

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2026,
Volumen 10, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i2

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE DIEZ VARIETADES DE TRIGO HARINERO EN CULTIVO DE SECANO EN DOS AMBIENTES DE CUSCO - PERÚ, 2019-2020

**EVALUATION OF THE YIELD OF TEN VARIETIES OF BREAD
WHEAT IN RAINFED CULTIVATION IN TWO ENVIRONMENTS IN
CUSCO, PERU, 2019-2020**

Gloria Cuba Mellado

Universidad Nacional de San Antonio

Aquilino Álvarez Cáceres

Universidad Nacional de San Antonio

Elizabeth Céspedes Flores

Universidad Nacional de San Antonio

Evaluación del rendimiento de diez variedades de trigo harinero en cultivo de secano en dos ambientes de Cusco - Perú, 2019-2020

Gloria Cuba Mellado¹

gloriacuba2906@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-9762-1528>

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco 08003, Perú

Aquilino Álvarez Cáceres

aquilino.alvarez@unsaac.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-7699-692X>

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco 08003, Perú

Elizabeth Céspedes Flores

elizabeth.cespedes@unsaac.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-4389-2227>

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco 08003, Perú

Rigoberto Estrada Zúñiga²

restrada@inia.gob.pe

<https://orcid.org/0000-0002-0652-9437>

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Cusco. 08002, Perú

RESUMEN

La investigación evaluó la influencia del secano y la variabilidad climática en el rendimiento de diez variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en los distritos de Taray y Zurite, Cusco, empleando un diseño de bloques completos al azar durante la campaña 2019-2020. El análisis climatológico identificó un déficit hídrico del 15.6% y un descenso significativo de las temperaturas mínimas en Zurite ($p = 0.0006$), con una reducción de la temperatura de 2.58 °C respecto al promedio histórico durante el ciclo del cultivo. En estas condiciones de estrés térmico, Zurite alcanzó un rendimiento promedio superior (6.24 t/ha) frente a Taray (4.08 t/ha), confirmándose una interacción genotipo-ambiente altamente significativa ($p = 0.0005$). La variedad INIA 434 Espiga Misha destacó como la más productiva, alcanzando 7.197 t/ha en Zurite, mientras que INIA 418 El Nazareno mostró mayor estabilidad en el ambiente restrictivo de Taray con 4.86 t/ha. El rendimiento de grano presentó correlaciones positivas y altamente significativas con los días a madurez ($r = 0.62$) y la altura de planta ($r = 0.44$). Se concluye que el uso de genotipos con ciclos de desarrollo prolongados permite maximizar la productividad al capitalizar los recursos disponibles ante la variabilidad térmica e hídrica de la región

Palabras clave: Componentes del rendimiento, trigo, genotipo-ambiente, variabilidad climática

¹ Autor principal

² Correspondencia: restrada@inia.gob.pe

Evaluation of the yield of ten varieties of bread wheat in rainfed cultivation in two environments in Cusco, Peru, 2019-2020

ABSTRACT

The research evaluated the influence of rainfed farming and climate variability on the yield of ten varieties of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in the districts of Taray and Zurite, Cusco, using a completely randomized block design during the 2019-2020 season. Climatological analysis identified a water deficit of 15.6% and a significant decrease in minimum temperatures in Zurite ($p = 0.0006$), with a temperature reduction of 2.58 °C compared to the historical average during the crop cycle. Under these conditions of thermal stress, Zurite achieved a higher average yield (6.24 t/ha) than Taray (4.08 t/ha), confirming a highly significant genotype-environment interaction ($p = 0.0005$). The INIA 434 Espiga Misha variety stood out as the most productive, reaching 7.197 t/ha in Zurite, while INIA 418 El Nazareno showed greater stability in the restrictive environment of Taray with 4.86 t/ha. Grain yield showed positive and highly significant correlations with days to maturity ($r = 0.62$) and plant height ($r = 0.44$). It is concluded that the use of genotypes with prolonged development cycles allows productivity to be maximized by capitalizing on available resources in the face of the region's thermal and water variability.

Keywords: Yield components; wheat; Genotype-environment interaction; climate variability

Artículo recibido 28 febrero 2026

Aceptado para publicación: 28 marzo 2026



INTRODUCCIÓN

La agricultura en el Perú se posiciona como una de las actividades económicas y sociales más vulnerables frente a la variabilidad de las condiciones atmosféricas. De acuerdo con (Llacza et al., 2021), regiones agrícolas críticas como la sierra sur y, específicamente, el departamento del Cusco, enfrentan proyecciones alarmantes que incluyen un incremento térmico de hasta 3.5 °C y una mayor frecuencia de años con sequías extremas. Estas condiciones de estrés ambiental, sumadas a la reducción de precipitaciones, representan una amenaza directa para los ciclos biológicos de los cultivos, demandando la priorización de acciones de adaptación para salvaguardar la seguridad alimentaria en estos territorios. En los sistemas de producción de la zona altoandina, el rendimiento del trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) está determinado fundamentalmente por la disponibilidad hídrica y la temperatura. Al respecto, (Cheng et al., 2022) sostienen que el rendimiento de los granos pequeños está significativamente influenciado por las variaciones climáticas, donde los aumentos de temperatura y las fluctuaciones en la precipitación impactan directamente en la productividad final. Por ello, resulta imperativo estudiar la interacción entre el material genético y el entorno, ya que la respuesta de las variedades puede cambiar drásticamente según el escenario climático específico. La interacción genotipo-ambiente es un factor determinante para alcanzar la estabilidad productiva, especialmente en condiciones de secano o temporal. Según (Villaseñor-Mir et al., 2025), la selección de variedades con alta adaptación a diversos niveles de precipitación es clave para minimizar las pérdidas de rendimiento causadas por la variabilidad interanual. En este contexto, la evaluación de materiales generados por instituciones de investigación, como el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), debe considerar no solo el potencial genético, sino también la capacidad de resiliencia del cultivo ante factores como el estrés térmico diurno y el enfriamiento nocturno. El comportamiento fenológico del trigo, entendido como la secuencia de fases de desarrollo controladas por factores genéticos y ambientales, es un indicador crítico de esta adaptación. (Castillo et al., 2015) señalan que estos factores ocasionan cambios morfológicos y funcionales que definen el éxito del crecimiento. Ante la escasez de humedad, algunas variedades pueden presentar mecanismos de "escape a la sequía" mediante una madurez forzada o senescencia prematura, lo cual reduce la duración del llenado de grano y, por ende, el peso final. Asimismo, temperaturas extremas en



etapas críticas pueden comprometer la fertilidad de las espiguillas, limitando el potencial productivo de la zona.

