

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**Escuela Profesional de Agronomía**



**TESIS**

**“RENDIMIENTO Y CARACTERES AGRONÓMICOS EN LÍNEAS  
PROMISORIAS DE TRIGO DURO (*Triticum durum* L.), EN LA  
LOCALIDAD DE SULLUSCOCHA, DISTRITO DE NAMORA”**

**Para Optar el Título Profesional de:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presentado por la Bachiller:**

**KELY ALEJANDRA PORTOCARRERO ROJAS**

**ASESOR:**

**Ing. M.sc. HIPÓLITO DE LA CRUZ ROJAS**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**-2025-**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

**1. Investigador:**

Kely Alejandra Portocarrero Rojas

DNI: 72366053

**Escuela Profesional/Unidad UNC:** Agronomía

**2. Asesor:**

Ing.M.Sc. Jesús Hipólito De la Cruz Rojas.

**3. Facultad/Unidad UNC:** Ciencias Agrarias

**4. Grado académico o título profesional:**

☐ Bachiller

☒ Título profesional

☐ Segunda especialidad

☐ Maestro

☐ Doctor

**5. Tipo de Investigación:**

☒ Tesis

☐ Trabajo de investigación

☐ Trabajo de suficiencia

profesional

☐ Trabajo académico

**6. Título de Trabajo de Investigación: "RENDIMIENTO Y CARACTERES AGRONÓMICOS EN LÍNEAS PROMISORIAS DE TRIGO DURO (*Triticum durum* L.), EN LA LOCALIDAD DE SULLUSCOCHA, DISTRITO DE NAMORA"**

**7. Fecha de evaluación:** 09/10/2025

**8. Software antiplagio:** ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (\*)

**9. Porcentaje de Informe de Similitud:** 20%

**10. Código Documento:** oid: 3117:510661148

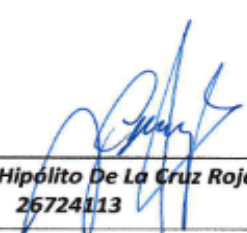
**11. Resultado de la Evaluación de Similitud:** 20%

☒ APROBADO

☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O

DESAPROBADO

Fecha Emisión: 10/10/2025

|                                                                                      |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <small>Firma y/o Sello<br/>Emisor Constancia</small>                                 |  |
|  |  |
| <hr/> <b>M.Sc. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas</b><br>26724113                       |  |

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los seis días del mes de octubre del año dos mil veinticinco, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 529-2025-FCA-UNC, de fecha 15 de setiembre del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"RENDIMIENTO Y CARACTERES AGRONÓMICOS EN LÍNEAS PROMISORIAS DE TRIGO DURO (*Triticum durum* L.), EN LA LOCALIDAD DE SULLUSCOCHA, DISTRITO DE NAMORA"**, realizada por la Bachiller **KELY ALEJANDRA PORTOCARRERO ROJAS** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las once horas y ocho minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las doce horas y dos minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Wilfredo Poma Rojas  
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Attilio Israel Cadenillas Martínez  
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego  
VOCAL

Ing. M. Sc. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas  
ASESOR

## **Dedicatoria**

**A mis padres por su incondicional apoyo.**

## **Agradecimiento**

**A Dios por permitirme darme fortaleza y sabiduría para concluir mi tesis.**

## RESUMEN

En el Perú, la producción de trigo no satisface la demanda interna, lo que obliga al país a importar una gran cantidad de este cereal. El estudio se ha realizado en el Anexo Experimental de Sulluscocha del INIA, EEA Baños del Inca, en Cajamarca durante la campaña 2024, se evaluaron 10 líneas promisorias de trigo duro (*Triticum durum* L.) frente a la variedad local mejorada INIA 412 – Atahualpa, utilizando un diseño de Bloques Completamente al Azar con arreglo factorial 11 x 2 (con y sin fertilizante) y tres repeticiones por tratamiento. Las líneas TD 20, TD 14 y TD 26 superaron en rendimiento a la variedad INIA 412, alcanzando valores de 2.2, 2.17 y 2.13 t·ha<sup>-1</sup> respectivamente, en comparación con 1.6 t·ha<sup>-1</sup> de la variedad testigo (INIA 412), especialmente bajo condiciones de fertilización. En términos de peso hectolítrico, las líneas TD 62 y TD 20 exhibieron los valores más altos, con 79.4 y 79.22 kg/hL respectivamente, superiores a los 76.5 kg/hL de INIA 412, demostrando una mejora significativa debido a la fertilización. Además, en el peso de mil granos, las líneas TD 14 y TD 37 mostraron pesos competitivos, con mejoras notables cuando se aplicó fertilizante, resaltando el potencial de estas líneas como alternativas viables a la variedad local mejorada.

**Palabras claves.** Trigo duro, *Triticum durum* L. fertilización, INIA 412, líneas promisorias.

## ABSTRACT

In Peru, wheat production does not satisfy domestic demand, forcing the country to import a large amount of this cereal. The study was carried out in the Sulluscocha Experimental Annex of the INIA, EEA Baños del Inca, in Cajamarca during the 2024 campaign, 10 promising lines of durum wheat (*Triticum durum* L.) were evaluated against the improved local variety INIA 412 – Atahualpa, using a Completely Randomized Block design with 11 x 2 factorial arrangement (with and without fertilizer) and three repetitions per treatment. The lines TD 20, TD 14 and TD 26 outperformed the INIA 412 variety in yield, reaching values of 2.2, 2.17 and 2.13 t·ha<sup>-1</sup> respectively, compared to 1.6 t·ha<sup>-1</sup> of the control variety (INIA 412 ), especially under fertilization conditions. In terms of test weight, lines TD 62 and TD 20 exhibited the highest values, with 79.4 and 79.22 kg/hL respectively, higher than the 76.5 kg/hL of INIA 412, demonstrating a significant improvement due to fertilization. Additionally, in thousand grain weight, lines TD 14 and TD 37 showed competitive weights, with notable improvements when fertilizer was applied, highlighting the potential of these lines as viable alternatives to the improved local variety.

**Keywords.** Durum wheat, *Triticum durum* L. fertilization, INIA 412, promising lines.

## ÍNDICE GENERAL

### DEDICATORIA

¡Error! Marcador no definido.

### AGRADECIMIENTO

¡Error! Marcador no definido.

### RESUMEN

¡Error! Marcador no definido. ¡Error! Marcador no definido. ¡Error! Marcador no definido.

### ABSTRACT

¡Error! Marcador no definido.v

### ÍNDICE GENERAL

¡Error! Marcador no definido.

### ÍNDICE DE TABLAS

¡Error! Marcador no definido.

### ÍNDICE FIGURAS

¡Error! Marcador no definido.i

### CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

|     |                          |   |
|-----|--------------------------|---|
| 1.1 | Descripción del problema | 3 |
| 1.2 | Formulación del problema | 2 |
| 1.3 | Justificación            | 4 |
| 1.4 | Objetivos                | 6 |
| 1.5 | Hipótesis                | 6 |

### CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

|          |                                                      |    |
|----------|------------------------------------------------------|----|
| 2.1      | Antecedentes                                         | 6  |
| 2.1.1    | A nivel internacional                                | 7  |
| 2.1.2    | A nivel nacional                                     | 8  |
| 2.1.3    | A nivel local                                        | 9  |
| 2.2      | Marco teórico                                        | 10 |
| 2.2.1    | Trigo y su Importancia en la Agricultura             | 10 |
| 2.2.2    | Taxonomía                                            | 10 |
| 2.2.3    | Fenología                                            | 11 |
| 2.2.4    | Morfología de la planta del maíz amiláceo            | 11 |
| 2.2.4.1  | Raíz                                                 | 11 |
| 2.2.4.2  | Tallo                                                | 11 |
| 2.2.4.3  | Hojas                                                | 12 |
| 2.2.4.4  | Inflorescencia                                       | 12 |
| 2.2.4.5  | Flores                                               | 12 |
| 2.2.4.6  | Grano                                                | 13 |
| 2.2.5    | Mejoramiento genético en el cultivo de trigo         | 13 |
| 2.2.6    | Líneas de Trigo                                      | 14 |
| 2.2.7    | Líneas Avanzadas de Trigo y Mejoramiento Genético    | 14 |
| 2.2.8    | Línea Promisoria                                     | 14 |
| 2.2.9    | Variedad Mejorada                                    | 15 |
| 2.2.10   | Variedad Mejorada INIA 412 Atahualpa                 | 15 |
| 2.2.11   | Rendimiento Agronómico del Trigo                     | 16 |
| 2.2.12   | Calidad de Grano en el Trigo                         | 16 |
| 2.2.13   | Mejora de la Adaptabilidad y Sostenibilidad Agrícola | 17 |
| 2.2.14   | Fertilización química en el cultivo de trigo         | 17 |
| 2.2.14.1 | El nitrógeno (N)                                     | 17 |
| 2.2.14.2 | Fosforo (P)                                          | 17 |
| 2.2.14.3 | Potasio (k)                                          | 18 |

|                                                   |                                                          |           |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.15                                            | Definición de términos                                   | 18        |
| <b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS</b>         |                                                          | <b>21</b> |
| 3.1                                               | Ubicación geográfica de la parcela experimental          | 20        |
| 3.2                                               | Materiales                                               | 23        |
| 3.2.1                                             | Material genético                                        | 23        |
| 3.2.2                                             | Material de campo                                        | 23        |
| 3.2.2.1                                           | Herramientas                                             | 23        |
| 3.2.2.2                                           | Insumos                                                  | 23        |
| 3.2.3                                             | Material y equipos de laboratorio                        | 23        |
| 3.2.4                                             | Tratamientos en estudio                                  | 24        |
| 3.3                                               | Metodología                                              | 24        |
| 3.3.2                                             | Características del campo experimental                   | 25        |
| 3.3.3                                             | Diseño experimental                                      | 25        |
| 3.3.3.1                                           | Factores                                                 | 25        |
| 3.3.4                                             | Operacionalización de variables                          | 26        |
| 3.3.5                                             | Actividades realizadas                                   | 26        |
| 3.3.5.1                                           | Trabajo de campo                                         | 27        |
| 3.3.5.2                                           | Trabajo de post cosecha                                  | 28        |
| 3.3.5.3                                           | Trabajo de gabinete                                      | 28        |
| 3.3.6                                             | Variables en estudio                                     | 29        |
| 3.3.7                                             | Análisis estadísticos                                    | 29        |
| <b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>        |                                                          | <b>30</b> |
| 4.1                                               | Rendimiento en (t·ha <sup>-1</sup> )                     | 33        |
| 4.2                                               | Peso hectolítrico (kg/hL)                                | 38        |
| 4.3                                               | Peso de mil granos (g)                                   | 42        |
| <b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> |                                                          | <b>47</b> |
| 5.1                                               | Conclusiones                                             | 47        |
| 5.2                                               | Recomendaciones                                          | 47        |
| <b>CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>    |                                                          | <b>49</b> |
| <b>CAPÍTULO VII: ANEXOS</b>                       |                                                          | <b>52</b> |
| 7.1                                               | Promedio de las variables evaluadas de los tratamientos. | 53        |
| 7.3                                               | Fotografías del proceso de la investigación en estudio.  | 56        |
| 7.6                                               | Análisis de suelo                                        | 63        |

