÍA – Ayacucho. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. UNSCH. Ayacucho – Perú.
- Contreras, J. (2004). Comparativo de 5 Variedades de Trigo Harinero (*Triticum vulgare*) Canaán, 2750 m.s.n.m. Ayacucho - Perú. Tesis Ing. Agrónomo UNSCH. Huamanga - Ayacucho.
- De La Cruz, H. (1992). Respuesta a Densidades de Siembra y Formulas de Abonamiento de dos Cultivares de Trigo (*Triticum aestivum*), en Canaán 2750 msnm. Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo UNSCH.
- Dendy, D. (2004). Cereales y productos derivados, Química y tecnología. Introducción a los cereales, almacenamiento y transporte de los granos y sus productos, pérdidas post-cosecha, almidones y proteínas de los cereales, técnicas nir en el análisis de cereales/trigo y harina, fabricación de harina Zaragoza, España: Acribia.
- Galdos, M. (2007). La Problemática del Trigo. Sub Dirección Regional de la Asociación de Trigo de los Estados Unidos (U.S. Wheat Associates).

- Gomez, P. (2004). Cultivo de trigo en la sierra peruana. Proyecto Transformación de la Tecnología Agropecuaria (TTA), bajo el auspicio del Gobierno del Perú y la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos en el Perú USAID /Lima – Perú
- ICARDA. (1988). International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Grup Quality Evaluation methods And Guidelines. Syria. Disponible en: <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. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Maldonado, D. (2004). Requerimientos de agua en la producción de trigo. En Mellado, Boletín de trigo 2004 manejo tecnológico, Chillan Boletín INIA N° 114. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR31873.pdf>
- Martinez, 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. Ayacucho Tesis Ing. Agrónomo Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Muñoz, D. (2018). Rendimiento de cuatro variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L). Canaán 2750 msnm, Ayacucho Tesis Ing. Agrónomo Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Noriega, K. (1995). Evaluación del rendimiento y otras características de 25 líneas en trigo harinero en la Costa Central. Tesis. Ing. Agrónomo. UNA La Molina. Lima, Perú.
- Ogosi, C. (2004). Factores que Correlacionan con el Rendimiento de 5 Líneas de Trigo (*Triticum vulgare* L.), Canaán, 2750 msnm. Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Poehlman, J., & Allen, D. (2004). Mejoramiento Genético de las Cosechas. Edit. Limusa. 2da. edición México. Disponible en: <https://libreria-limusa.com/producto/mejoramiento-genetico-de-las-cosechas-2a-ed>.
- Rodriguez, 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.
- 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 a 2720 msnm. Ayacucho. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNSCH. Ayacucho - Perú.

- Sulca, R. (2009). Producción y Calidad del Grano de Trigo (*Triticum A aestivum L.*). Bajo Diferentes Regímenes de Fertilización Nitrogenada. Canaán 2750 msnm, Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH.
- Villanueva, N. (2003). El cultivo de trigo en el Perú. EL Agro Revista del Capítulo de Ingeniería Agronómica y Zootecnia CDL-CIP. Año V N° 9 Julio.
- Ysabel, M. y Rojas, N. (2018). Tesis Influencia De La Variedad De Trigo (*Triticum aestivum*) Sobre La Calidad Panadera De La Harina Producida. en la Empresa Alimenta Perú S.A.C. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/2120>.