Por lo tanto, se tuvo la necesidad de evaluar variedades de trigo que demuestren una mejor interacción con el ambiente y estabilidad fenotípica para mitigar la dependencia de la variabilidad climática. El estudio detallado en microcuencas con características agroecológicas diferenciadas permite identificar genotipos que optimicen el uso de los recursos naturales disponibles bajo condiciones de secano moderado o extremo. Considerando la problemática expuesta, la presente investigación se planteó como objetivos: Evaluar la influencia de las condiciones de secano en el rendimiento de grano de diez variedades de trigo harinero instaladas en los distritos de Taray y Zurite durante la campaña 2019-2020. Analizar la interacción genotipo-ambiente y la adaptabilidad de los materiales genéticos del INIA frente a las anomalías térmicas e hídricas locales e identificar las variedades de mayor estabilidad y potencial productivo para la región Cusco, basándose en la evaluación de sus componentes de rendimiento y comportamiento fenológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ámbito de estudio. El trabajo de investigación fue desarrollado en la campaña agrícola 2019-2020 en dos ambientes con características agroecológicas diferentes ubicados en las provincias de Anta y Calca, del departamento del Cusco: i) El distrito de Taray ubicado en la cuenca y subcuenca de Quesermayo, a 2,968 m.s.n.m, a 13° 25' 42" de latitud sur y 71° 52' 02" de longitud oeste, ii) El distrito de Zurite ubicado a 3405 m.s.n.m en la cuenca del Vilcanota y microcuenca Sambor con coordenadas de 13°45'47" latitud sur y 72°25'56" longitud oeste. La investigación fue de tipo aplicada con dos variables (Vara-Horna, 2012) , explicativo de naturaleza cuantitativa (Hernández, 2014)

Material genético y diseño experimental. Se evaluaron diez variedades de trigo de trigo harinero, que fueron instaladas utilizando el Diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones cada unidad experimental ocupó de 28.80 m², con un área total de 1296 m² por localidad, considerando que el principio del bloqueo garantizó la homogeneidad interna de los bloques para que las diferencias observadas se expliquen principalmente por las variaciones entre ellos (Balzarini et al., 2017).

Manejo del campo experimental. El manejo agronómico del trabajo de investigación se desarrolló en base a las recomendaciones (Estrada, 2020) con la preparación mecanizada del suelo, la siembra manual



en surcos distanciados 0.30 m. en 16 surcos por unidad experimental con una densidad de siembra de 120 kg/ha fertilización química de 80-80 00 de K, P₂O₅, K₂O, para el control de malezas, se aplicó el herbicida Ally (Metsulfuron metil) aplicado a los 25 días posteriores a la emergencia a las dosis de 10 gr/ha, la labor de cosecha fue semi mecanizada con el corte manual, la trilla y la limpieza de granos con maquinaria experimental

Técnicas de recolección de la información. Los datos climatológicos del período de desarrollo del estudio 2019-2020 corresponde a información de las Estaciones Meteorológicas del INIA en Zurite y Taray y de las estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) para datos de temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media y precipitación en un periodo de 10 años (2009-2019). Las evaluaciones fenológicas fueron desarrolladas según (Castillo et al., 2015) que define a la fenología del cultivo de trigo como la secuencia de las fases del desarrollo controlados por factores genéticos agronómicos y ambientales que ocasionan cambios morfológicos y funcionales y conducen al crecimiento y desarrollo. Para las evaluaciones de los componentes de rendimiento se desarrollaron por conteo directo registrando la información del número de plantas/m², número de espigas/m², número de granos por espiga, altura de planta, tamaño de espiga, peso de mil granos, peso hectolítrico, humedad de grano a la cosecha, rendimiento de campo y rendimiento ajustado (CIMMYT, 2012) promedio de almacenaje al 12% de humedad

Técnicas de análisis de datos. Se realizaron análisis exploratorios para probar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, se calcularon las medidas de resumen, análisis de varianza por localidad y combinado para los dos ambientes, comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$). Para ello, se utilizó el software estadístico InfoStat versión 2018p. (Balzarini et al., 2017) .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización climática de las zonas de estudio

La distribución pluvial de 2020 evidenció una alteración significativa frente al registro histórico 2009-2019. En Zurite, se observó un déficit hídrico en 10 de los 12 meses, agravado al inicio de la temporada de lluvias. Octubre registró una reducción del 76% (52.44 mm menos que el promedio histórico de 68.64 mm), lo que representó un retraso crítico en la disponibilidad de humedad del suelo para el inicio de las campañas de secano



Tabla 1. Precipitación promedio anual acumulada histórica y del año experimental 2020

Zona	Precipitación histórica (mm)	Precipitación 2020 (mm)	Variación
Zurite	932.38	786.6	-15.60%
Taray	564.66	553.3	-2.00%

Tabla 2. Precipitación mensual multianual (2009-2019) frente al registro del año 2020 y determinación de anomalías hídricas en las estaciones de Zurite y Taray.

Mes	Zurite			Taray		
	Precipitación histórica	Precipitación 2020	Anomalía	Precipitación histórica	Precipitación 2020	Anomalía
Ene	193.76	147.20	46.56	123.4	127.10	-3.70
Feb	179.89	165.60	14.29	100	90.80	9.20
Mar	143.32	137.20	6.12	86.77	77.80	8.97
Abr	39.54	18.40	21.14	30.18	1.80	28.38
May	8.5	26.00	-17.50	6.98	12.80	-5.82
Jun	6.89	1.40	5.49	5.74	0.00	5.74
Jul	7.24	0.00	7.24	4.73	1.20	3.53
Ago	8.79	3.20	5.59	5.92	0.00	5.92
Set	17.92	3.00	14.92	10.41	0.00	10.41
Oct	68.64	16.20	52.44	37.98	44.20	-6.22
Nov	97.83	115.60	-17.77	55.25	97.40	-42.15
Dic	160.06	152.80	7.26	97.3	100.20	-2.90

Durante la campaña 2020 (Tabla 1 y 2), las localidades de Zurite y Taray presentaron condiciones pluviométricas atípicas. En Zurite se registró un déficit hídrico en 10 de 12 meses, con precipitaciones 15.6% menores al promedio histórico y un octubre crítico de 52.44 mm, un 76% inferior al histórico (68.64 mm). En Taray, la precipitación se mantuvo cercana al promedio. Estos resultados indican un escenario de secano moderado, especialmente en Zurite, condicionando la disponibilidad de humedad para los cultivos.

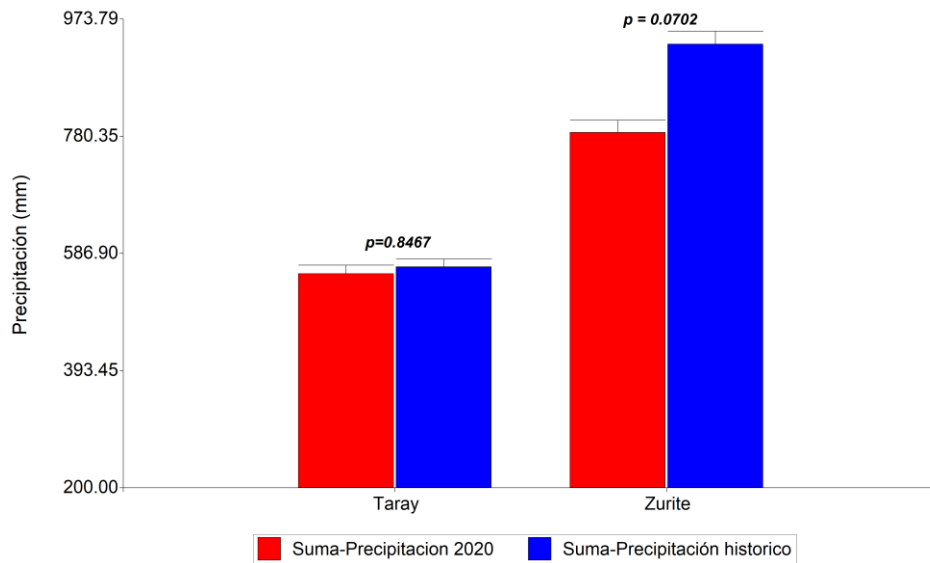
De manera consistente, (Aragón et al., 2024) reportaron un estiaje acentuado en Cusco, con promedios de 38.9 mm en Anta y 35.2 mm en Pisac, mientras que (Llacza et al., 2021) señalan que en Perú la precipitación anual presenta variaciones espaciales importantes, con incrementos de hasta 45% y reducciones de 40%, principalmente en la Amazonia y con fluctuaciones en los Andes. Estas alteraciones pluviométricas, junto con la variabilidad interanual, reflejan la influencia de eventos extremos y cambio climático, afectando la seguridad alimentaria y la gestión hídrica en las microcuencas de Cusco, destacando la necesidad de estrategias de manejo adaptativo para cultivos de secano.