## ÍNDICE DE TABLAS

| <b>Tabla</b> | <b>Título</b>                                                                                                                                                                             | <b>Página</b> |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>1</b>     | <b>Fenología del cultivo de trigo.</b>                                                                                                                                                    | <b>11</b>     |
| <b>2</b>     | <b>Codificación e identificación del material genético a evaluar en el ERU de trigo duro.</b>                                                                                             | <b>24</b>     |
| <b>3</b>     | <b>Características de los experimentos</b>                                                                                                                                                | <b>25</b>     |
| <b>4</b>     | <b>Análisis de varianza para rendimiento <math>t \cdot ha^{-1}</math> para las 11 líneas promisorias de trigo duro y la variedad mejorada local.</b>                                      | <b>33</b>     |
| <b>5</b>     | <b>Promedios del rendimiento <math>t \cdot ha^{-1}</math> para las 11 líneas promisorias de trigo duro y la variedad mejorada local.</b>                                                  | <b>34</b>     |
| <b>6</b>     | <b>Prueba de Tukey aplicada al rendimiento <math>t \cdot ha^{-1}</math> para el tipo de fertilización. Con fertilizante (CF) y sin fertilizante (SF).</b>                                 | <b>35</b>     |
| <b>7</b>     | <b>Prueba de Tukey aplicada al rendimiento <math>t \cdot ha^{-1}</math> para la interacción tratamientos por el tipo de fertilización. Con fertilizante (CF) y sin fertilizante (SF).</b> | <b>36</b>     |
| <b>8</b>     | <b>Análisis de varianza peso hectolítrico kg/hL para las 11 líneas promisorias de trigo duro y la variedad mejorada local.</b>                                                            | <b>38</b>     |
| <b>9</b>     | <b>Promedios del peso hectolítrico kg/hL para las 11 líneas promisorias de trigo duro y la variedad mejorada local.</b>                                                                   | <b>39</b>     |
| <b>10</b>    | <b>Prueba de Tukey aplicada al peso hectolítrico kg/hL, para el tipo de fertilización. Con fertilizante (CF) y sin fertilizante (SF).</b>                                                 | <b>40</b>     |
| <b>11</b>    | <b>Análisis de varianza para peso de mil granos (g) para las 11 líneas promisorias de trigo duro y la variedad mejorada local.</b>                                                        | <b>42</b>     |
| <b>12</b>    | <b>Prueba de Tukey aplicada al peso de mil granos (g), para los tratamientos.</b>                                                                                                         | <b>43</b>     |
| <b>13</b>    | <b>Prueba de Tukey aplicada al peso hectolítrico kg/hL, para el tipo de fertilización. Con fertilizante (CF) y sin fertilizante (SF).</b>                                                 | <b>44</b>     |
| <b>14</b>    | <b>Prueba de Tukey aplicada al peso de mil granos (g), para la interacción tratamientos y el tipo de fertilización. Con fertilizante (CF) y sin fertilizante (SF).</b>                    | <b>45</b>     |
| <b>15</b>    | <b>Promedio de la variable rendimiento t/ha.</b>                                                                                                                                          | <b>52</b>     |
| <b>16</b>    | <b>Peso hectolítrico kg/hL</b>                                                                                                                                                            | <b>53</b>     |
| <b>17</b>    | <b>Promedio de la variable peso de mil granos (g)</b>                                                                                                                                     | <b>54</b>     |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| <b>Figura</b> | <b>Título</b>                                                                                                    | <b>Página</b> |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>1</b>      | <b>Ubicación geográfica de la parcela experimental</b>                                                           | <b>22</b>     |
| <b>2</b>      | <b>Croquis distribución de parcela experimental de parcelas divididas.</b>                                       | <b>26</b>     |
| <b>3</b>      | <b>Gráfico de barras para rendimiento <math>t \cdot ha^{-1}</math>.</b>                                          | <b>35</b>     |
| <b>4</b>      | <b>Gráfico de barras para peso hectolítrico kg/hL.</b>                                                           | <b>40</b>     |
| <b>5</b>      | <b>Gráfico de barras para peso de mil granos (g). de los tratamientos en estudio.</b>                            | <b>44</b>     |
| <b>6</b>      | <b>Preparación de material genético para instalación de la investigación.</b>                                    | <b>55</b>     |
| <b>7</b>      | <b>Pesado de semilla de cada línea promisorio de trigo duro y variedad mejorada local.</b>                       | <b>55</b>     |
| <b>8</b>      | <b>Sobres pesados con el material genético (semillas) para realizar la aleatorización del experimento.</b>       | <b>56</b>     |
| <b>9</b>      | <b>Pesado de fertilizantes para aplicación al momento de la siembra.</b>                                         | <b>56</b>     |
| <b>10</b>     | <b>Delimitación de terreno para realizar la siembra de acuerdo al croquis experimental.</b>                      | <b>57</b>     |
| <b>11</b>     | <b>Distribución de sobres con material genético de acuerdo a croquis experimental.</b>                           | <b>57</b>     |
| <b>12</b>     | <b>Siembra al voleo y aplicación de primera fertilización.</b>                                                   | <b>58</b>     |
| <b>13</b>     | <b>Evaluación rutinaria de parcela experimental.</b>                                                             | <b>58</b>     |
| <b>14</b>     | <b>Eliminación manual de plantas atípicas o malezas en cada unidad experimental.</b>                             | <b>59</b>     |
| <b>15</b>     | <b>Vista de la parcela de investigación.</b>                                                                     | <b>59</b>     |
| <b>16</b>     | <b>Cosecha del cultivo de trigo manual con hoz.</b>                                                              | <b>60</b>     |
| <b>17</b>     | <b>Identificación y ensacado de los surcos centrales para traslado a la EEA Baños del Inca.</b>                  | <b>60</b>     |
| <b>18</b>     | <b>Vista aérea de parcela experimental donde se evidencia la distribución de acuerdo a croquis experimental.</b> | <b>61</b>     |
| <b>19</b>     | <b>Golpeado de costales para desprendimiento del grano de trigo de las espigas.</b>                              | <b>61</b>     |
| <b>20</b>     | <b>Limpieza manual de tratamientos con el fin de evitar mezclas.</b>                                             | <b>62</b>     |
| <b>21</b>     | <b>Identificación y embolsado de grano.</b>                                                                      | <b>62</b>     |
| <b>22</b>     | <b>Tratamientos identificados y embolsados.</b>                                                                  | <b>63</b>     |
| <b>23</b>     | <b>Conteo de granos de trigo para evaluaciones biométricas.</b>                                                  | <b>63</b>     |

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El trigo duro (*Triticum durum* L.) es una especie esencial en la producción de alimentos, como pastas y productos de panificación, debido a su contenido de gluten y características específicas de calidad de grano (FAO, 2021). En el Perú, la producción de trigo no satisface la demanda interna, lo que obliga al país a importar una gran cantidad de este cereal. Según el Ministerio de Agricultura y Riego (2022), en el año 2022 se importaron más de 2.1 millones de toneladas de trigo, lo que implicó un gasto de más de 500 millones de dólares (MINAGRI, 2022). Esta situación representa un desafío para la economía nacional y destaca la necesidad de fortalecer la producción local de trigo, especialmente mediante el uso de variedades mejoradas adaptadas a las condiciones agroclimáticas del país.

El mejoramiento genético de cultivos es una estrategia fundamental para incrementar la productividad agrícola. A través de la investigación en mejoramiento genético, es posible desarrollar variedades con mayores rendimientos, resistencia a enfermedades, y mejor calidad de grano, lo que contribuye a la sostenibilidad y competitividad de los cultivos (Heffner et al., 2010). En el contexto internacional, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) ha liderado iniciativas para mejorar las variedades de trigo, logrando avances significativos en la productividad y adaptación a diferentes ambientes (CIMMYT, 2020). El impacto de estas investigaciones ha sido evidente en diversas regiones, donde las líneas mejoradas han contribuido a incrementar el rendimiento y la calidad del grano.

En Perú, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), a través de su estación experimental en Baños del Inca, Cajamarca, ha implementado proyectos de mejoramiento de trigo duro. Estas investigaciones se centran en la adaptación de nuevas líneas procedentes del CIMMYT a las condiciones agroclimáticas locales, con el fin de optimizar el rendimiento y la calidad del cultivo. Este trabajo es fundamental para regiones como Cajamarca, que cuenta con suelos y climas favorables para la producción de trigo, lo que representa una oportunidad para

reducir la dependencia de las importaciones y mejorar la economía agrícola local (MINAGRI, 2021).

El rendimiento y la calidad del grano son factores clave en la evaluación de las variedades de trigo, ya que determinan su valor comercial y su utilidad en la producción de alimentos (Slafer et al., 2014). La variedad Atahualpa 412, desarrollada por el INIA, ha sido seleccionada por su alto rendimiento y calidad en diversos estudios en el país (INIA, 2006). Por lo tanto, esta investigación se propone comparar el rendimiento y los caracteres agronómicos de líneas promisorias de trigo duro, provenientes del CIMMYT, con la variedad Atahualpa 412 en la región de Cajamarca, a fin de identificar las líneas que superen a la variedad comercial en términos de productividad y calidad de grano.

La importancia de este trabajo radica en su contribución al desarrollo agrícola de Cajamarca y del Perú en general, ya que busca identificar líneas de trigo duro más adaptadas a las condiciones locales, con mejores rendimientos y calidad de grano y así liberar variedades mejoradas en un futuro. Esto no solo ayudará a reducir la dependencia del país en la importación de trigo, sino que también beneficiará a los agricultores locales al ofrecerles opciones más competitivas y resilientes. La investigación está dirigida a instituciones agrícolas, productores de trigo, y responsables de políticas agrarias interesados en promover el crecimiento de este cultivo en la región.

## 1.1 Descripción del problema

En el año 2020 la superficie cosechada de trigo (*Triticum durum* L.) a nivel nacional fue de 122,790 ha con una producción total de 191,621 toneladas, de las cuales en Cajamarca se cosecharon 26,707 ha, con una producción equivalente a 26,904 t (MIDAGRI, 2021). En este contexto, el Perú es deficitario en la producción de trigo pues el 90 % de la demanda de este cereal se importa de países como EEUU, Argentina, Uruguay, inclusive desde Rusia. Agrodata (2021) reporta que en el año 2020 se importaron 158,749 t de trigo duro y 2'112,000 t de trigo harinero, con la consecuente fuga de divisas al exterior. La baja productividad puede estar relacionada con varios factores, incluyendo la falta de acceso a semillas mejoradas, el manejo agronómico ineficiente, y las consecuencias del cambio climático, que ha afectado negativamente la producción agrícola en muchas regiones del mundo (FAO, 2021).

Además, la calidad del grano es otro aspecto crítico para la comercialización y el uso del trigo duro en la industria alimentaria. Las variedades actuales, como la Atahualpa 412, si bien tienen un rendimiento aceptable, no siempre alcanzan los estándares de calidad requeridos por la industria. La necesidad de desarrollar nuevas líneas que no solo incrementen el rendimiento, sino que también mejoren la calidad del grano, es crucial para asegurar la competitividad del cultivo de trigo duro en Cajamarca y en otras regiones del Perú.

Ante estos desafíos, es imprescindible llevar a cabo investigaciones que permitan evaluar y seleccionar nuevas variedades de trigo duro adaptadas a las condiciones específicas de Cajamarca. Estas investigaciones son fundamentales para mejorar el rendimiento y la calidad del grano, lo que contribuirá a la reducción de la dependencia de las importaciones y al fortalecimiento de la seguridad alimentaria en el país. Además, contar con variedades más resilientes y productivas permitirá a los agricultores locales competir en el mercado y mejorar sus ingresos.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuál es el rendimiento y caracteres agronómicos para calidad de grano, deseables, de las líneas promisorias de trigo duro procedentes del CIMMYT en comparación con la variedad Atahualpa 412, en el departamento de Cajamarca, campaña agrícola 2024?

## **1.3 Justificación**

### **a. Justificación científica**

El trigo duro (*Triticum durum* L.) es un componente fundamental en la producción alimentaria global, especialmente en la fabricación de pastas y productos de panificación, debido a su alto contenido de gluten y las características específicas de calidad del grano (FAO, 2021). El mejoramiento genético es una herramienta clave para enfrentar los desafíos que presenta la producción de trigo, tales como la baja productividad, las enfermedades y la calidad del grano. A través de la investigación en este campo, se han logrado avances significativos en el desarrollo de variedades de trigo más resilientes y adaptadas a diversas condiciones agroclimáticas (Heffner et al., 2010). En el caso del Perú, las investigaciones sobre mejoramiento genético del trigo duro son fundamentales para reducir la dependencia de las importaciones y mejorar la seguridad alimentaria del país, promoviendo variedades locales que se adapten mejor a las condiciones específicas de cada región (MINAGRI, 2021). Este proyecto es particularmente relevante en la región de Cajamarca, donde se espera que la introducción de nuevas líneas de trigo duro generando así en un futuro cercano nuevas variedades que generen un impacto positivo en la producción local y contribuya al desarrollo agrícola sostenible.

## **b. Justificación teórico - práctica**

Desde una perspectiva teórico-práctica, el mejoramiento de cultivos, en particular el trigo duro, ha demostrado ser una estrategia eficaz para incrementar la productividad agrícola y mejorar la calidad de los alimentos (Slafer et al., 2014). Este proyecto se basa en la comparación de líneas de trigo duro provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) con la variedad Atahualpa 412, desarrollada en el Perú, que ya ha mostrado un buen rendimiento (INIA, 2006). La implementación de estas líneas en condiciones locales tiene un alto potencial de impacto en la productividad y la calidad del grano en la región de Cajamarca. A nivel práctico, los resultados de esta investigación podrían proporcionar a los agricultores herramientas para mejorar sus prácticas agronómicas, optimizando el uso de semillas mejoradas y elevando la competitividad en el mercado agrícola. Asimismo, la adopción de nuevas variedades permitirá mejorar los estándares de calidad requeridos por la industria alimentaria, beneficiando tanto a productores como consumidores.

## **c. Justificación institucional y personal**

Desde un enfoque institucional-personal, esta investigación tiene un valor significativo, ya que forma parte del trabajo que, como tesista de la Universidad Nacional de Cajamarca, en colaboración con el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). El proyecto utiliza semillas de trigo duro proporcionadas por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), lo que nos permite evaluar y adaptar nuevas líneas a las condiciones agroclimáticas locales de Cajamarca. Este trabajo conjunto no solo fortalece las capacidades de investigación y desarrollo en la universidad, sino que también contribuye al fortalecimiento de nuevos conocimientos en cuanto a mejoramiento del cultivo de trigo.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar cuáles líneas promisorias de trigo duro, son superiores a la variedad local INIA 412 – Atahualpa, en la provincia de Cajamarca, en la campaña 2024.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el rendimiento  $t \cdot ha^{-1}$  de líneas promisorias de trigo duro, comparado a la variedad mejorada INIA 412 – Atahualpa.
- Determinar peso hectolítrico  $kg/hL$  de líneas promisorias de trigo duro, comparado a la variedad local INIA 412 – Atahualpa.
- Determinar el peso de mil granos  $g$  de líneas promisorias de trigo duro, comparado a la variedad local INIA 412 – Atahualpa.

## **1.5 Hipótesis**

Existe al menos 1 línea promisorias de trigo duro superior a la variedad mejorada local INIA 412 – Atahualpa, en rendimiento, y caracteres agronómicos para calidad de grano, en la en el departamento de Cajamarca, campaña agrícola 2024.

## CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. A nivel internacional

Catota (2024) realizó un estudio en la Universidad Técnica del Norte, Ecuador, en colaboración con el Programa de Cereales de INIAP, evaluó el comportamiento agronómico de cuatro líneas promisorias de trigo y una variedad mejorada, con el objetivo de identificar las que mostraran mejor adaptación y rendimiento bajo las condiciones agroecológicas locales. Entre los resultados más destacados, la línea TA-18-008 mostró una alta adaptabilidad, con un rendimiento de  $5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  y un peso hectolítrico de 70.96 kg/hL. Además, esta línea presentó mayor resistencia a enfermedades, como la roya de la hoja y el virus del enanismo amarillo, en comparación con la variedad mejorada INIAP-IMBABURA 2014. El espigamiento de la línea TA-18-008 ocurrió a los 55 días, con una altura promedio de 92.63 cm y una espiga de 11.30 cm. Esta investigación concluyó que TA-18-008 es una línea prometedora para futuras investigaciones y un potencial candidato para mejorar la producción de trigo en Ecuador debido a su resistencia y alto rendimiento agronómico.

Ramírez et al. (2016) llevaron a cabo un estudio titulado *"Evaluación de variedades y líneas uniformes de trigo harinero de temporal en Valles Altos"*, cuyo objetivo fue analizar el comportamiento agronómico y fitopatológico de diferentes líneas y variedades de trigo harinero en áreas de temporal de los Valles Altos de México. La investigación evaluó ocho variedades liberadas por el INIFAP y dos líneas candidatas a nuevas variedades durante los ciclos primavera-verano de 2012 y 2013 en ocho localidades. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con dos repeticiones. Los resultados indicaron que las líneas avanzadas *Don Carlos "S"* y *Mona "S"* presentaron los más altos rendimientos y menor incidencia de enfermedades como roya amarilla y roya de la hoja, además de un ciclo biológico más corto,

demostrando un amplio rango de adaptabilidad. Las variedades Nana F2007 y Altiplano F2007 también mostraron un buen comportamiento, mientras que las variedades más antiguas, como *Romoga M87* y *Gálvez M87*, tuvieron el menor desempeño, reflejando el avance gradual del mejoramiento genético para el rendimiento de trigo de temporal.

Suarez (2019) En su estudio Rendimiento y calidad de grano de líneas avanzadas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) del CIMMYT, evaluó cinco líneas avanzadas de trigo harinero procedentes del CIMMYT, México, y un testigo (*Var. Marino-88*). El objetivo principal fue seleccionar líneas con altos rendimientos y buena calidad de grano en las condiciones locales. La investigación utilizó un diseño de bloques completamente randomizado con tres repeticiones. Entre los resultados más destacados, la línea 328 sobresalió con 64 granos por espiga y una longitud de espiga de 11.27 cm. Por su parte, la línea 141 fue la más precoz, alcanzando el 50% de espigado en 72.9 días, y la línea 317 tuvo el mejor peso de mil granos con 70.4 gramos y el mayor peso hectolítrico con 82 kg/hL. En cuanto al rendimiento de grano, la línea 337 registró 11.659,23 kg·ha<sup>-1</sup>, lo que la posiciona como una opción viable para mejorar la producción de trigo harinero en la región.

### **2.1.2. A nivel nacional**

Huaroc (2011) llevó a cabo un estudio comparativo en la región de Huancavelica, titulado "Comparativo de Líneas Avanzadas de Trigo Cristalino Primavera (*Triticum durum* L.)", enfocado en evaluar cinco líneas de trigo procedentes del CIMMYT en comparación con el testigo local Barba Negra. Las variables clave en el estudio fueron el rendimiento, peso de mil granos, granos por espiga, longitud de espiga, espigas por metro cuadrado y precocidad. La línea PLATA\_6/GREEN\_17/3/CHEN/AUK/BISU mostró un rendimiento superior, alcanzando 1.637 t·ha<sup>-1</sup> en comparación con el testigo que logró 1.350 t/ha. En cuanto al peso de mil granos, la línea DUKEM\_1//PATKA\_7/YAZI\_1/3/PATKA\_7/YAZI-1 sobresalió con 54.95 g, mientras que el

testigo presentó 43.43 g. Estos resultados sugieren que las líneas avanzadas tienen un potencial significativo para mejorar la producción de trigo en la región.

Suarez Santana (2019) realizó un estudio en la comunidad campesina Tres de Diciembre, Chupaca - Junín, durante la campaña 2016-2017, en el que evaluó cinco líneas avanzadas de trigo harinero provenientes del CIMMYT, México, junto con un testigo (*Var. Marino-88*). El objetivo de la investigación fue determinar el rendimiento y los atributos agronómicos de estas líneas, así como su calidad de grano en las condiciones locales. Se utilizó un diseño de bloques completamente randomizado con tres repeticiones. Los resultados mostraron que la línea 328 sobresalió con 64 granos por espiga y una longitud de espiga de 11.27 cm, mientras que la línea 141 fue la más precoz, alcanzando el 50% de espigado en 72.9 días. Además, la línea 317 tuvo el mejor peso de mil granos con 70.4 gramos y el mayor peso hectolítrico con 82 kg/hL, características ideales para la industria harinera. La línea 337 presentó el mayor rendimiento de grano, con 11.659,23 kg·ha<sup>-1</sup>, posicionándose como una opción prometedora para mejorar la producción de trigo harinero en la región (Suarez Santana, 2019).

### **2.1.3. A nivel local**

En un estudio realizado por Mendoza y Chuquicahua (2018), titulado "Evaluación del comportamiento de 41 líneas genéticas y un testigo de trigo (*Triticum aestivum* L.) en el distrito de Cutervo - Región Cajamarca", se evaluó el comportamiento agronómico y el rendimiento de estas líneas en condiciones locales. Utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, los resultados indicaron que las líneas evaluadas presentaron diferencias significativas en características como el número de espigas por metro cuadrado, el peso de mil semillas y el rendimiento de grano. Algunas de las líneas sobresalientes, como la línea CN079//PF70354/MUSI 37PASTOR, alcanzaron rendimientos de grano de hasta 6,696

kg · ha<sup>-1</sup>, demostrando ser superiores en términos de adaptabilidad y rendimiento en la región de Cutervo

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1 Trigo y su Importancia en la Agricultura**

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, tanto en términos de producción como de consumo. Este cereal es la base alimenticia de millones de personas, y su adaptación a diversas condiciones agroecológicas lo convierte en un recurso valioso para la seguridad alimentaria (Food and Agriculture Organization [FAO], 2021). En el caso del trigo harinero y duro, la selección de variedades con mejores rendimientos y calidad de grano es un aspecto clave para asegurar su competitividad en mercados locales e internacionales (Maccaferri et al., 2008).

### **2.2.2 Taxonomía:**

La clasificación taxonómica del trigo duro según Linneo (1753), en su obra *Species Plantarum* es la siguiente:

- Reino : Plantae
- División : Magnoliophyta
- Clase : Liliopsida
- Orden : Poales
- Familia : Poaceae
- Género : Triticum
- Especie : *Triticum durum* L.

### 2.2.3 Fenología del trigo

**Tabla 1**

*Fenología del cultivo de trigo.*

| <b>Etapas principales</b> | <b>Descripción</b>                | <b>Sub - fase</b> | <b>Etapas principales</b> | <b>Descripción</b>       | <b>Sub - fase</b> |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|
| 0                         | Germinación                       | 0.0 - 0.9         | 5                         | Espigado                 | 5.0 - 5.9         |
| 1                         | Producción de hojas TP            | 1.0 - 1.9         | 6                         | Antesis                  | 6.0 - 6.9         |
| 2                         | Producción de macollos            | 2.0 - 2.9         | 7                         | Estado lechoso del grano | 7.0 - 7.9         |
| 3                         | Producción de nudos TP (encañado) | 3.0 - 3.9         | 8                         | Estado pastoso del grano | 8.0 - 8.9         |
| 4                         | Vaina engrosada                   | 4.0 - 4.9         | 9                         | Madurez                  | 9.0 - 9.9         |

Según Zadoks et al. (1974).

TP: tallo principal

### 2.2.4 Morfología del trigo

#### 2.2.4.1 Raíz

Cuando la semilla germina, emite la plúmula y produce las raíces temporales. Las raíces permanentes nacen después de que emerge la plántula, éstas nacen de los nudos que están cerca de la superficie del suelo, que son las que sostienen a la planta en el aspecto mecánico y en la absorción del agua y los nutrientes hasta su maduración (Robles, 1979).

#### 2.2.4.2 Tallo

Es hueco salvo en los nudos, tiene una forma cilíndrica y culmina en una espiga. La cantidad de entrenudos en el tallo principal varía, oscilando entre seis y siete, y de cada nudo emerge una hoja de manera alternada. Una vez que el primer nudo aparece en el tallo principal,

comienza la etapa conocida como encañado, durante la cual la espiga empieza a desarrollarse en la parte superior del tallo (Lersten, 1987).

#### **2.2.4.3 Hojas**

Las hojas son largas, estrechas y alternas, con una vaina que rodea al tallo. Están compuestas por una lámina alargada y una lígula membranosa en la unión entre la lámina y la vaina (Curtis & Rajaram, 2002).

#### **2.2.4.4 Inflorescencia**

Es una espiga compuesta de un tallo central de entrenudos cortos, llamado raquis, en cada uno de cuyos nudos se asienta una espiguilla, protegida por dos brácteas más o menos coriáceas o glumas, a ambos lados. Cada espiguilla presenta nueve flores, de las cuales aborta la mayor parte, quedando dos, tres, cuatro y a veces hasta seis flores (Ruiz, 1981).

#### **2.2.4.5 Flores**

Cada flor está compuesta por tres estambres y por dos estigmas plumosos que nacen directamente del ovario; en la base de la flor se encuentran dos estructuras transparentes llamadas lodículas o glumélulas, todas estas estructuras se encuentran protegidas por dos brácteas del antecio (lemma, la más externa y pálea, la más interna). El trigo es una planta autógena, es decir, que la fecundación de la flor se produce antes que su apertura. Cuando las antenas aparecen al exterior, la flor ya está fecundada (Guerrero 1999).

#### **2.2.4.6 Grano**

El fruto es un grano de forma ovoide con una ranura en la parte ventral. El grano está protegido por el pericarpio, el resto que es en su mayor parte del grano está formada por el endospermo, el endospermo contiene las sustancias de reserva, constituyendo la masa principal del grano (Agronomía, 2020).

### **2.2.5 Mejoramiento genético en el cultivo de trigo**

El mejoramiento genético del trigo ha sido fundamental para aumentar la productividad y adaptabilidad de este cultivo a diversas condiciones ambientales, especialmente frente a la sequía y el calor. En particular, la introducción de trigo sintético, una combinación de *Triticum durum* y *Aegilops tauschii*, ha demostrado ser eficaz para mejorar la tolerancia a estas condiciones extremas, lo que ha llevado a su uso en programas de pre-mejoramiento en instituciones como el CIMMYT (SpringerLink, 2021).

El mejoramiento genético del trigo a través de la selección de líneas promisorias ha sido clave para mejorar su rendimiento y adaptación a diversas condiciones ambientales. En particular, las líneas sintéticas de trigo, como aquellas derivadas de *Aegilops tauschii*, han mostrado una mejora significativa en la tolerancia a estrés abiótico, como la sequía y el calor. Estas líneas no solo presentan mayor biomasa, sino también un rendimiento superior en ambientes hostiles. Estudios han demostrado que el uso de estas líneas en programas de mejoramiento pre-breeding, como los desarrollados por el CIMMYT, ha permitido crear variedades de trigo con una mayor eficiencia (Bapela et al., 2022).

### **2.2.6 Líneas de Trigo**

Las líneas de trigo son poblaciones homogéneas de plantas derivadas de un programa de mejoramiento que aún no han sido oficialmente liberadas como variedades comerciales. Estas líneas son probadas y comparadas en ensayos de campo, donde se evalúan múltiples características, como rendimiento, calidad de grano, resistencia a enfermedades y adaptabilidad a distintos entornos (Gebremariam et al., 2024). El desarrollo de líneas de trigo es esencial para la innovación y el mejoramiento continuo de este cultivo.

### **2.2.7 Líneas Avanzadas de Trigo y Mejoramiento Genético**

El mejoramiento genético ha permitido desarrollar nuevas líneas avanzadas de trigo que exhiben mejores características agronómicas, como resistencia a enfermedades y mayor adaptabilidad a diversas condiciones ambientales. Estas líneas se prueban generalmente en ensayos de campo utilizando diseños experimentales robustos, como el de bloques completos al azar, para comparar su rendimiento y calidad frente a variedades testigo (Heffner, Sorrells, & Jannink, 2010).

### **2.2.8 Línea Promisoria**

Una línea promisorio es una selección de plantas dentro de un programa de mejoramiento genético que ha mostrado características agronómicas superiores, como un mayor rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, o mejor calidad de grano. Estas líneas se seleccionan a lo largo de varios ciclos de evaluación en diferentes ambientes y suelen ser candidatas a convertirse en una variedad mejorada si los resultados siguen siendo positivos en ensayos de campo (CIMMYT, 2021).

### **2.2.9 Variedad Mejorada**

Una variedad mejorada es una población de plantas desarrollada mediante mejoramiento genético, seleccionada por sus características superiores en comparación con las variedades locales tradicionales o las variedades comerciales más antiguas. Estas características pueden incluir una mayor resistencia a enfermedades, mejor adaptación a condiciones climáticas adversas, mayor rendimiento, y mejores propiedades del grano (Heffner et al., 2010).

El proceso de desarrollo de una variedad mejorada implica varias etapas de selección y pruebas en diferentes ambientes para asegurar que la nueva variedad es estable, adaptable y productiva. Muchas de las variedades mejoradas de trigo han sido desarrolladas por instituciones

como el CIMMYT, que ha tenido un rol clave en el desarrollo de trigos que han ayudado a aumentar la seguridad alimentaria global (CIMMYT, 2020).

### **2.2.10 Variedad Mejorada INIA 412 Atahualpa**

#### **a. Origen**

La nueva variedad INIA 412 Atahualpa, tiene origen de la cruza identificada como TAY "S" / HUI "S" con Pedigree: CD 61006-1Y-10B-1Y-2B-2Y-OB proveniente del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

#### **b. Adaptación**

Es recomendable para las condiciones de la sierra norte del Perú. Con adaptación comprobada en las zonas quechua y jalca, entre los 2650 y 3100 m de altitud.

#### **c. Características agronómicas**

- |                                       |                          |
|---------------------------------------|--------------------------|
| • Macollamiento                       | : Regular                |
| • Color de grano                      | : Crema                  |
| • N° de granos/espiga promedio        | : 45                     |
| • Peso Hectolítrico                   | : 79,9 kg/hL             |
| • Peso de mil granos                  | : 44,9 g                 |
| • Altura de planta                    | : 99 cm                  |
| • Rendimiento potencial               | : 5,6 t·ha <sup>-1</sup> |
| • Rendimiento en campo de productores | : 2,8 t/ha (INIA, 2006). |

### **2.2.11 Rendimiento Agronómico del Trigo**

El rendimiento del trigo depende de múltiples factores, incluidos los atributos agronómicos como el número de espigas por metro cuadrado, el peso de mil granos, y la calidad del grano. La evaluación de estos atributos es fundamental para seleccionar las líneas que mejor se adaptan a las condiciones locales y que presenten un alto potencial productivo (Slafer y Sadras, 2014).

### **2.2.12 Calidad de Grano en el Trigo**

Además del rendimiento, la calidad del grano es crucial, especialmente en el trigo harinero, que se utiliza ampliamente en la industria alimentaria. Factores como el peso hectolítrico y el peso de mil granos son indicadores clave de la calidad del trigo. Investigaciones como las de Maccaferri et al. (2008) han resaltado la importancia de estos atributos en la selección de nuevas líneas avanzadas que no solo mejoran el rendimiento, sino también los estándares de calidad que demanda el mercado.