Tabla 3. Prueba t de Student para muestras independientes: Comparación de la precipitación media mensual (histórica vs. 2020) con énfasis en el ciclo agrícola (noviembre-junio).

Localidad	Precipitación	Precipitación	Valor t	Valor p
	Histórica (mm)	2020 (mm)		
Taray (Anual)	47.055	46.108	0.198	0.8467
Zurite (Anual)	77.698	65.55	2.005	0.0702
Taray (Ciclo Nov_Jun)	63.203	63.488	-0.04	0.9692
Zurite (Ciclo Nov_Jun)	103.724	95.525	1.116	0.3013

A pesar de las variaciones mensuales, la prueba t de Student (tabla 3) indicó que, a un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0.05$), no existen diferencias estadísticamente significativas entre la precipitación del 2020 y el promedio histórico (2009-2019) en ninguna localidad. En Taray, el valor fue $p = 0.8467$ y en Zurite, aunque menor ($p = 0.0702$), ambos superan el umbral crítico, indicando que las fluctuaciones observadas se mantienen dentro de la variabilidad histórica. Según (Aragón et al., 2024), el comportamiento hídrico de la sierra sur peruana en 2020 estuvo influenciado por una transición hacia condiciones de “La Niña”, generando irregularidades en la distribución mensual sin afectar significativamente los acumulados promedios en valles interandinos. El análisis del ciclo agrícola (noviembre-junio) confirma esta tendencia, con valores $p = 0.9692$ en Taray y $p = 0.3013$ en Zurite, lo que respalda que la precipitación acumulada se mantuvo dentro de los rangos normales de variabilidad de la región, en concordancia con lo señalado por (Llacza et al., 2021).

Figura 01. Comparación de precipitación histórica frente al registro del año 2020 con prueba t de student para muestras pareadas



De la figura 1 en Zurite, se observó un déficit marcado de lluvias en enero, febrero y abril en comparación con el histórico. En Taray, la caída de precipitación en abril (mes crítico para el llenado de grano) fue drástica (casi 0 mm frente a los 30 mm histórico). La ausencia de significancia estadística ($p > 0.05$) sugiere que, si bien el año 2020 presentó anomalías mensuales puntuales (Tabla 2), la proximidad del valor p en Zurite (0.0702) al umbral de significancia merece atención. Esto indica que Zurite experimentó una presión hídrica más cercana a lo anómalo que Taray, lo cual podría estar vinculado a microclimas locales propios de la zona al respecto (Llacza et al., 2021), señala que el análisis de los escenarios climáticos revela que en el sur del Perú las precipitaciones presentan una marcada concentración estacional entre octubre y marzo, durante estos meses se registran los mayores acumulados pluviales, con picos máximos específicos en febrero para la sierra sur.

Figura 2. Variabilidad térmica mensual en la localidad de Taray: Comparativa de temperaturas máximas, mínimas y medias del año 2020 frente al promedio histórico (2009-2019).

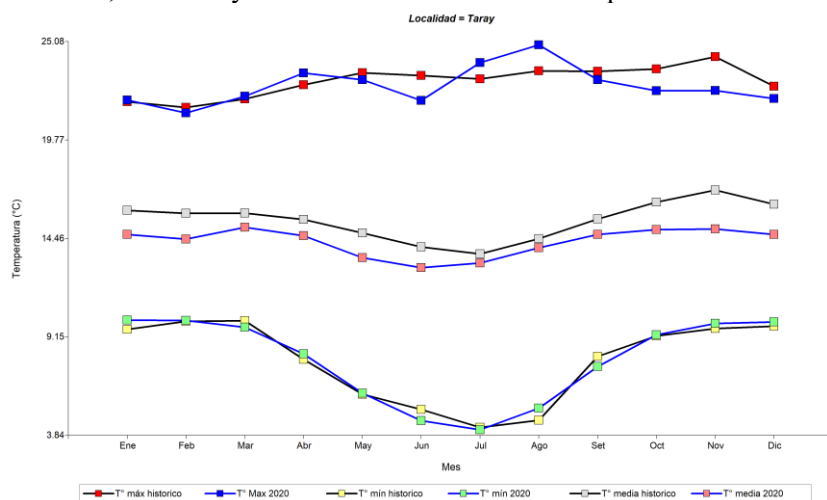
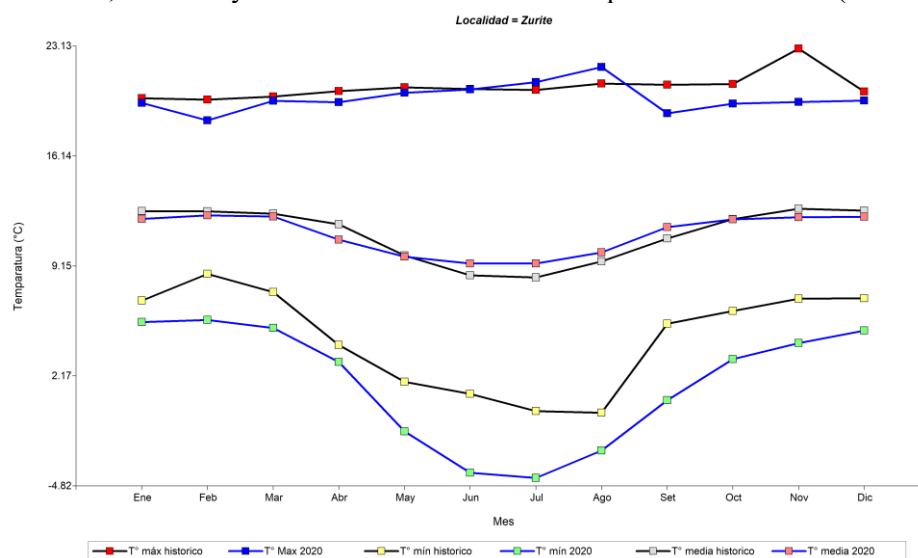


Figura 3. Variabilidad térmica mensual en la localidad de Taray: Comparativa de temperaturas máximas, mínimas y medias del año 2020 frente al promedio histórico (2009-2019).



Según (Llacza et al., 2021), los Andes experimentan aumentos significativos en los extremos de temperatura media durante la época de estiaje, con incrementos entre 2.6 y 3.0 °C. En contraste, los perfiles térmicos de 2020 en las microcuencas estudiadas (Figuras 2 y 3) evidencian respuestas diferenciadas: mientras Taray mostró una estabilidad térmica moderada, Zurite presentó un enfriamiento nocturno extremo durante los meses de invierno (mayo-agosto).

El análisis comparativo entre el periodo histórico (2009-2019) y el año 2020 confirma estas diferencias térmicas, mostrando contrastes significativos en las temperaturas mínimas y medias, y reflejando una



clara alteración del régimen térmico en ambas localidades. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas en las temperaturas máximas (todos los valores $p > 0.05$), aunque en Zurite se observa una tendencia a la baja ($p = 0.0601$) que no alcanza significancia. El cambio más marcado fue en las temperaturas mínimas en Zurite, con una reducción altamente significativa tanto anual ($p < 0.0001$) como durante el ciclo agrícola ($p = 0.0006$). La media de las mínimas cayó de $5.53\text{ }^{\circ}\text{C}$ (histórico) a $2.94\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2020), una disminución superior a $2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. En contraste, Taray no presentó cambios significativos ($p > 0.05$), indicando que el enfriamiento nocturno extremo fue un fenómeno localizado en Zurite.

Tabla 4. Prueba t de Student de comparación de las temperaturas máxima, mínima y media (histórica vs. 2020) con énfasis en el ciclo agrícola (noviembre-junio).

Localidad	T° Histórica (°C)	Máxima 2020 (°C)	T° Histórica (°C)	Máxima 2020 (°C)	Valor t	Valor (sig.)	p
Taray (Anual)	22.942	22.694	22.942	22.694	0.908	0.3835	
Zurite (Anual)	20.525	19.822	20.525	19.822	2.111	0.0585	
Taray (Ciclo Nov_Jun)	22.709	22.255	22.709	22.255	1.584	0.1573	
Zurite (Ciclo Nov_Jun)	20.48	19.613	20.48	19.613	2.239	0.0601	

Localidad	T° Histórica (°C)	Mínima 2020 (°C)	T° Histórica (°C)	Mínima 2020 (°C)	Valor t	Valor (sig.)	p
Taray (Anual)	7.901	0.393	7.901	0.393	-0.345	0.7363	
Zurite (Anual)	1.713	1.249	1.713	1.249	8.138	<0.0001	
Taray (Ciclo Nov_Jun)	8.515	8.57	8.515	8.57	-0.423	0.6848	
Zurite (Ciclo Nov_Jun)	5.53	2.946	5.53	2.946	5.97	0.0006	

Localidad	T° Histórica (°C)	Media 2020 (°C)	T° Histórica (°C)	Media 2020 (°C)	Valor t	Valor (sig.)	p
Taray (Anual)	15.436	14.285	15.436	14.285	8.271	<0.0001	
Zurite (Anual)	11.193	11.193	11.193	11.193	-0.005	0.9962	
Taray (Ciclo Nov_Jun)	15.653	14.339	15.653	14.339	8.741	0.0001	
Zurite (Ciclo Nov_Jun)	11.676	11.408	11.676	11.408	1.534	0.1689	

Según el (INIA, 2016), temperaturas inferiores a 3°C en etapas críticas pueden causar esterilidad de espiguillas en variedades no precoces, lo que explica que, pese a contar con buena precipitación, ciertas zonas del Cusco no alcancen su potencial productivo de 5.00 t/ha , limitándose por el estrés térmico

nocturno. En cuanto a la temperatura media, se observa un comportamiento divergente entre localidades. En Taray, la temperatura media descendió significativamente de 15.4°C a 14.2°C ($p < 0.0001$), indicando una mayor persistencia de temperaturas bajas durante el día, aunque sin alcanzar mínimos extremos. Por el contrario, en Zurite no se registraron cambios significativos en la temperatura media anual ni durante el ciclo agrícola ($p > 0.05$). De acuerdo con (Llacza et al., 2021), la sierra sur, especialmente Cusco, es una de las regiones más vulnerables al cambio climático en Perú, con proyecciones de aumento térmico de entre 2.8°C y 3.2°C para temperaturas máximas y mínimas hacia 2050. Este panorama incrementa la vulnerabilidad agrícola y subraya la necesidad de implementar medidas climáticas urgentes para mitigar impactos futuros.

Tabla 5. Variables agronómicas, componentes de rendimiento y productividad final del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) en las localidades de Zurite y Taray (Campaña 2020).

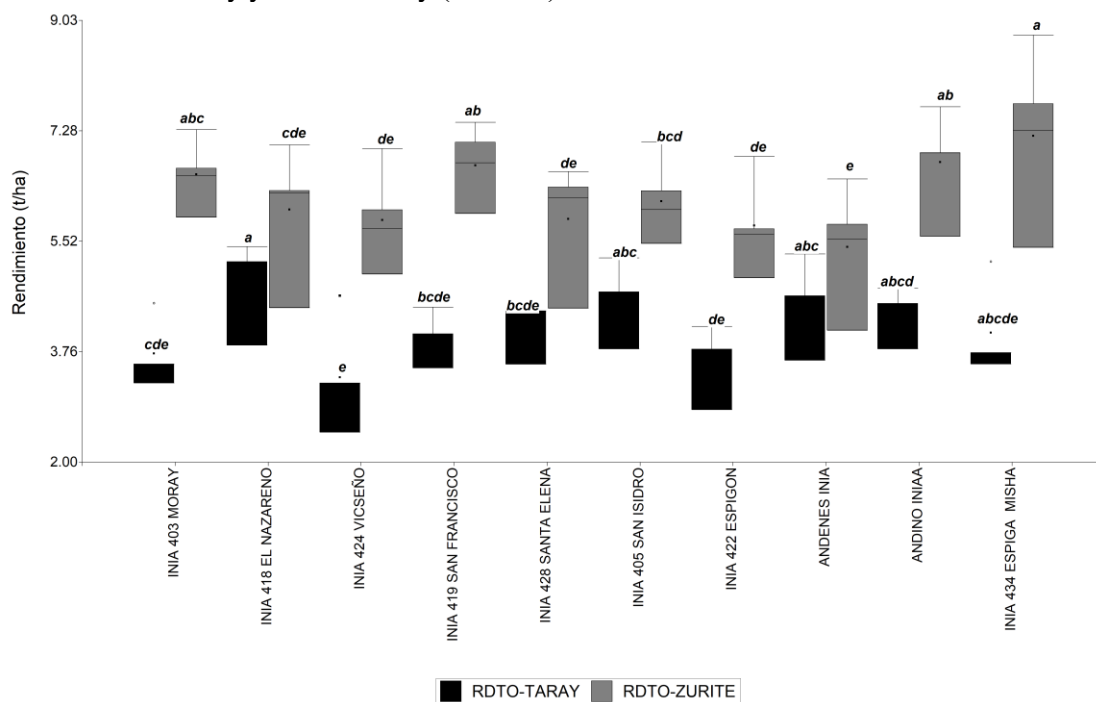
Variab les	Zurite	Taray
Número de plantas/m ²	249±19.52	256 ± 15.93
Número de espigas/m ²	748±58.03	640 ± 39.93
Número granos por espiga	52±8.33	52 ± 8.52
Días a espigado	68±2.99	59 ± 3.58
Días a madurez fisiológica	162±2.99	153 ± 3.58
Altura de planta (cm)	104.23±9.93	92.7 ± 10.09
Tamaño de espiga (cm)	8.95±0.95	9.53 ± 1.08
Peso de mil granos (g)	48.45±3.77	47.02 ± 3.09
Peso Hectolitrico (kg/hl)	79.83±1.45	81.2 ± 0.87
Rendimiento (t/ha)	6.24±0.97	4.08 ± 0.72