### **2.2.13 Mejora de la Adaptabilidad y Sostenibilidad Agrícola**

Los esfuerzos en el mejoramiento de líneas avanzadas buscan no solo aumentar el rendimiento, sino también garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los cultivos de trigo. La selección de líneas que puedan adaptarse a condiciones climáticas adversas, como el estrés hídrico, o que sean resistentes a plagas y enfermedades, es esencial para la seguridad alimentaria (Patil et al., 2009).

### **2.2.14 Fertilización química en el cultivo de trigo**

Para esta información, la fuente que respalda la importancia de la fertilización en el cultivo de trigo, y el manejo adecuado de nutrientes para satisfacer las necesidades del cultivo en las diferentes fases, puede referirse a múltiples estudios y expertos en la nutrición y manejo de cultivos (Fageria, 2010).

#### **2.2.14.1 El nitrógeno (N)**

Es un nutriente clave en el cultivo de trigo, ya que promueve el crecimiento y desarrollo de la planta. La aplicación de nitrógeno fraccionada en etapas como el macollamiento y el encañado es crucial para aumentar el rendimiento del grano (Fageria et al., 2010).

#### **2.2.14.2 Fosforo (P)**

La afirmación sobre la importancia del fósforo (P) para el desarrollo radicular y la formación de espigas en el cultivo de trigo, así como la necesidad de su aplicación temprana,

está respaldada por investigaciones en nutrición vegetal. Cossani y Slafer (2018) señalan que el fósforo es esencial en las primeras etapas de crecimiento del trigo para asegurar un desarrollo adecuado de las raíces y la formación de las espigas. Además, indican que la deficiencia de fósforo puede reducir tanto la calidad del grano como el rendimiento.

#### **2.2.14.3 Potasio (k)**

La afirmación sobre el papel del potasio (K) en el cultivo de trigo, donde este nutriente aumenta la resistencia a enfermedades, mejora la eficiencia en el uso del agua y promueve la calidad del grano, está bien documentada en la literatura agronómica. Simmonds y Rajaram (2020) mencionan que el potasio es fundamental no solo para la calidad del grano, sino también para el manejo eficiente del agua en las plantas y la resistencia a enfermedades. Además, se suele aplicar junto con fósforo antes de la siembra para maximizar sus efectos en las etapas tempranas del desarrollo.

#### **2.2.15 Definición de términos**

##### **d. Calidad de Grano**

La calidad del grano se refiere a las propiedades físicas y químicas del grano de trigo, que incluyen el peso hectolítrico, el peso de mil granos, y el contenido de proteínas. La calidad del grano es un factor determinante para su uso en la industria alimentaria, particularmente en la producción de harina. Las líneas mejoradas de trigo son seleccionadas no solo por su rendimiento, sino también por la calidad de grano que presentan (Sharma et al., 2017).

##### **e. Fertilizante:**

Un fertilizante es una sustancia que se añade al suelo o directamente a las plantas para proporcionar los nutrientes esenciales que son necesarios para su crecimiento. Los fertilizantes pueden ser orgánicos, como el estiércol, o inorgánicos, como productos químicos manufacturados que contienen nitrógeno, fósforo y potasio (Fageria et al., 2010).

**f. Gluten:**

El gluten es una proteína presente en cereales como el trigo, la cebada y el centeno. Se compone de dos grupos de proteínas principales: gliadina y glutenina, que le otorgan elasticidad y estructura a las masas de pan y otros productos horneados (Shewry & Tatham, 2016).

**g. Madurez fisiológica:**

La madurez fisiológica de un cultivo es el estado en el que la planta ha alcanzado su máximo desarrollo, momento en el que el grano ha acumulado la mayor cantidad de nutrientes y está listo para la cosecha. Este punto marca el final del crecimiento activo y la planta comienza a prepararse para la senescencia (Gardner et al., 2015).

**h. Rendimiento**

Se refiere a la cantidad de producto obtenido por unidad de superficie en la agricultura, comúnmente expresado en kilogramos por hectárea ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Es un indicador crítico de la productividad de un cultivo y puede verse afectado por factores como el manejo agronómico, las condiciones climáticas y la genética de las plantas (Sadras & Calderini, 2021).

**i. Importación**

La importación es el proceso de traer bienes o servicios producidos en el extranjero hacia un país para su venta o distribución. Las importaciones juegan un papel crucial en el comercio internacional, facilitando la disponibilidad de productos que no se producen localmente o que son más costosos de fabricar en el país (Krugman et al., 2018).

### CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación.

El estudio se llevó a cabo en el distrito de Llacanora, Anexo Experimental de Sulluscocha del INIA, EEA Baños del Inca, ubicado en la provincia y departamento de Cajamarca. Las coordenadas geográficas UTM del lugar son 790256.73<sup>m</sup> E y 9203098.22<sup>m</sup> N, a una altitud de 2,982 m s.n.m.

##### 3.1.1 Características edáficas

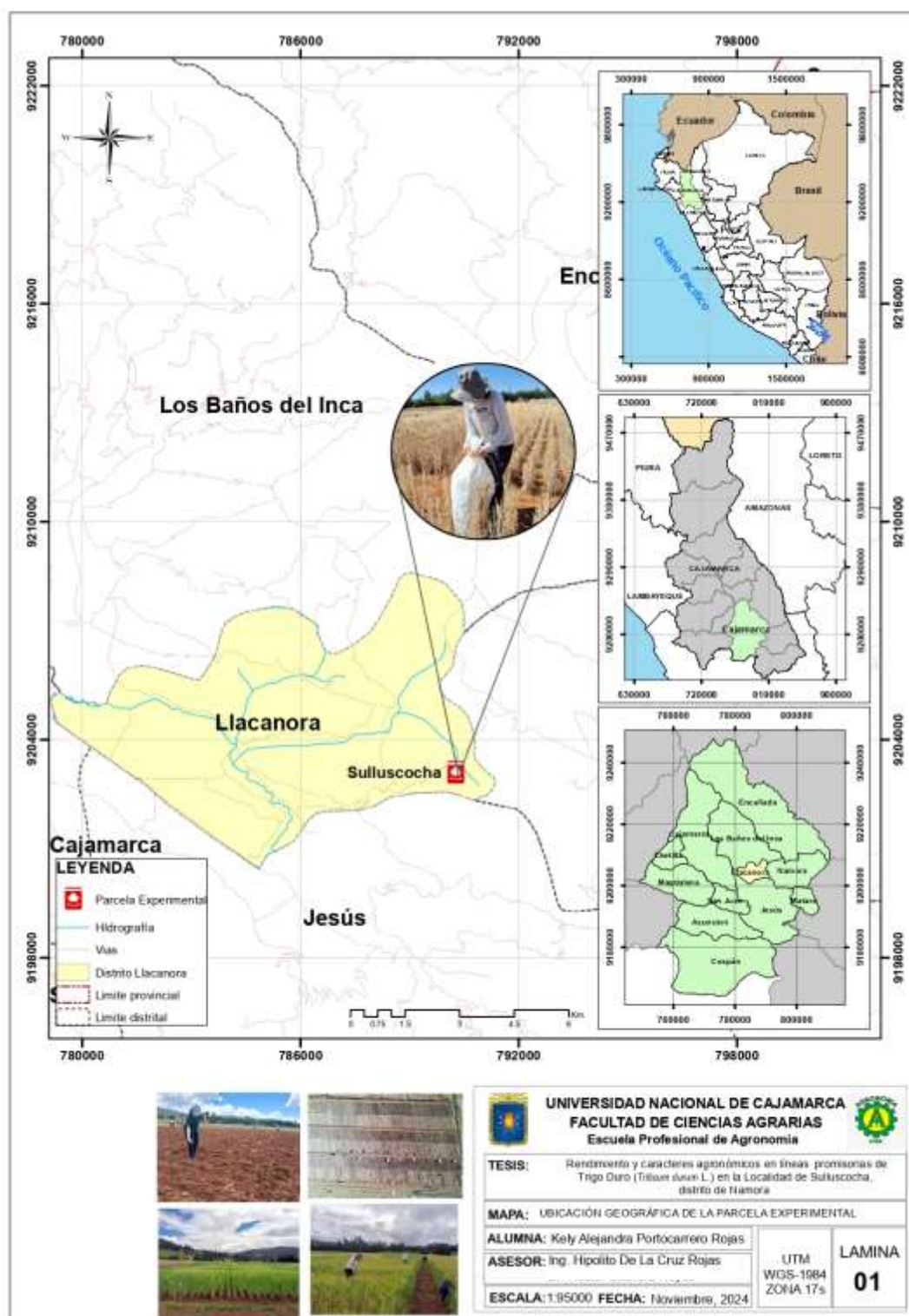
| Ensayo                         | Resultados | Clasificación          |
|--------------------------------|------------|------------------------|
| Fosforo disponible (ppm)       | 13.9       | Nivel medio            |
| Potasio disponible (ppm)       | 277.1      | Nivel alto             |
| Carbonato de calcio (%)        | 12.69      | Nivel alto             |
| pH                             | 8.1        | moderadamente alcalino |
| Conductividad eléctrica (mS/m) | 11.5       | Nivel normal           |
| Materia orgánica (%)           | 4          | Nivel medio            |

---

**Fuente.** Laboratorio de suelos - INIA

**Figura 1**

*Ubicación geográfica de la parcela experimental*



## **3.2 Materiales**

### **3.2.1 Material genético**

Se compone de 10 líneas promisorias de trigo duro y un testigo que es la variedad mejorada local INIA 412 Atahualpa. La codificación e identificación de las líneas a evaluar se muestra en la Tabla 2.

### **3.2.2 Material de campo**

#### **3.2.2.1 Herramientas**

Lampilla, palana, estacas (48), rafia (2 kg)

#### **3.2.2.2 Insumos**

Fertilizantes como Fosfato di amónico, Cloruro de potasio, Urea, además de Herbicida para malezas hoja ancha y adherente.

### **3.2.3 Material y equipo de laboratorio**

- Laptop (Lenovo Core i3).
- Determinador de humedad digital (AgraTronix Ag-Mac Plus Grain Tester).
- Balanza digital De 40 kg (Dahongyng con torre alta).
- Determinador de peso hectolítrico de ¼ de litro.

### 3.2.4 Tratamientos en estudio

**Tabla 2**

*Codificación e identificación del material genético a evaluar en el ERU de trigo duro.*

| Entrada | Tratamiento | Genealogía                                                                                                                                                                                             |
|---------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | TD-014      | RASCON_37/2*TARRO_2/3/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/4/SORA/2*PLATA_12//SOMAT_3                                                                                                          |
| 2       | TD-020      | CHEN_1/TEZ/3/GUIL//CIT71/CII/4/SORA/PLATA_12/5/STOT//ALTAR<br>84/ALD/10/PLATA_10/6/MQUE/4/USDA573//QFN/AA_7/3/ALBA-<br>D/5/AVO/HUI/7/PLATA_13/8/THKNEE_11/9/CHEN/ALTAR 84/3/HUI/POC//BUB/RUFO/4/FNFOOT |
| 3       | TD-026      | CANELO_9.1/SNITAN/10/PLATA_10/6/MQUE/4/USDA573//QFN/AA_7/3/ALBA-<br>D/5/AVO/HUI/7/PLATA_13/8/THKNEE_11/9/CHEN/ALTAR 84/3/HUI/POC//BUB/RUFO/4/FNFOOT                                                    |
| 4       | TD-030      | ENTE/MEXI_2//HUI/4/YAV_1/3/LD357E/2*TC60//JO69/5/BISU/6/RYPSE26_2/7/SNITAN/8/SOMAT_4/INTER_8                                                                                                           |
| 5       | TD-033      | GUAYACAN INIA/GUANAY//PORRON_4/BEJAH_7/3/VANRRIKSE_12/SNITAN                                                                                                                                           |
| 6       | TD-037      | RASCON_37/2*TARRO_2/3/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/4/MALMUK_1/SERRATOR_1//R<br>ASCON_37/TARRO_2/7/R143/RUFF//STIL/3/YAV79/4/SHWA/MALD/5/ALTAR 84/6/TILO_1/LÖTUS_4                      |
| 7       | TD-043      | RASCON_37/2*TARRO_2/3/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/4/SORA/2*PLATA_12//SOMAT_3<br>/5/EUPODA_3/SLA_2//MINIMUS                                                                            |
| 8       | TD-053      | USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARDENTE/7/HUI/YAV79/8/POD_9                                                                                                                              |
| 9       | TD-061      | SOMAT_4/SILVER_1//POLARIS/5/NETTA_4/DUKEM_12//RASCON_19/3/SORA/2*PLATA_12/4/GREEN_18/FOCH<br>A_1//AIRON_1                                                                                              |
| 10      | TD-062      | SOMAT_4/SILVER_1//POLARIS/5/NETTA_4/DUKEM_12//RASCON_19/3/SORA/2*PLATA_12/4/GREEN_18/FOCH<br>A_1//AIRON_1                                                                                              |
| 11      | TD-001      | INIA 412 Atahualpa (Testigo)                                                                                                                                                                           |

### 3.3 Metodología.

#### 3.3.2 Características del campo experimental

La unidad experimental estará formada por 13 surcos de 4 m de largo por 0.31 m de ancho, es decir, una superficie neta experimental de 16 m<sup>2</sup>. Cada ensayo está compuesto por 11 tratamientos sembrados en 3 repeticiones en 1 localidades.

**Tabla 3**

*Características de los experimentos.*

| Características                                    | Indicador            |
|----------------------------------------------------|----------------------|
| Superficie por tratamiento                         | 16 m <sup>2</sup>    |
| N° de tratamientos                                 | 11                   |
| N° de bloques/ repetición                          | 2                    |
| N° de repeticiones/ localidad                      | 3                    |
| N° de localidades                                  | 1                    |
| Superficie neta de experimento/localidad           | 1 144 m <sup>2</sup> |
| Superficie total de experimento + calles/localidad | 1 400 m <sup>2</sup> |

## Croquis

**Figura 2**

*Distribución de parcela experimental de parcelas divididas.*

Distribución de parcela experimental de parcelas divididas.

|              |     |      |          |          |       |       |       |          |          |       |       |       |          |     |
|--------------|-----|------|----------|----------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|-------|-------|----------|-----|
| 44 m         |     |      |          |          |       |       |       |          |          |       | 4 m   |       |          |     |
| Tratamientos |     |      |          |          |       |       |       |          |          |       |       |       |          |     |
| Bloque       | III | CF   | INIA 412 | T 33     | T 53  | T 14  | T 61  | T 37     | T 20     | T 43  | T 62  | T 30  | T 26     | 4 m |
|              |     | SF   | TD 14    | TD 62    | TD 43 | TD 20 | TD 33 | TD 30    | TD 53    | TD 26 | TD 61 | TD 37 | INIA 412 |     |
| 1 m          |     |      |          |          |       |       |       |          |          |       |       |       |          |     |
| II           | CF  | T 26 | T 53     | INIA 412 | T 62  | T 43  | T 30  | T 14     | T 33     | T 20  | T 37  | T 61  | 26 m     |     |
|              | SF  | T 37 | T 30     | T 33     | T 14  | T 61  | T 26  | INIA 412 | T 62     | T 43  | T 20  | T 53  |          |     |
| I            | CF  | T 33 | T 61     | T 30     | T 20  | T 37  | T 53  | T 62     | INIA 412 | T 14  | T 26  | T 43  |          | 4 m |
|              | SF  | T 20 | INIA 412 | T 53     | T 26  | T 43  | T 61  | T 14     | T 30     | T 37  | T 62  | T 33  |          |     |

### **3.3.3 Diseño experimental**

La investigación es de tipo aplicada por que tiene propósitos prácticos bien definidos donde se utilizó 10 líneas promisorias de trigo más una variedad mejorada local como testigo, sometiéndolas a una franja por bloque con fertilizante químico y otro sin fertilizante.

El diseño de la investigación es experimental porque se manipuló la variable independiente que son las líneas como la fertilización.

Se utilizó el diseño de parcelas divididas, donde las 10 líneas y 1 variedad mejorada local (total 11 tratamientos) se evaluó en ambos bloques (con y sin fertilizante), con 3 repeticiones por tratamiento.

#### **3.3.3.1 Estructura del diseño de parcelas divididas**

**Factor de la parcela principal:** Líneas de trigo (10 líneas de trigo más 1 variedad local (factor más relevante))

**Factor de sub parcelas:** Uso de fertilizantes (dos niveles: con fertilizante y sin fertilizante).

#### **Repeticiones**

Se replicó 3 veces, es decir, con cada combinación de parcela y sub parcelas en cada bloque.

### **3.3.4 Operacionalización de variables**

#### **a. Variable dependiente.**

- Rendimiento  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , peso hectolítrico, peso de mil granos.

#### **b. Variable independiente.**

- Líneas promisorias de trigo duro, variedad mejorada.
- Parcelas con o sin fertilización.

### a.1 Modelo matemático del diseño experimental de parcelas divididas

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

#### Donde

**Y<sub>ijk</sub>**: Es la observación en la subparcela k del tratamiento j en la parcela principal i.

**μ**: Es la media general.

**T<sub>i</sub>**: Es el efecto del i-ésimo nivel de las parcelas principales (las 11 líneas de trigo).

**B<sub>j</sub>**: Es el efecto del j-ésimo nivel de las subparcelas (con o sin fertilizante).

**(τβ)<sub>ij</sub>**: Es la interacción entre el efecto de las parcelas principales y las subparcelas.

**ε<sub>ijk</sub>**: Es el error experimental, que se asume independiente e idénticamente distribuido con una distribución normal de media cero y varianza σ<sup>2</sup>.

### a.2 Hipótesis a evaluar

**H<sub>0</sub>**: No hay efecto de las parcelas principales (líneas de trigo) sobre la variable de respuesta.

**H<sub>1</sub>**: Hay un efecto significativo de las parcelas principales sobre la variable de respuesta.

**H<sub>0</sub>**: No hay efecto de los tratamientos de las subparcelas (fertilizado vs no fertilizado) sobre la variable de respuesta.

**H<sub>1</sub>**: Hay un efecto significativo de los tratamientos de las subparcelas sobre la variable de respuesta.

**H<sub>0</sub>**: No hay interacción entre las parcelas principales y las subparcelas.

**H<sub>1</sub>**: Hay una interacción significativa entre las parcelas principales y las subparcelas.

### 3.3.5 Actividades realizadas

#### 3.3.5.1 Trabajo de campo

- a. **Preparación de parcelas experimentales.** Se delimitó el área de acuerdo con el croquis experimental y se procedió a trazar los surcos, con una separación de 30 cm entre ellos, utilizando lampillas.
- b. **Siembra y primera fertilización.** El procedimiento consistió en arrojar al voleo 228 g de semilla por unidad experimental (13 surcos), tanto de las líneas promisorias como de la variedad mejorada de trigo duro INIA 412 Atahualpa. La siembra se realizó comenzando desde la esquina inferior izquierda hacia la derecha, luego siguiendo un patrón en zigzag

hasta completar el diseño experimental en la parte superior, tal como se muestra en el croquis experimental.

La primera fertilización se realizó inmediatamente después de la siembra, aplicando al voleo el 100% del fertilizante compuesto "Fosfato Di amónico" (DPA) y el fertilizante potásico "Cloruro de Potasio" (KCL). En el caso del fertilizante nitrogenado "Urea", solo se aplicó el 50% de la dosis total. La dosificación fue determinada por el laboratorio, según análisis de suelo 105 N – 60 P – 45 K. Al realizar la operación para determinar la cantidad de fertilizante se obtuvieron los siguientes resultados. 130 kg de urea, 177 kg de fosfato di amónico y 75 kg de Cloruro de potasio por hectárea; posterior a ello se determinó a 16 m<sup>2</sup>.

- c. **Aplicación de herbicida.** A los 40 días después de la siembra, se aplicó el herbicida para hoja ancha "Aminasil 720 SL". El proceso se llevó a cabo utilizando una mochila fumigadora de 20 litros, siguiendo la dosificación indicada en la ficha técnica. La aplicación se realizó directamente sobre el cultivo, logrando la eliminación de las plantas de hoja ancha.
- d. **Segunda fertilización.** Al momento del macollamiento del trigo (50 días después a la siembra) se realizó la aplicación del 50 % del fertilizante nitrogenado "Urea" restante de la primera fertilización. Este procedimiento consistió en la aplicación entre los surcos de urea al voleo según recomendación del análisis de suelo.
- e. **Deshierbo manual y eliminación de plantas atípicas.** Se realizó el deshierbo utilizando picos, y las plantas atípicas de trigo o aquellas que crecieron entre los trigos se eliminaron manualmente, con el fin de evitar cualquier daño al cultivo de trigo.
- f. **Segado y ensacado.** La recolección se llevó a cabo cuando el cultivo alcanzó la fase de madurez para la cosecha, con aproximadamente un 14% de humedad (fase de cosecha).

Este proceso consistió en cortar los tallos de trigo de los 7 surcos centrales, colocarlos en costales e identificar cada uno. Posteriormente, se trasladaron a la plataforma de secado de la Estación Experimental Agraria de Baños del Inca.

#### **3.3.5.2 Trabajo de post cosecha**

- g. Limpieza de grano.** Se llevó a cabo la limpieza utilizando ventiladoras para facilitar el venteo del grano. Posteriormente, se colocó el grano en bolsas de papel Kraft, asegurándose de identificar cada una de ellas.

#### **3.3.5.3 Trabajo de gabinete**

Se realizó el pesado de cada bolsa obtenida de cada unidad experimental, y se procedió con las evaluaciones de post cosecha para determinar rendimiento y calidad de grano; como se describe a continuación:

#### **3.3.6 Variables en estudio**

##### **h. Rendimiento t/ha**

Se llevó a cabo la cosecha de los 7 surcos centrales cuando el grano alcanzó la madurez de cosecha, con un nivel de humedad del 14% aproximadamente. Este valor se expresó en kilogramos y posteriormente se convirtió a t/ha para estimar el rendimiento potencial. Mediante la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento (kg} \cdot \text{ha}^{-1}\text{)} = \left( \frac{\text{Peso (kg) en } 16 \text{ m}^2}{16} \times \frac{100 - \text{Humedad actual (\%)}}{100 - \text{Humedad de referencia (\%)}} \right) \times 10,000$$

##### **i. Humedad de grano**

Se utilizó el determinador de humedad modelo Ag-MAC PLUS de la marca AgraTronix, el cual mide automáticamente la humedad al colocar aproximadamente 300 gramos de trigo en la

tolva del equipo. El porcentaje de humedad se muestra de manera inmediata en la pantalla digital del dispositivo. Este dato es indispensable para determinar el rendimiento de grano al 14% de humedad.

**j. Peso hectolítrico (kg/hL)**

Se utilizó el determinador de humedad modelo Ag-MAC PLUS de la marca AgraTronix, el cual mide automáticamente el peso hectolítrico de grano de trigo, al colocar aproximadamente 300 gramos de trigo en la tolva del equipo. El peso hectolítrico, se muestra de manera inmediata en la pantalla digital del dispositivo. Este procedimiento se repitió 5 veces y se calculó el promedio de los resultados obtenidos.

**k. Peso de mil granos**

Se contaron al azar 1000 granos de la muestra total y se procedió a su pesaje. Los granos mantenían un nivel constante de 14% de humedad. Este procedimiento se repitió 5 veces y se calculó el promedio de los resultados obtenidos.

**3.3.7 Análisis estadísticos**

Una vez recogido los datos se construyó una base de datos y se procedió al análisis estadístico. El análisis estadístico se realizó haciendo uso de estadística descriptiva: tablas, gráficos, medidas estadísticas. Para la contrastación de la hipótesis se utilizó estadística inferencial: análisis de varianza para un diseño bloque y la prueba de comparación múltiple Tukey.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Rendimiento

**Tabla 4**

*Análisis de varianza para rendimiento  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  para las 11 líneas promisorias de trigo duro y la variedad mejorada local.*

| Fuentes de variación               | Grados de libertad   | Suma de cuadrados | cuadrado medio  | F calculada                | F tabular |      | p-valor |
|------------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------|----------------------------|-----------|------|---------|
|                                    |                      |                   |                 |                            | 0.05      | 0.01 |         |
| Trat. (líneas + variedad de trigo) | 10                   | 3.57              | 0.36            | 1.48 ns                    | 2.06      | 2.70 | 0.1801  |
| Tipo de fertilización (CF/SF)      | 1                    | 50.32             | 50.32           | 208.78 **                  | 4.06      | 7.30 | <0.0001 |
| Repetición                         | 2                    | 1.55              | 0.77            | 3.21 ns                    | 3.20      | 5.15 | 0.0506  |
| Trat. * Tipo de fert.              | 10                   | 5.14              | 0.51            | 2.13 *                     | 2.06      | 2.75 | 0.043   |
| Error                              | 42                   | 10.12             | 0.24            |                            |           |      |         |
| Total                              | 65                   | 70.7              |                 |                            |           |      |         |
| CV. 26.06                          | ns: no significativo |                   | * significativo | ** altamente significativo |           |      |         |

El análisis de varianza para el rendimiento en  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  entre los tratamientos (11 líneas promisorias de trigo y la variedad mejorada local) y el tipo de fertilización (con fertilizante vs sin fertilizante) indica que no existen diferencias significativas entre las líneas de trigo y la variedad mejorada local ( $p = 0.1801$ ,  $F$  calculada = 1.48 <  $F$  tabular = 2.06). Sin embargo, el tipo de fertilización presenta un efecto altamente significativo ( $p < 0.0001$ ,  $F$  calculada = 208.78 >  $F$  tabular = 4.06), lo que sugiere que el uso de fertilizante mejora significativamente el rendimiento. Las repeticiones también muestran una tendencia a ser significativas ( $p = 0.0506$ ,  $F$  calculada = 3.21 <  $F$  tabular = 3.20), aunque no alcanzan el umbral de significancia. Finalmente, la interacción entre los tratamientos y el tipo de fertilización es significativa ( $p = 0.043$ ,  $F$  calculada = 2.13 >  $F$  tabular = 2.06), lo que implica que el efecto del tipo de fertilización depende de las líneas de trigo utilizadas. El coeficiente de variación (CV) de 26.6% sugiere una moderada variabilidad relativa en los rendimientos, posiblemente debido a factores no controlados como condiciones climáticas y edáficas.

**Tabla 5**

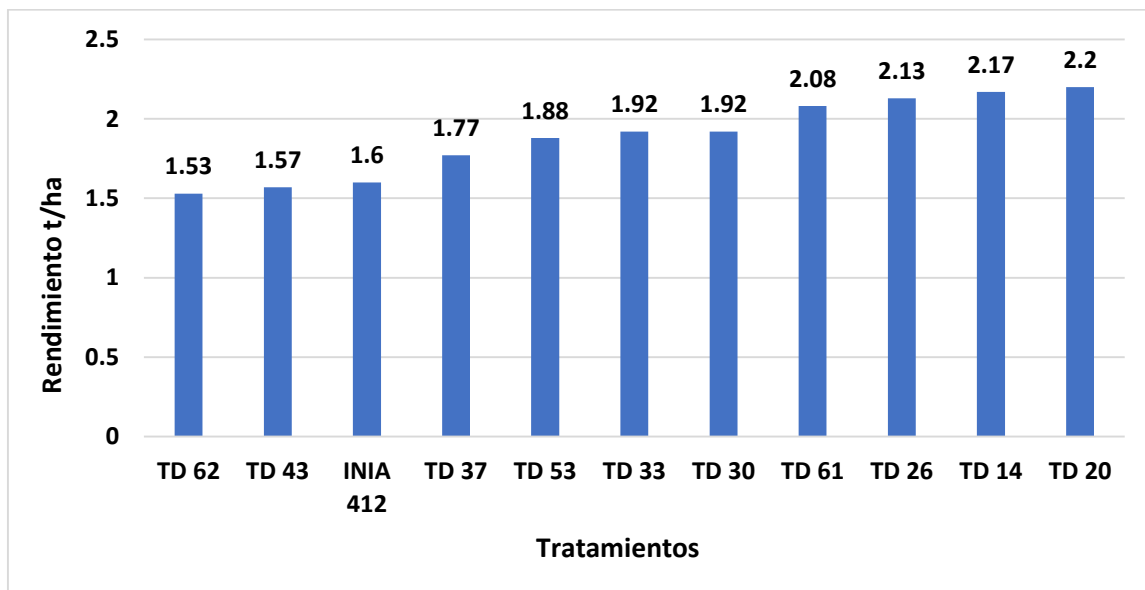
*Promedios del rendimiento  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  para las 11 líneas promisorias de trigo duro y la variedad mejorada local.*

| Tratamientos | Promedio<br>$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ |
|--------------|----------------------------------------------|
| TD 20        | 2.2                                          |
| TD 14        | 2.17                                         |
| TD 26        | 2.13                                         |
| TD 61        | 2.08                                         |
| TD 33        | 1.92                                         |
| TD 30        | 1.92                                         |
| TD 53        | 1.88                                         |
| TD 37        | 1.77                                         |
| INIA 412     | 1.6                                          |
| TD 43        | 1.57                                         |
| TD 62        | 1.53                                         |

TOTAL = 11 Tratamientos

**Figura 3**

*Gráfico de barras para rendimiento  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ .*



La tabla 5 y figura 3, muestran los promedios de rendimiento en  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$  muestran que aunque no existe significancia estadística las líneas TD 20, TD 14 y TD 26 obtienen los valores más altos, con 2.2, 2.17 y 2.13  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , respectivamente, mientras que la variedad mejorada local

INIA 412 alcanza un rendimiento de  $1.6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . En comparación, las demás líneas como TD 61, TD 33 y TD 30 también superan al testigo INIA 412, sugiriendo que las líneas promisorias poseen un mayor potencial productivo. Las líneas TD 43 y TD 62 muestran los rendimientos más bajos entre los tratamientos, con  $1.57$  y  $1.53 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , respectivamente. Aunque no haya diferencias estadísticamente significativas, estos datos resaltan el rendimiento competitivo de las líneas promisorias en relación a la variedad local mejorada.