El análisis comparativo de los parámetros agronómicos (tabla 5) muestra un mejor desempeño en Zurite respecto a Taray, con un rendimiento promedio de 6.24 t/ha frente a 4.08 t/ha, lo que representa una diferencia del 53%. Esta mayor productividad se explica principalmente por el mayor número de espigas por m² (748 en Zurite frente a 640 en Taray), lo que indica una mejor capacidad de macollamiento y establecimiento del cultivo en los suelos de Zurite. En contraste, (Palmieri & Maich, 2019) reportaron para trigo pan 361 espigas/m², 22 granos por espiga, 31.4 g de peso de mil granos y un rendimiento de

2465 kg/ha, valores inferiores a los obtenidos en el presente estudio, lo que sugiere que el mayor número de espigas y granos por unidad de área explica la mayor productividad observada. Asimismo, (Tambussi et al., 2025) señalan que los órganos verdes de las estructuras reproductivas, especialmente la espiga, poseen actividad fotosintética y cumplen un papel clave en el rendimiento, lo que respalda la importancia del mayor número de espigas registrado en el área de estudio.

Respecto al ciclo fenológico (Mamani Vargas & Blanco Villacorta, 2024), reportaron en Patacamaya (Bolivia) 113.27 días a floración y 142.84 días a maduración, condiciones que favorecieron espigas más largas y un rendimiento máximo de 2.374 t/ha en el genotipo L-13. En comparación, la madurez fisiológica en el presente estudio fue mayor (162 días en Zurite y 153 días en Taray), lo que, junto con una altura de planta de 104.23 cm, indica mayor acumulación de biomasa y se reflejó en un peso de mil granos de 48.45 g. Aunque en Taray se registró un peso hectolítrico mayor (81.2 kg/hl), indicando granos más densos, esto no compensó el menor número de espigas por superficie. Destaca además que Zurite, pese a presentar menores temperaturas mínimas y déficit inicial de lluvias, alcanzó mayor rendimiento, lo que sugiere la influencia de factores como fertilidad del suelo, mayor retención de humedad o adaptación de la variedad a las heladas, que habrían compensado el estrés climático del año 2020.

Figura 4. Rendimiento de grano (t/ha) de diez variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) en las localidades de Taray y Zurite. Tukey ($\alpha=0.05$).



El análisis de comparación múltiple de Tukey (figura 4) evidenció una mayor productividad en Zurite respecto a Taray para la mayoría de los genotipos evaluados. En Zurite, la variedad INIA 434 Espiga Misha alcanzó el mayor rendimiento (7.197 t/ha), destacando como la de mayor potencial productivo para esta localidad. En contraste, en Taray los rendimientos fueron menores y más homogéneos, donde INIA 418 El Nazareno mostró mayor estabilidad relativa con 4.860 t/ha. Asimismo, INIA 424 Vicseño presentó los rendimientos más bajos en ambas localidades, lo que sugiere menor adaptabilidad a las condiciones climáticas de la campaña 2020. La mayor dispersión de rendimientos en Zurite indica una respuesta varietal más variable bajo condiciones de secano, mientras que en Taray la respuesta fue más uniforme pero limitada por el potencial productivo del ambiente. En conjunto, los resultados evidencian una clara interacción genotipo-ambiente, donde el potencial de rendimiento se maximiza en Zurite.

Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de grano (t/ha), considerando los efectos de localidad, tratamiento e interacción.

Fuente de varianza	SC	GL	CM	F	p-valor
Localidad	93.4049	1	93.4049	349.6115	<0.0001
Repetición (Localidad)	23.7	6	3.95	14.7847	<0.0001
Tratamiento	9.6704	9	1.0745	4.0218	0.0006
Localidad*Tratamiento	9.7125	9	1.0792	4.0393	0.0005
Error	14.4271	54	0.2672		
Total	150.9149	79	R ² = 0.9044, CV=10.02%		

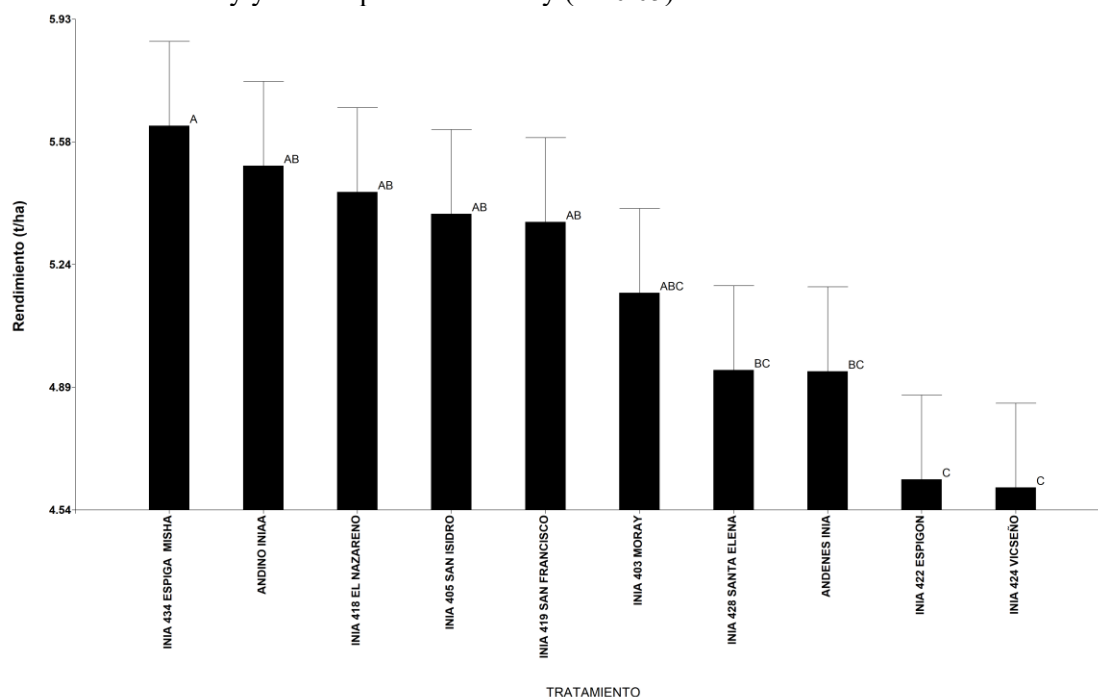
El análisis de varianza (tabla 6) mostró que todos los factores evaluados influyeron significativamente en el rendimiento del trigo ($p < 0.01$). Para localidades presentó el mayor valor F (349.61), confirmando que las condiciones ambientales de Zurite y Taray fueron el factor de mayor impacto en la productividad. Asimismo, para tratamientos ($p = 0.0006$) y la interacción localidad*tratamiento ($p = 0.0005$) resultaron significativos, evidenciando que la respuesta de los tratamientos dependió de las condiciones de cada ambiente. El modelo presentó un $R^2 = 0.90$ y un CV de 10.02%, lo que indica alta confiabilidad y precisión experimental.