**Tabla 6**

*Prueba de Tukey aplicada al rendimiento  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$  para el tipo de fertilización. Con fertilizante (CF) y sin fertilizante (SF).*

| Tipo de fertilización | Rendimiento<br>t/ha |   |
|-----------------------|---------------------|---|
| CF                    | 2.76                | A |
| SF                    | 1.01                | B |
| <b>DMS=0.2439</b>     |                     |   |

La prueba de Tukey muestra que el rendimiento con fertilizante ( $2.76 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , grupo A) es significativamente mayor que sin fertilizante ( $1.01 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , grupo B), confirmando que el fertilizante incrementa el rendimiento. La DMS de 0.12203 respalda esta diferencia estadística.

**Tabla 7**

*Prueba de Tukey aplicada al rendimiento  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  para la interacción tratamientos por el tipo de fertilización. Con fertilizante (CF) y sin fertilizante (SF).*

| Tratamientos | Tipo de fertilización | Medias | $\alpha = 0.05$ (rendimiento) |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------|-----------------------|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| TD 20        | CF                    | 3.51   | A                             |   |   |   |   |   |   |   |
| TD 14        | CF                    | 3.46   | A                             |   |   |   |   |   |   |   |
| TD 26        | CF                    | 3.02   | A                             | B |   |   |   |   |   |   |
| TD 30        | CF                    | 2.85   | A                             | B | C |   |   |   |   |   |
| TD 43        | CF                    | 2.66   | A                             | B | C | D |   |   |   |   |
| TD 61        | CF                    | 2.65   | A                             | B | C | D | E |   |   |   |
| TD 53        | CF                    | 2.64   | A                             | B | C | D | E |   |   |   |
| TD 33        | CF                    | 2.56   | A                             | B | C | D | E |   |   |   |
| INIA 412     | CF                    | 2.51   | A                             | B | C | D | E |   |   |   |
| TD 62        | CF                    | 2.35   | A                             | B | C | D | E | F |   |   |
| TD 37        | CF                    | 2.11   | A                             | B | C | D | E | F | G |   |
| TD 61        | SF                    | 1.48   |                               | B | C | D | E | F | G | H |
| TD 37        | SF                    | 1.41   |                               |   | C | D | E | F | G | H |
| TD 33        | SF                    | 1.27   |                               |   |   | D | E | F | G | H |
| TD 26        | SF                    | 1.26   |                               |   |   | D | E | F | G | H |
| TD 53        | SF                    | 1.12   |                               |   |   |   | E | F | G | H |
| TD 30        | SF                    | 0.95   |                               |   |   |   |   | F | G | H |
| TD 14        | SF                    | 0.9    |                               |   |   |   |   | F | G | H |
| TD 20        | SF                    | 0.85   |                               |   |   |   |   | F | G | H |
| TD 62        | SF                    | 0.72   |                               |   |   |   |   |   | G | H |
| INIA 412     | SF                    | 0.69   |                               |   |   |   |   |   | G | H |
| TD 43        | SF                    | 0.46   |                               |   |   |   |   |   |   | H |

**DMS= 1.5368**

La prueba de Tukey muestra que el rendimiento es significativamente mayor con fertilizante (CF) en todos los tratamientos. Los tratamientos TD 20 y TD 14 con fertilizante (CF) presentan los rendimientos más altos ( $3.51$  y  $3.46 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , respectivamente, grupo A), destacándose por encima de otros tratamientos. En cambio, los tratamientos sin fertilizante (SF) muestran una disminución considerable en el rendimiento, con el tratamiento TD 43 sin fertilizante registrando el valor más bajo ( $0.46 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , grupo H). Esto indica que la aplicación de fertilizante mejora significativamente el rendimiento en comparación con los tratamientos sin

fertilizante. Además, la diferencia mínima significativa (DMS) es de 1.53683, lo que indica la cantidad mínima de diferencia entre medias que se debe observar para que se considere significativa.

Estos datos son similares a los obtenidos por Huaroc (2011) en la región de Huancaveila, Perú, quien evaluó líneas promisorias provenientes del CIMMYT y comparando con la variedad local “Barba Negra”, el obtuvo en la línea promisoría PLATA\_6/GREEN\_17/3/CHEN/AUK/BISU 1.637 t·ha<sup>-1</sup> como mayor rendimiento siendo superior al testigo que obtuvo 1.350 t·ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, son inferiores en rendimiento a los reportados por INIAP en Ecuador, donde la línea de trigo TA-18-008 alcanzó 5 t·ha<sup>-1</sup>. En comparación, las líneas TD-14, TD-20 y TD-26, aunque presentan un rendimiento superior al testigo local INIA 412 con 2.18 y 2.14 t·ha<sup>-1</sup>, respectivamente, muestran un potencial productivo menor. Esta diferencia puede atribuirse a condiciones no controladas como las condiciones climáticas.

En estudios realizados, se ha observado que esta interacción puede estar vinculada a las diferencias genotípicas entre variedades. Es decir, algunas líneas muestran mayor respuesta al nitrógeno, ya que tienen una mejor capacidad para absorber y utilizar el nutriente de manera eficiente bajo ciertas condiciones de fertilización (Ghafoor et al., 2021). En el caso de las líneas TD-20 y TD-14, su mayor rendimiento bajo fertilización puede deberse a su capacidad para maximizar la absorción de nitrógeno, lo que aumenta su crecimiento vegetativo y capacidad fotosintética, factores clave en la acumulación de biomasa y, por ende, en el rendimiento.

La interacción significativa entre la fertilización y los tratamientos sugiere que el rendimiento no solo depende de la cantidad de fertilizante aplicado, sino también de la genética de cada línea de trigo. Esto está alineado con los resultados de Ayub et al. (2020), quienes destacaron que ciertas combinaciones de tratamientos de fertilización y variedades genéticas pueden maximizar la eficiencia de uso de nitrógeno, dado que algunas líneas tienen una mejor capacidad de respuesta cuando el nitrógeno está disponible en abundancia.

## 4.2 Peso hectolítrico

**Tabla 8**

*Análisis de varianza peso hectolítrico kg/hL para las 11 líneas promisorias de trigo duro y la variedad mejorada local.*

| Fuentes de variación                                                                    | Grados de libertad | Suma de cuadrados | cuadrado medio | F calculada | F tabular |      | p-valor |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|-----------|------|---------|
|                                                                                         |                    |                   |                |             | 0.05      | 0.01 |         |
| Trat. (líneas + variedad de trigo)                                                      | 10                 | 150.75            | 15.08          | 1.6 ns      | 2.06      | 2.70 | 0.1398  |
| Tipo de fertilización (CF/SF)                                                           | 1                  | 840.31            | 840.31         | 89.23 **    | 4.06      | 7.30 | <0.0001 |
| Repetición                                                                              | 2                  | 20.09             | 10.04          | 1.07 ns     | 3.20      | 5.15 | 0.3533  |
| Trat. * Tipo de fert.                                                                   | 10                 | 68.37             | 6.84           | 0.73 ns     | 2.06      | 2.75 | 0.6956  |
| Error                                                                                   | 42                 | 395.51            | 9.42           |             |           |      |         |
| Total                                                                                   | 65                 | 1475.04           |                |             |           |      |         |
| CV. 8.48      ns: no significativo      * significativo      ** altamente significativo |                    |                   |                |             |           |      |         |

El análisis de varianza para el peso hectolítrico (kg/hL) entre las 11 líneas promisorias de trigo duro y la variedad mejorada local muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, ya que el valor  $p = 0.1398$  es mayor que el nivel de significancia de  $p < 0.05$ . Sin embargo, el tipo de fertilización tiene un efecto altamente significativo ( $p < 0.0001$ ,  $F$  calculada =  $89.23 > F$  tabular =  $4.06$ ), lo que indica que el uso de fertilizante influye significativamente en el peso hectolítrico. Las repeticiones no presentan un efecto significativo ( $p = 0.3533$ ,  $F$  calculada =  $1.07 < F$  tabular =  $3.20$ ), y la interacción entre los tratamientos y el tipo de fertilización también es no significativa ( $p = 0.6956$ ,  $F$  calculada =  $0.73 < F$  tabular =  $2.06$ ). El coeficiente de variación (CV) de 8.48% sugiere una baja variabilidad relativa en los datos.

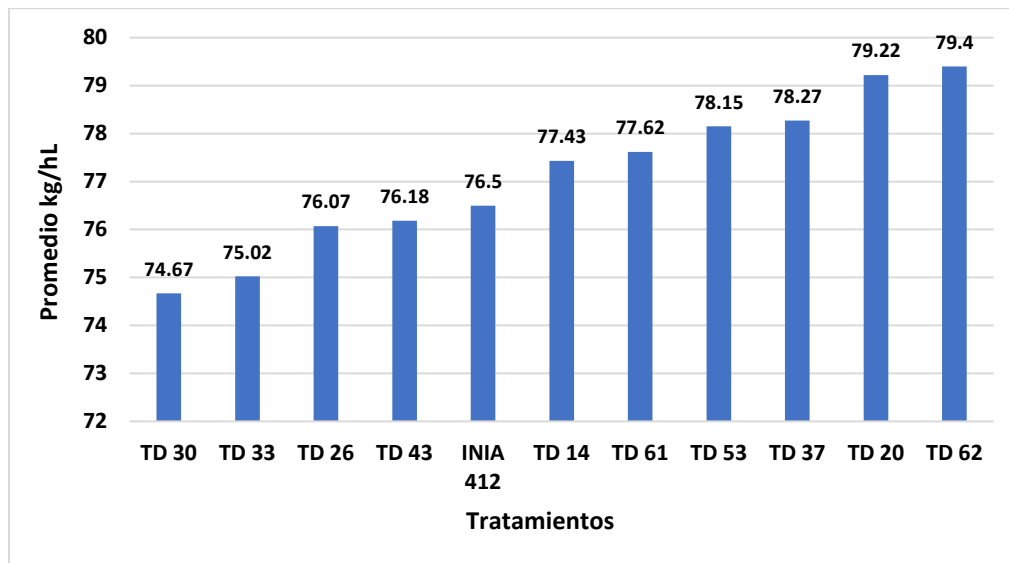
**Tabla 9**

*Promedios del peso hectolítico kg/hL para las 11 líneas promisorias de trigo duro y la variedad mejorada local.*

| Tratamientos            | Promedio<br>kg/hL |
|-------------------------|-------------------|
| TD 62                   | 79.4              |
| TD 20                   | 79.22             |
| TD 37                   | 78.27             |
| TD 53                   | 78.15             |
| TD 61                   | 77.62             |
| TD 14                   | 77.43             |
| INIA 412                | 76.5              |
| TD 43                   | 76.18             |
| TD 26                   | 76.07             |
| TD 33                   | 75.02             |
| TD 30                   | 74.67             |
| TOTAL = 11 Tratamientos |                   |

**Figura 4**

*Gráfico de barras para peso hectolítico kg/hL.*



La tabla 9 y figura 4 muestran los promedios de peso hectolítico en kg/hL indican que aunque no existe significancia estadística, las líneas TD 62, TD 20 y TD 37 tienen los valores más altos, con 79.4, 79.22 y 78.27 kg/hL, respectivamente, mientras que la variedad mejorada local INIA 412 registra un promedio de 76.5 kg/hL. Aunque no existan diferencias

estadísticamente significativas, la mayoría de las líneas promisorias superan a INIA 412, lo que sugiere un potencial superior en términos de peso hectolítrico. Las líneas TD 33 y TD 30 presentan los valores más bajos, con 75.02 y 74.67 kg/hL, respectivamente, mostrando una ligera variabilidad en el peso entre las diferentes líneas evaluadas.

**Tabla 10**

*Prueba de Tukey aplicada al peso hectolítrico kg/hL, para el tipo de fertilización. Con fertilizante (CF) y sin fertilizante (SF).*

| Tipo de fertilización | Peso hectolítrico (kg/hL) |   |
|-----------------------|---------------------------|---|
| CF                    | 80.71                     | A |
| SF                    | 73.57                     | B |

**DMS= 1.5245**

La prueba de Tukey revela que el peso hectolítrico con fertilizante (80.71 kg/hL, grupo A) es significativamente mayor que sin fertilizante (73.57 kg/hL, grupo B), lo que indica que el fertilizante mejora este parámetro. La DMS de 1.52445 confirma que esta diferencia es estadísticamente significativa.

Los resultados obtenidos son similares a los de Suarez (2019) quien en su estudio evaluó 5 líneas de trigo donde con la línea 317 obtuvo la mayor calidad de grano con peso hectolítrico 82 kg/hL en México con líneas provenientes del CIMMYT este resultado revela la buena calidad de grano para la industria molinera.

Así mismo, nuestro estudio es similar al de Catota (2024), quien, en Ecuador, evaluó el comportamiento agronómico de cuatro líneas de trigo y una variedad mejorada. En su investigación, Catota reportó un peso hectolítrico de 70.96 kg/hL en la línea TA-18-008, valor que es inferior al obtenido en nuestra línea TD 62, que alcanzó 79.4 kg/hL. Sin embargo, al igual que Catota, no encontramos diferencias significativas entre las líneas evaluadas en cuanto al peso hectolítrico ( $p = 0.8007$ ), lo que indica que, bajo nuestras condiciones, la fertilización podría ser un factor más determinante que la línea de trigo en la calidad del grano. Estos resultados

concuerdan con estudios previos, como el de Suárez (2019), quienes también reportan el impacto del manejo agronómico, subrayando el papel del aporte de nutrientes en la mejora del peso hectolítrico del grano.

La investigación ha demostrado que la disponibilidad de nitrógeno, fosforo y potasio, influye en la calidad de los granos, sinónimo de peso hectolítrico kg/hL. Este aumento puede estar relacionado con el aporte de nitrógeno en el llenado de grano, que contribuye a una mayor densidad en los mismos (Effah et al., 2022). En un estudio similar, Gao et al. (2019) encontraron que el aumento en la disponibilidad de nitrógeno a través de fertilización contribuyó a granos de mayor peso y mejor calidad, lo cual es compatible con los resultados observados en tu experimento.

### 4.3 Peso de mil granos

**Tabla 11**

*Análisis de varianza para peso de mil granos (g) para las 11 líneas promisorias de trigo duro y la variedad mejorada local.*

| Fuentes de variación                                                                     | Grados de libertad | Suma de cuadrados | cuadrado medio | F calculada | F tabular |      | p-valor |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|-----------|------|---------|
|                                                                                          |                    |                   |                |             | 0.05      | 0.01 |         |
| Trat. (líneas + variedad de trigo)                                                       | 10                 | 1252.56           | 125.26         | 9.27 **     | 2.06      | 2.70 | <0.0001 |
| Tipo de fertilización (CF/SF)                                                            | 1                  | 100.39            | 100.39         | 7.43 **     | 4.06      | 7.30 | 0.0093  |
| Repetición                                                                               | 2                  | 17.49             | 8.74           | 0.65 ns     | 3.20      | 5.15 | 0.5287  |
| Trat. * Tipo de fert.                                                                    | 10                 | 454.11            | 45.41          | 3.36 **     | 2.06      | 2.75 | 0.0027  |
| Error                                                                                    | 42                 | 567.57            | 13.51          |             |           |      |         |
| Total                                                                                    | 65                 | 2392.12           |                |             |           |      |         |
| CV. 10.62      ns: no significativo      * significativo      ** altamente significativo |                    |                   |                |             |           |      |         |

El análisis de varianza para el peso de mil granos (g) entre las 11 líneas promisorias de trigo duro y la variedad mejorada local muestra que las diferencias entre los tratamientos son altamente significativas, con un valor  $p < 0.0001$  y un F calculado de 9.27, que supera el F tabular de 2.06, lo que indica que las líneas de trigo y la variedad mejorada local tienen un impacto

significativo en el peso de mil granos. El tipo de fertilización también tiene un efecto significativo ( $p = 0.0093$ ,  $F$  calculado = 7.43 >  $F$  tabular = 4.06), lo que sugiere que el uso de fertilizante influye en el peso de los granos. Sin embargo, las repeticiones no muestran diferencias significativas ( $p = 0.5287$ ,  $F$  calculado = 0.65 <  $F$  tabular = 3.20), lo que indica que la variabilidad entre repeticiones no es relevante. La interacción entre las líneas y variedad de trigo (trat.) y el tipo de fertilización es significativa ( $p = 0.0027$ ,  $F$  calculado = 3.36 >  $F$  tabular = 2.06), lo que implica que el efecto del tipo de fertilización varía según las líneas de trigo utilizadas. El coeficiente de variación (CV) es de 10.62%, lo que indica una variabilidad moderada en los datos.

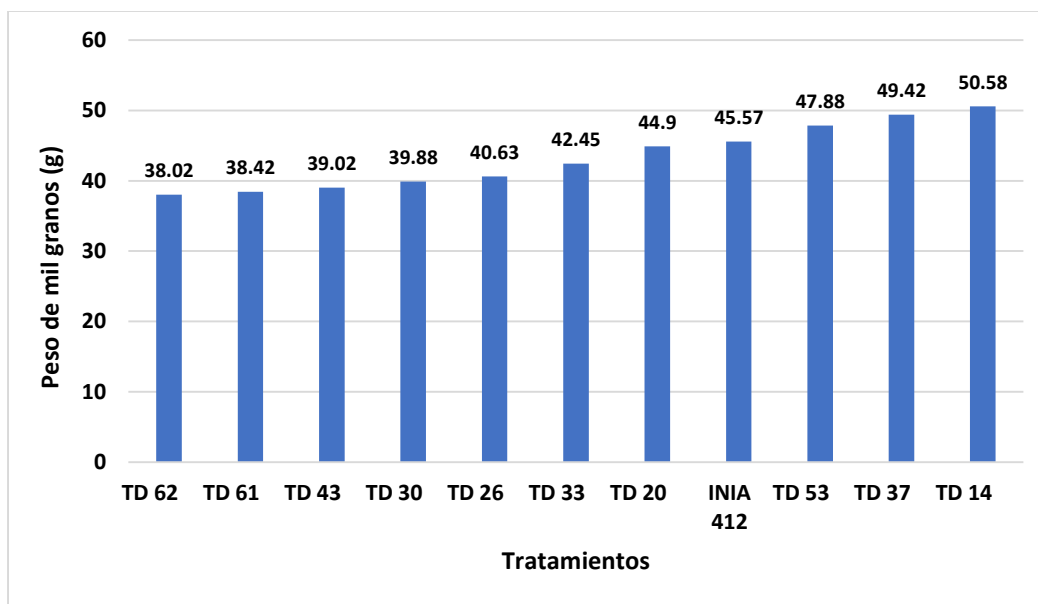
**Tabla 12**

*Prueba de Tukey aplicada al peso de mil granos (g), para los tratamientos.*

| Tratamientos            | Peso de mil granos (g) |   |   |   |   |
|-------------------------|------------------------|---|---|---|---|
| TD 14                   | 50.58                  | A |   |   |   |
| TD 37                   | 49.42                  | A | B |   |   |
| TD 53                   | 47.88                  | A | B | C |   |
| INIA 412                | 45.57                  | A | B | C | D |
| TD 20                   | 44.9                   | A | B | C | D |
| TD 33                   | 42.45                  | A | B | C | D |
| TD 26                   | 40.63                  |   | B | C | D |
| TD 30                   | 39.88                  |   |   | C | D |
| TD 43                   | 39.02                  |   |   | C | D |
| TD 61                   | 38.42                  |   |   |   | D |
| TD 62                   | 38.02                  |   |   |   | D |
| TOTAL = 11 Tratamientos |                        |   |   |   |   |

**Figura 5**

*Gráfico de barras para peso de mil granos (g). de los tratamientos en estudio.*



La Tabla 12 y figura 5, muestra la prueba de Tukey aplicada al peso de mil granos (g) entre los tratamientos, indicando que la línea TD 14 presenta el mayor peso (50.58 g), formando el grupo A, mientras que TD 62 tiene el peso más bajo (38.02 g), perteneciendo al grupo D. Las líneas TD 14, TD 37 y TD 53 se distribuyen entre los grupos A y B/C, lo que sugiere que estas están estadísticamente más cercanas entre sí y poseen un peso de mil granos significativamente mayor que otras líneas. La variedad mejorada local INIA 412 (45.57 g) pertenece al grupo A/B/C/D, lo que refleja su posición intermedia en comparación con las líneas promisorias, especialmente frente a las líneas de mayor peso como TD 14 y TD 37.

**Tabla 13**

*Prueba de Tukey aplicada al peso hectolítrico kg/hL, para el tipo de fertilización. Con fertilizante (CF) y sin fertilizante (SF).*

| Tipo de fertilización | Peso de mil granos (g) |   |
|-----------------------|------------------------|---|
| CF                    | 44.58                  | A |
| SF                    | 42.11                  | B |
| DMS=1.82634           |                        |   |

La prueba de Tukey indica que el peso de mil granos es mayor con fertilizante (44.58 g, grupo A) en comparación con el peso sin fertilizante (42.11 g, grupo B), sugiriendo que el uso de fertilizante aumenta este peso. La DMS de 1.82634 respalda que esta diferencia es estadísticamente significativa.

En investigaciones como las de Sadras y Angus (2006), se ha demostrado que ciertas variedades de trigo responden mejor a la combinación de N, P y K debido a sus características genéticas, lo que les permite una mayor acumulación de biomasa y un grano de mayor.

**Tabla 14**

*Prueba de Tukey aplicada al peso de mil granos (g), para la interacción tratamientos y el tipo de fertilización. Con fertilizante (CF) y sin fertilizante (SF).*

| Tratamientos | Tipo de fertilización | Medias | $\alpha = 0.05$ (rendimiento) |   |   |   |   |       |
|--------------|-----------------------|--------|-------------------------------|---|---|---|---|-------|
| TD 14        | SF                    | 53.9   | 3                             | 2 | A |   |   |       |
| TD 37        | CF                    | 49.77  | 3                             | 2 | A | B |   |       |
| TD 37        | SF                    | 49.07  | 3                             | 2 | A | B | C |       |
| TD 53        | CF                    | 48.97  | 3                             | 2 | A | B | C |       |
| TD 14        | CF                    | 47.27  | 3                             | 2 | A | B | C | D     |
| TD 53        | SF                    | 46.8   | 3                             | 2 | A | B | C | D E   |
| INIA 412     | CF                    | 46.63  | 3                             | 2 | A | B | C | D E   |
| TD 26        | CF                    | 45.83  | 3                             | 2 | A | B | C | D E   |
| TD 20        | SF                    | 45.53  | 3                             | 2 | A | B | C | D E   |
| TD 61        | CF                    | 44.83  | 3                             | 2 | A | B | C | D E   |
| INIA 412     | SF                    | 44.5   | 3                             | 2 | A | B | C | D E   |
| TD 20        | CF                    | 44.27  | 3                             | 2 | A | B | C | D E   |
| TD 33        | CF                    | 43.07  | 3                             | 2 | A | B | C | D E F |
| TD 30        | CF                    | 42.47  | 3                             | 2 | A | B | C | D E F |
| TD 33        | SF                    | 41.83  | 3                             | 2 |   | B | C | D E F |
| TD 43        | SF                    | 40.2   | 3                             | 2 |   | B | C | D E F |
| TD 62        | CF                    | 39.4   | 3                             | 2 |   | B | C | D E F |
| TD 43        | CF                    | 37.83  | 3                             | 2 |   |   | C | D E F |
| TD 30        | SF                    | 37.3   | 3                             | 2 |   |   |   | D E F |
| TD 62        | SF                    | 36.63  | 3                             | 2 |   |   |   | D E F |
| TD 26        | SF                    | 35.43  | 3                             | 2 |   |   |   | E F   |
| TD 61        | SF                    | 32     | 3                             | 2 |   |   |   | F     |

**DMS= 11.74544**

La prueba de Tukey aplicada al peso de mil granos (g) para la interacción entre tratamientos y tipo de fertilización muestra que los tratamientos con fertilizante (CF) presentan un mejor desempeño en comparación con los tratamientos sin fertilizante (SF). En los tratamientos con fertilizante, los rendimientos más altos se observan en TD 37 CF (49.77 g) y TD 53 CF (48.97 g), ambos agrupados en las categorías A y B, lo que indica que son significativamente superiores a otros tratamientos. En contraste, los tratamientos sin fertilizante, como TD 61 SF (32 g) y TD 62 SF (36.63 g), tienen los rendimientos más bajos, situándose en la categoría F, lo que los hace significativamente inferiores a aquellos con fertilizante. Los tratamientos sin fertilizante presentan una notable disminución en el peso de mil granos, con varios de ellos, como TD 30 SF y TD 43 SF, agrupados en las últimas letras del análisis (E, F), indicando diferencias significativas entre ellos y los tratamientos con fertilizante. La diferencia mínima significativa (DMS) es de 11.74544.

Los resultados obtenidos son similares a los descritos por Huaroc (2011), quien reportó un peso de 54.95 g en la línea promisorio de trigo duro proveniente del CIMMYT. Este valor supera al de la variedad local "Barba Negra", que se considera como el mayor peso de mil granos para determinar la calidad del grano de trigo en Perú, e región de Huancavelica.

Estas diferencias pueden explicarse por la variación genética en la eficiencia de uso de los nutrientes. En investigaciones como las de Sadras y Angus (2006), se ha demostrado que ciertas variedades de trigo responden mejor a la combinación de N, P y K debido a sus características genéticas, lo que les permite una mayor acumulación de biomasa y un grano de mayor peso.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

- Las líneas promisorias TD 20, TD 14 y TD 26 muestran un mayor rendimiento ( $t \cdot ha^{-1}$ ) en comparación con la variedad mejorada INIA 412 bajo condiciones de fertilización, demostrando un potencial productivo superior.
- En términos de peso hectolítrico ( $kg/hL$ ), las líneas TD 62 y TD 20 alcanzan valores superiores a INIA 412, lo que evidencia que la fertilización contribuye a una mayor calidad del grano en estas líneas.
- Con respecto al peso de mil granos (g), aunque INIA 412 se destaca, las líneas TD 14 y TD 37 muestran pesos competitivos, y el uso de fertilizante mejora este parámetro en varias líneas promisorias, sugiriendo que algunas podrían ser alternativas viables a INIA 412.