Tabla 7. Prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) para el rendimiento de grano (t/ha) del cultivo de trigo en las localidades de Zurite y Taray.

Localidad	Rendimiento (t/ha)	Prueba Tukey ($\alpha = 0.05$)
ZURITE	6.238	A
TARAY	4.077	B

Los resultados (tabla7) confirmaron las diferencias significativas entre localidades. Zurite alcanzó 6.238 t/ha, superando a Taray con 4.077 t/ha, evidenciando el efecto del ambiente determinante y no aleatorio sobre la productividad del trigo. Estos rendimientos superan ampliamente el promedio regional reportado por (MIDAGRI, 2020) de 1.999 t/ha, para Cusco en el periodo de ejecución del trabajo experimental

Figura 5. Rendimiento promedio de diez variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) evaluadas en las localidades de Taray y Zurite. prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$).



El análisis de comparación de medias (Figuras 5) permitió jerarquizar el potencial productivo de los genotipos evaluados. La variedad INIA 434 Espiga Misha destacó por su mayor rendimiento (5.629 t/ha). Un segundo grupo conformado por Andino INIA, INIA 418 El Nazareno, INIA 405 San Isidro e INIA 419 San Francisco, sin diferencias estadísticas respecto a Espiga Misha, con rendimientos entre (5.356 y 5.516 t/ha), evidenciando alto rendimiento y estabilidad. En contraste, INIA 422 Espigón e INIA 424 Vicseño presentaron los menores rendimientos, inferior a 4.700 t/ha, mostrando menor

adaptación. La brecha cercana a 1 t/ha entre el primer y último grupo resalta la importancia de la selección genética en la productividad del trigo. Comparativamente, los rendimientos obtenidos superan reportes de la región andina, como 2.372 t/ha en el altiplano boliviano (Mamani Vargas & Blanco Villacorta, 2024), 4.069 t/ha en Argentina con el trigo Buck Guarani (Angel et al., 2019) y alrededor de 3.0 t/ha en la sierra de Huánuco (Limaylla, 2016). Aunque (Golik et al., 2022), reportaron valores entre 6.804 y 9.855 t/ha en Argentina, estos corresponden a ambientes de mayor potencial productivo.

En condiciones de variabilidad climática registradas en Cusco en 2020 (déficit hídrico y bajas temperaturas), INIA 434 Espiga Misha mostró mayor resiliencia y capacidad productiva, respaldando la importancia de la interacción genotipo-ambiente. Resultados similares fueron señalados por Villaseñor-Mir et al. (2025) y Kirouani et al. (2023), quienes destacan que esta interacción determina la estabilidad del rendimiento en sistemas de secano y ambientes contrastantes.

En condiciones de variabilidad climática registradas en Cusco en 2020 (déficit hídrico y bajas temperaturas), INIA 434 Espiga Misha mostró mayor resiliencia y capacidad productiva, respaldando la importancia de la interacción genotipo-ambiente. Resultados similares fueron señalados por (Villaseñor-Mir et al., 2025) y (Kirouani et al., 2023), quienes destacan que esta interacción determina la estabilidad del rendimiento en sistemas de secano y ambientes contrastantes.

Tabla 8. Variables fenológicas, componentes del rendimiento y peso hectolítrico de diez variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en los distritos de Zurite y Taray, 2020.

TRATAMIENTO	Días a espigado			Días a madurez			Altura planta (cm)		
ANDENES INIA	61.00	± 4.96	fg	155.00	± 4.96	fg	101.88	± 7.62	b
ANDINO INIAA	61.75	± 5.65	ef	155.75	± 5.65	ef	102.25	± 6.63	b
INIA 403 MORAY	61.88	± 5.17	def	155.88	± 5.17	def	95.50	± 9.62	c
INIA 405 SAN ISIDRO	67.00	± 5.35	b	161.00	± 5.35	b	95.25	± 9.33	cd
INIA 418 EL NAZARENO	65.25	± 5.95	c	159.25	± 5.95	c	94.75	± 8.55	cd
INIA 419 SAN FRANCISCO	62.13	± 5.89	de	156.13	± 5.89	de	90.63	± 9.44	cd
INIA 422 ESPIGON	70.00	± 2.14	a	164.00	± 2.14	a	106.38	± 10.69	b
INIA 424 VICSEÑO	62.88	± 5.57	d	156.88	± 5.57	d	116.25	± 9.81	a
INIA 428 SANTA ELENA	61.75	± 5.26	ef	155.75	± 5.26	ef	89.63	± 6.09	d

INIA 434 ESPIGA MISHA 60.63 ± 4.53 g 154.63 ± 4.53 g 92.13 ± 9.95 cd

TRATAMIENTO	Tamaño de espiga			Peso mil granos (g)			Peso hectolitrito (kg/hl)		
ANDENES INIA	9.75	± 1.32	ab	48.43	± 1.27	bc	79.05	± 0.60	e
ANDINO INIAA	9.69	± 0.41	abc	47.85	± 2.28	c	81.50	± 1.17	a
INIA 403 MORAY	8.75	± 0.29	cd	48.53	± 1.40	bc	80.45	± 1.50	bcd
INIA 405 SAN ISIDRO	9.06	± 0.71	bcd	45.70	± 1.67	d	80.75	± 1.34	bc
INIA 418 EL NAZARENO	8.69	± 0.48	d	45.15	± 1.59	d	81.05	± 1.09	ab
INIA 419 SAN FRANCISCO	8.75	± 1.11	cd	49.90	± 3.38	b	81.70	± 0.63	a
INIA 422 ESPIGON	10.38	± 1.23	a	44.40	± 1.79	d	79.75	± 2.13	de
INIA 424 VICSEÑO	9.44	± 0.58	abcd	49.13	± 2.61	bc	80.25	± 0.91	cd
INIA 428 SANTA ELENA	8.88	± 0.82	bcd	44.13	± 1.56	d	80.70	± 1.28	bc
INIA 434 ESPIGA MISHA	9.00	± 0.58	bcd	54.15	± 2.11	a	79.95	± 0.54	d

Los resultados de la tabla 8 muestran que las variedades presentan un ciclo más corto en Taray que en Zurite, fenómeno asociado al escape a la sequía o madurez forzada al haber menos humedad en el suelo (Kirouani et al., 2023; Shavrukov et al., 2017; Wang et al., 2018). Este comportamiento ocurre cuando el déficit hídrico, especialmente el registrado en abril en Taray, induce una senescencia prematura que acelera el ciclo del cultivo para asegurar la reproducción, aunque reduce la duración del llenado de grano y su peso final. Respecto a la altura de planta (Garófalo Sosa et al., 2021), reportaron valores entre 60.6 y 79.8 cm bajo condiciones óptimas, disminuyendo bajo estrés hídrico. Por su parte, (Villaseñor-Mir et al., 2025) señalan que la variedad Nely F2022 alcanza 90–100 cm, una estatura intermedia que reduce el riesgo de acame y mantiene buen peso hectolítrico. En comparación, las variedades evaluadas en Zurite y Taray registraron alturas entre 90.63 y 116.30 cm, consideradas también de porte intermedio. En cuanto al peso hectolítrico, indicador clave de calidad molinera, (Mamani Vargas & Blanco Villacorta, 2024) reportan 54.40 g de peso de mil granos y valores de 79.43 a 82.2 kg/hl, rangos similares a los obtenidos en el estudio. Asimismo, (Garófalo Sosa et al., 2021) encontraron que el 73% de las



líneas de trigo superaron 78 kg/hl, clasificándose como “buenas a excelentes”, lo que confirma la adecuada calidad del grano en las variedades evaluadas.

Relación clima – rendimiento

Tabla 9. Correlación entre: rendimiento con precipitación, temperatura media, temperatura máxima con datos históricos del 2009 al 2020 para el ámbito de la región Cusco

Correlación	r	p-valor
Rendimiento-precipitación	0.4137	0.1812
Rendimiento – T° máxima	0.208	0.5164
Rendimiento – T° mínima	-0.0991	0.7591
Rendimiento – T° media	-0.0435	0.8932

El análisis de correlación (Tabla 9) muestra una relación positiva moderada entre precipitación y rendimiento ($r = 0.4137$), aunque sin significancia estadística, lo que difiere de estudios en la provincia de Anta donde se reportó una correlación negativa y no significativa ($r = -0.284$; $p = 0.20$) (Ochoa, 2022). Esta diferencia podría explicarse porque durante la campaña 2020 la precipitación en Cusco habría cubierto los requerimientos hídricos del cultivo, reduciendo el efecto del estrés hídrico sobre el rendimiento. En cuanto a la temperatura máxima, se observó una correlación baja y positiva ($r = 0.2080$; $p = 0.5164$), en contraste con reportes de correlaciones negativas asociadas al estrés térmico diurno que limita la acumulación de biomasa (Ochoa, 2022). Esto sugiere que las temperaturas registradas no superaron los umbrales críticos de tolerancia de las variedades evaluadas. Asimismo, la temperatura mínima presentó una correlación casi nula ($r = -0.0991$), indicando buena resiliencia de los genotipos frente a bajas temperaturas. A nivel global, (Cheng et al., 2022) demostraron que el rendimiento de cereales puede disminuir entre 2.4% y 22.5% por cada grado centígrado de incremento térmico y aumentar entre 2.4% y 6.0% por cada centímetro adicional de precipitación. En este contexto, la ausencia de correlaciones significativas en el presente estudio sugiere que el rendimiento estuvo más influenciado por factores no climáticos, como la fertilidad del suelo o el potencial genético, resaltando la importancia de seleccionar variedades con estabilidad productiva en condiciones de secano. para mitigar la dependencia directa de la variabilidad climática.



Tabla 10. Análisis de correlación entre el rendimiento de grano y sus componentes de cultivo.

Correlación	r	p-valor
Rendimiento - Días a espigado	0.32330	0.00000
Rendimiento - Días a madurez	0.62330	0.00000
Rendimiento - Altura planta	0.43670	0.00050
Rendimiento - Tamaño de espiga	-0.18520	0.09999
Rendimiento - Peso mil granos	0.22540	0.04442
Rendimiento - Peso hectolítrico	-0.33190	0.00260

El análisis de correlación de Pearson (tabla 10) mostró que el rendimiento de grano se asocia positivamente con el ciclo fenológico, especialmente con los días a madurez ($r = 0.62$; $p < 0.01$) y los días a espigado ($r = 0.32$; $p < 0.01$). Estos resultados coinciden con (Tadesse et al., 2019), quienes indican que la prolongación de las fases de desarrollo, en particular el llenado de grano, favorece una mayor interceptación de luz y una partición más eficiente de biomasa hacia los órganos reproductivos. De forma similar, (Martínez Cruz et al., 2020) señalan que la madurez tardía en ambientes templados permite evitar periodos de estrés térmico durante la antesis, optimizando el potencial productivo. La altura de planta presentó una correlación positiva moderada ($r = 0.44$; $p < 0.01$), lo que concuerda con (Philipp et al., 2018), quien destaca que una mayor altura, sin riesgo de acame, favorece la acumulación de carbohidratos en el tallo, utilizados posteriormente durante el llenado de grano. Entre los componentes del rendimiento, el peso de mil granos mostró una correlación positiva ($r = 0.22$; $p < 0.05$), en concordancia con (Ji et al., 2025), que lo consideran un componente estable del rendimiento. En contraste, el peso hectolítrico presentó una correlación negativa ($r = -0.33$; $p < 0.01$), lo que sugiere que un mayor número de granos por área puede generar competencia por asimilados, reduciendo la densidad del grano concordante con las observaciones de (Guzmán et al., 2019) y (Vásquez-Lara et al., 2021) quienes plantean que incrementos en el rendimiento basados en un mayor número de granos por unidad de área pueden generar una competencia intra-espiga por asimilados. Finalmente, la ausencia de significancia en el tamaño de espiga ($p > 0.05$) sugiere, en línea con (Guzmán et al., 2019), que la arquitectura externa de la espiga no siempre es un predictor fiable del rendimiento.

CONCLUSIONES

Durante la campaña 2019-2020, las condiciones de secano favorecieron una mayor productividad en Zurite (6.24 t/ha) frente a Taray (4.08 t/ha), representando una diferencia del 53%, sustentada en un mayor número de espigas por m² (748 vs. 640) y un ciclo biológico más extenso.

El análisis climático indicó que, aunque la precipitación en Zurite fue un 15.6% menor al promedio histórico, el factor limitante principal fue la caída significativa de la temperatura mínima ($p = 0.0006$), con un descenso de 2.58 °C, constituyendo el principal estrés abiótico.

Respecto a la interacción genotipo-ambiente, el ANOVA evidenció que Localidad*Tratamiento es altamente significativa ($p = 0.0005$), confirmando que el rendimiento depende del entorno específico de cada microcuena. La variedad INIA 434 Espiga Misha mostró mayor potencial y adaptabilidad, alcanzando 7.197 t/ha en Zurite y un promedio general de 5.63 t/ha, mientras que INIA 418 El Nazareno presentó la mayor estabilidad en ambientes restrictivos como Taray.

Además, se observó una correlación positiva y significativa entre rendimiento y días a madurez ($r = 0.62$; $p < 0.01$), así como con la altura de planta ($r = 0.44$; $p < 0.01$), indicando que ciclos más largos y mayor estatura favorecen la productividad. Estos resultados respaldan los objetivos del estudio: evaluar el efecto de las condiciones de secano, analizar la interacción genotipo-ambiente y seleccionar variedades de trigo harinero de alto potencial y estabilidad para la región Cusco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angel, M., Zingaretti, O., & Castaño, M. (2019). Genotypic, fertility, and environmental effects on grain yield of bread wheat and its quality in the dry- subhumid pampas region semiárida. *SEMIÁRIDA Revista de La Facultad de Agronomía UNLPam*, 29(2). [https://doi.org/10.19137/semiarida.2019\(02\).1124](https://doi.org/10.19137/semiarida.2019(02).1124)
- Aragón, L., Lavado-Casimiro, W., Montesinos, C., Zubieta, R., & Laqui, W. (2024). Estimación de lluvias extremas mediante un enfoque de análisis regional y datos satelitales en Cusco, Perú. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 15(5), 01–64. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2024-05-01>
- Balzarini, M. G., Gonzales, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., & Robledo C.W. (2017). *InfoStat Software estadístico - Manual del Usuario* (Editorial Brujas). <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=noticia&id=49>



- Castillo, D., Alfaro, J., Christian, B. H. C., Matus, T., & Vera, C. (2015). *Manual buenas prácticas para el manejo del Trigo Candeal*. https://www.gruponutresa.com/wp-content/uploads/2022/08/manual_de_buenas_practicas_para_el_manejo_de_trigo_candeal.pdf
- Cheng, M., Zhang, M., Van Veldhuizen, R. M., & Knight, C. W. (2022). Temperature and precipitation changes impact the yields of small grain cultivars from 1978 to 2018 in Fairbanks and Delta Junction, Alaska. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 54(1), 386–394. <https://doi.org/10.1080/15230430.2022.2109785>
- CIMMYT. (2012). *Manual de determinación de rendimiento*. <https://repository.cimmyt.org/server/api/core/bitstreams/3c50e668-ebe9-42d2-b6ca-651ba7ca492e/content>
- Estrada, R. G. V. G. J. (2020). *Protocolo para la generación de variedades y mantenimiento de semillas de trigo y cebada* (E. Gutierrez, Ed.; INIA, Vol. 1). <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstreams/419d3a6c-3b2e-460a-9041-09d5944933cf/download>.
- Garófalo Sosa, J. A., Ponce Molina, L. J., & Noroña Zapata, P. J. (2021). Incremento del rendimiento y calidad de grano en germoplasma mejorado de trigo (*Triticum aestivum* L.) del INIAP, en el año 2020. *Revista Alfa*, 5(14), 250–261. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.115>
- Golik, S., Chamorro, A. M., Bezus, R., Pellegrini, A., & Voisin, A. (2022). Eficiencia de uso del agua en diferentes secuencias de cultivos y barbechos en Argentina. *Agronomía Mesoamericana*, 49282. <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.49282>
- Guzman, C., Ammar, K., Govindan, V., & Singh, R. (2019). Genetic improvement of wheat grain quality at CIMMYT. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 6(3), 265. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2019260>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación* (S. A. D. C. V. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, Ed.; Sexta).
- INIA. (2016). *Memoria Anual 2015 - INIA*. <https://repositorio.inia.gob.pe/items/d0d3183c-0502-40b7-b97c-52cb844cf798>
- Ji, Z., Liu, X., Yan, F., Wu, S., & Du, Y. (2025). The Genetic Basis of Wheat Spike Architecture. *Agriculture*, 15(15), 1575. <https://doi.org/10.3390/agriculture15151575>



- Kirouani, A., Boukhalifoun, L., Ouldkiar, R., & Bouzerzour, H. (2023). Analysis of the effect of GE interaction on the grain yield and its related traits in rain-fed Algerian durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) grown in contrasting environments. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 76(2), 10297–10308. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v76n2.102517>
- Limaylla, R. (2016). Identification rehearsal adaptation and efficiency of 10 wheat flour genotypes (*Triticum aestivum* L.) in terms from Huánuco. *Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco*. <http://revistas.unheval.edu.pe/index.php/riv>
- Llacza, A., Acuña, D., Jácome, G., De la Cruz, G., Paredes, J., Bruno, J., Alvarez E., Flores, W., Urdanivia, F., & Sulca, s. (2021). *Escenarios Climáticos para el Perú al 2050*. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/1470>
- Mamani Vargas, R. G., & Blanco Villacorta, M. W. (2024). Aptitud productiva de trece líneas élites de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en la Estación Experimental Patacamaya. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 11(2), 7–17. <https://doi.org/10.53287/vanj1681kg60p>
- Martínez Cruz, E., Espitia Rangel, E., Villaseñor Mir, H. E., & Hortelano SantaRosa, R. (2020). La productividad del trigo harinero bajo diferentes condiciones de riego. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1349–1360. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2050>
- MIDAGRI. (2020, December). *Datos_agricola_2020*. <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/4-agricola>
- Ochoa, K. E. A. (2022). *Cambio climático: Efecto de la variación de la temperatura y precipitación sobre la producción agrícola en la pampa de Anta, Cusco: 1997-2018*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Palmieri, G., & Maich, R. (2019). *Efecto de la fecha se siembra sobre el comportamiento agronómico de cinco cultivares de trigo* [Universidad Nacional de Córdoba]. <http://hdl.handle.net/11086/29756>
- Philipp, N., Weichert, H., Bohra, U., Weschke, W., Schulthess, A. W., & Weber, H. (2018). Grain number and grain yield distribution along the spike remain stable despite breeding for high yield in winter wheat. *PLOS ONE*, 13(10), e0205452. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205452>



- Shavrukov, Y., Kurishbayev, A., Jatayev, S., Shvidchenko, V., Zotova, L., Koekemoer, F., de Groot, S., Soole, K., & Langridge, P. (2017). Early Flowering as a Drought Escape Mechanism in Plants: How Can It Aid Wheat Production? *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01950>
- Tadesse, W., Sanchez-Garcia, M., Gizaw, S., AMri, A., Bishaw, Z., Ogbonnaya, F., & Baum, M. (2019). Genetic Gains in Wheat Breeding and Its Role in Feeding the World. *Crop Breed Genet Genom*, 1. <https://doi.org/https://doi.org/10.20900/cbagg20190005>
- Tambussi, E. A., Maydup, M. L., Antonietta, M., & Guiamet, J. J. (2025). Fotosíntesis en los órganos verdes de la espiga de trigo: aspectos fisiológicos y su contribución al llenado de granos. *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica*, 60(3). <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v60.n3.49484>
- Vara-Horna, A. (2012). *7 Pasos para una tesis exitosa. Desde la idea inicial hasta la sustentación* (3rd ed.). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2238.408>
- Vásquez-Lara, F., Verdú-Amat, S., Islas-Rubio, A. R., Barat-Baviera, J. M., Grau-Meló, R., del Carmen Granados-Nevárez, M., & Ramírez Wong, B. (2021). Efecto del tratamiento térmico en harina de avena utilizada en la sustitución de harina de trigo para la elaboración de pan. *Revista de Ciencias Biológicas y de La Salud*. <https://doi.org/https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i2.1388>
- Villaseñor-Mir, H. E., Hortelano-Santa Rosa, R., Martínez-Cruz, E., Huerta-Espino, J., Solís Moya, E., & Ledesma Ramírez, L. (2025). NELY F2022: Nueva variedad de trigo harinero para siembra de temporal en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 48(4), 475. <https://doi.org/10.35196/rfm.2025.4.475>
- Wang, X., Zhang, X., Chen, J., Wang, X., Cai, J., Zhou, Q., Dai, T., Cao, W., & Jiang, D. (2018). Parental Drought-Priming Enhances Tolerance to Post-anthesis Drought in Offspring of Wheat. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00261>