### **5.2 Recomendaciones**

- Se recomienda considerar las líneas TD 14, TD 20, y TD 26 como alternativas viables para el cultivo en la provincia de Cajamarca, ya que han demostrado un rendimiento superior y una buena calidad de grano en comparación con la variedad local INIA 412 – Atahualpa. Además, el uso de fertilizante debería mantenerse como práctica estándar, dado que incrementa significativamente el rendimiento, peso hectolítrico y peso de mil granos en las líneas promisorias, optimizando así su potencial productivo y contribuyendo a mejorar la calidad general de la producción.
- Se sugiere evaluar las líneas promisorias en diferentes condiciones y campañas, así como explorar el impacto de diversas prácticas de manejo, como tipos y dosis de

fertilización, para identificar las combinaciones óptimas que maximicen su rendimiento y calidad de grano en la región de Cajamarca.

- Se recomienda que futuros estudios consideren no solo la evaluación de las líneas promisorias en distintas campañas y zonas, sino también la experimentación con prácticas agronómicas avanzadas y tecnologías de fertilización de precisión. Esto permitirá establecer recomendaciones adaptadas y sostenibles para maximizar el rendimiento y mejorar la calidad del trigo duro en la región de Cajamarca.

## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrodata (2021) Importaciones de productos agropecuarios en el Perú. <https://www.agrodataperu.com/importaciones-productos-agropecuarios>.
- Agronomía. (2020). Trigo. Revisado en línea el 23 de setiembre del 2024. <https://www.xn--agronoma-i2a.com/2021/02/trigo.html>
- Autor desconocido. (s.f.). Morfología y fisiología del trigo. Trabajo Informática 15-16. <https://trabajoinformatica1516.wordpress.com/morfologia-y-fisiologia/>
- Ayub, M. A., et al. (2020). Wheat Growth, Yield, and Quality Under Water Deficit and Reduced Nitrogen Supply. *Journal of Crop Health*. Recuperado de: <https://link.springer.com>
- Bapela, T., Shimelis, H., Tsilo, T. J., & Mathew, I. (2022). Genetic improvement of wheat for drought tolerance: Progress, challenges and opportunities. *Plants*, 11(10), 1331. <https://doi.org/10.3390/plants11101331>
- Catota Quimbiulco, M. A. (2024). Comportamiento agronómico de cinco líneas promisorias de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la Granja Experimental La Pradera, Chaltura-Imbabura [Trabajo de grado, Universidad Técnica del Norte]. Universidad Técnica del Norte.
- CIMMYT. (2020). Durum wheat breeding and its global impact. <https://www.cimmyt.org/durum-wheat-breeding/>
- Cossani, C. M., & Slafer, G. A. (2018). Physiological traits for improving wheat yield under a Mediterranean environment: Key traits, genetic control and future perspectives. *Crop Science*, 58(1), 1-9. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.01.0003>
- Curtis, B. C., & Rajaram, S. (2002). Bread wheat: Improvement and production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/y4011e/y4011e00.htm>
- Effah, Z., Li, L., Xie, J. et al. Regulación del metabolismo del nitrógeno, la actividad fotosintética y los atributos de rendimiento del trigo de primavera mediante fertilizantes nitrogenados en la región semiárida de la meseta de Loess. *J Plant Growth Regul* 42 , 1120–1133 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00344-022-10617-1>
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Jones, C. A. (2010). Growth and mineral nutrition of field crops. CRC Press.
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Jones, C. A. (2010). Growth and mineral nutrition of field crops. CRC Press.
- FAO. (2021). The global durum wheat market. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cb5801en>

- FAO. (2021). The impact of climate change on global agricultural productivity. <https://doi.org/10.4060/cb5801en>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2021). The state of food and agriculture. FAO.
- Gardner, F. P., Pearce, R. B., & Mitchell, R. L. (2015). Physiology of crop plants. Iowa State University Press.
- Ghafoor, I., Habib-ur-Rahman, M., Ali, M., Afzal, M., Ahmed, W., Gaiser, T., & Ghaffar, A. (2021). Slow-release nitrogen fertilizers enhance growth, yield, NUE in wheat crop and reduce nitrogen losses under an arid environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13700-4>
- Heffner, E. L., Sorrells, M. E., & Jannink, J. L. (2010). Genomic selection for crop improvement. *Crop Science*, 50(1), 1-12. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.03.0157>
- Heffner, E. L., Sorrells, M. E., & Jannink, J. L. (2010). Genomic selection for crop improvement. *Crop Science*, 50(1), 1-12.
- Huaroc, P. (2011) Comparativo de líneas avanzadas de trigo cristalino primaveral (*Triticum durum* L.)-CIMMYT en base a sus componentes de rendimiento en condiciones de la C.C. de Conayca-Huancavelica. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional de Huancavelica - Perú.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2006). Variedad de trigo Atahualpa 412. [https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/trigo/INIA\\_412.pdf](https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/trigo/INIA_412.pdf)
- Krugman, P. R., Obstfeld, M., & Melitz, M. J. (2018). International economics: Theory and policy (11th ed.). Pearson.
- Lersten Nels, R. 1987. Wheat and wheat improvement. Heyne, E. G. Editor, Number 13 in the series: AGRONOMY. Madison Wisconsin, USA. 765 p.
- Mendoza Heredia, M. M., & Chuquicahua Dávila, M. (2018). *Evaluación del comportamiento de 41 líneas genéticas y un testigo de trigo (Triticum aestivum L.) en el distrito de Cutervo - Región Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI. Sistema Integrado de Estadística Agraria – SIEA. (2021). Calendario de siembras. Recuperado de <https://siea.midagri.gob.pe/portal/calendario>.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2022). Reporte de importaciones de trigo en el Perú. <https://www.minagri.gob.pe/importacionestrigo>
- Patil, R. M., Oak, M. D., Tamhankar, S. A., & Rao, V. S. (2009). Molecular mapping of QTLs for gluten strength in durum wheat. *Journal of Cereal Science*, 50(2), 189-194.

- Robles Sánchez, R. 1979. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa, 2ª ed. México. 592 p.
- Ruiz Camacho, Rubén (1981). Cultivo del Trigo y la Cebada. Temas de Orientación Agropecuaria, Bogotá.
- Sadras, V. O., & Angus, J. F. (2006). Benchmarking water use efficiency of rainfed wheat in dry environments. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57(8), 847-856. <https://doi.org/10.1071/AR05359>
- Sadras, V. O., & Calderini, D. F. (2021). *Crop physiology: Applications for genetic improvement and agronomy*. Academic Press.
- Sharma, H., McCartney, C. A., & Burt, A. J. (2017). Durum wheat varieties resistant to Fusarium Head Blight in Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 97(1), 50-60.
- Shewry, P. R., & Tatham, A. S. (2016). The prolamin storage proteins of wheat and related cereals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1706), 20160088. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0088>
- Simmonds, N. W., & Rajaram, S. (2020). Improving yield and other traits in wheat: A comprehensive overview. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 206(5), 335-345. <https://doi.org/10.1111/jac.2020.01843>
- Slafer, G. A., Savin, R., & Sadras, V. O. (2014). Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. *Field Crops Research*, 157, 71-83. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.02.005>
- Slafer, G. A., Savin, R., & Sadras, V. O. (2014). Coarse and fine-tuning of development to maximize crop productivity. *Journal of Experimental Botany*, 65(10), 2771-2783.
- Suarez Santana, H. F. (2019). *Rendimiento y calidad de grano de líneas avanzadas de trigo harinero (Triticum aestivum L.) del CIMMYT-México en condiciones de la C.C. Tres de Diciembre-Chupaca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Zadoks, J.C, Chang, T.T., and Konzack, CE 1974. A decimal code for the growth stage of cereals. *Weed Research* 14:415-421

## CAPITULO VII. ANEXOS

### 7.1 Promedio de variables en estudio

**Tabla 15**

*Promedio de la variable rendimiento t/ha.*

| Tipo de fertilización | Tratamiento     | Repetición |     |     | Promedio |
|-----------------------|-----------------|------------|-----|-----|----------|
|                       |                 | 1          | 2   | 3   |          |
| CF                    | <b>INIA 412</b> | 2.2        | 3.0 | 2.3 | 2.5      |
| CF                    | <b>TD 14</b>    | 2.7        | 3.9 | 3.8 | 3.5      |
| CF                    | <b>TD 20</b>    | 3.8        | 3.3 | 3.5 | 3.5      |
| CF                    | <b>TD 26</b>    | 2.4        | 3.1 | 3.5 | 3.0      |
| CF                    | <b>TD 30</b>    | 2.2        | 3.5 | 2.9 | 2.9      |
| CF                    | <b>TD 33</b>    | 2.2        | 2.8 | 2.7 | 2.6      |
| CF                    | <b>TD 37</b>    | 2.2        | 3.1 | 1.1 | 2.1      |
| CF                    | <b>TD 43</b>    | 2.3        | 2.7 | 3.0 | 2.7      |
| CF                    | <b>TD 53</b>    | 2.9        | 1.8 | 3.3 | 2.6      |
| CF                    | <b>TD 61</b>    | 2.0        | 2.8 | 3.2 | 2.7      |
| CF                    | <b>TD 62</b>    | 2.3        | 2.5 | 2.2 | 2.3      |
| SF                    | <b>INIA 412</b> | 0.3        | 0.8 | 1.0 | 0.7      |
| SF                    | <b>TD 14</b>    | 0.6        | 0.5 | 1.5 | 0.9      |
| SF                    | <b>TD 20</b>    | 0.6        | 1.1 | 0.9 | 0.8      |
| SF                    | <b>TD 26</b>    | 0.6        | 1.4 | 1.8 | 1.3      |
| SF                    | <b>TD 30</b>    | 1.1        | 0.8 | 1.0 | 0.9      |
| SF                    | <b>TD 33</b>    | 1.8        | 0.9 | 1.1 | 1.3      |
| SF                    | <b>TD 37</b>    | 1.2        | 0.9 | 2.1 | 1.4      |
| SF                    | <b>TD 43</b>    | 0.2        | 0.5 | 0.7 | 0.5      |
| SF                    | <b>TD 53</b>    | 0.5        | 1.4 | 1.4 | 1.1      |
| SF                    | <b>TD 61</b>    | 2.2        | 0.9 | 1.4 | 1.5      |
| SF                    | <b>TD 62</b>    | 0.5        | 0.9 | 0.8 | 0.7      |

**Tabla 16***Peso hectolítico kg/hL*

| Tipo de fertilización | Tratamiento     | Repetición |      |      | Promedio |
|-----------------------|-----------------|------------|------|------|----------|
|                       |                 | 1          | 2    | 3    |          |
| CF                    | <b>INIA 412</b> | 81.1       | 78.3 | 79.9 | 79.8     |
| CF                    | <b>TD 14</b>    | 80.0       | 78.6 | 82.1 | 80.2     |
| CF                    | <b>TD 20</b>    | 81.3       | 78.9 | 85.7 | 82.0     |
| CF                    | <b>TD 26</b>    | 78.9       | 81.4 | 76.5 | 78.9     |
| CF                    | <b>TD 30</b>    | 80.7       | 80.2 | 79.7 | 80.2     |
| CF                    | <b>TD 33</b>    | 79.9       | 79.9 | 78.9 | 79.6     |
| CF                    | <b>TD 37</b>    | 81.5       | 80.2 | 80.7 | 80.8     |
| CF                    | <b>TD 43</b>    | 82.9       | 82.0 | 77.4 | 80.8     |
| CF                    | <b>TD 53</b>    | 82.6       | 81.2 | 84.1 | 82.6     |
| CF                    | <b>TD 61</b>    | 78.4       | 82.1 | 83.3 | 81.3     |
| CF                    | <b>TD 62</b>    | 82.3       | 81.0 | 81.6 | 81.6     |
| SF                    | <b>INIA 412</b> | 72.6       | 77.8 | 69.3 | 73.2     |
| SF                    | <b>TD 14</b>    | 72.7       | 73.6 | 77.6 | 74.6     |
| SF                    | <b>TD 20</b>    | 75.6       | 77.9 | 75.9 | 76.5     |
| SF                    | <b>TD 26</b>    | 72.7       | 74.8 | 72.1 | 73.2     |
| SF                    | <b>TD 30</b>    | 71.0       | 65.0 | 71.4 | 69.1     |
| SF                    | <b>TD 33</b>    | 69.1       | 69.5 | 72.8 | 70.5     |
| SF                    | <b>TD 37</b>    | 78.0       | 70.9 | 78.3 | 75.7     |
| SF                    | <b>TD 43</b>    | 70.1       | 67.6 | 77.1 | 71.6     |
| SF                    | <b>TD 53</b>    | 63.6       | 79.8 | 77.6 | 73.7     |
| SF                    | <b>TD 61</b>    | 74.3       | 72.7 | 74.9 | 74.0     |
| SF                    | <b>TD 62</b>    | 77.0       | 77.4 | 77.1 | 77.2     |

**Tabla 17***Promedio de la variable peso de mil granos (g).*

| Tipo de fertilización | Tratamiento     | Repetición |      |      | Promedio |
|-----------------------|-----------------|------------|------|------|----------|
|                       |                 | 1          | 2    | 3    |          |
| CF                    | <b>INIA 412</b> | 47.2       | 43.4 | 49.3 | 46.6     |
| CF                    | <b>TD 14</b>    | 47.4       | 47.2 | 47.2 | 47.3     |
| CF                    | <b>TD 20</b>    | 42.6       | 42.9 | 47.3 | 44.3     |
| CF                    | <b>TD 26</b>    | 40.4       | 39.5 | 57.6 | 45.8     |
| CF                    | <b>TD 30</b>    | 38.4       | 48.2 | 40.8 | 42.5     |
| CF                    | <b>TD 33</b>    | 42.6       | 43.2 | 43.4 | 43.1     |
| CF                    | <b>TD 37</b>    | 49.8       | 49.5 | 50   | 49.8     |
| CF                    | <b>TD 43</b>    | 37.4       | 39.2 | 36.9 | 37.8     |
| CF                    | <b>TD 53</b>    | 49.7       | 47.4 | 49.8 | 49.0     |
| CF                    | <b>TD 61</b>    | 43.1       | 44.3 | 47.1 | 44.8     |
| CF                    | <b>TD 62</b>    | 39.3       | 39.5 | 39.4 | 39.4     |
| SF                    | <b>INIA 412</b> | 47.3       | 43.4 | 42.8 | 44.5     |
| SF                    | <b>TD 14</b>    | 57.7       | 53.9 | 50.1 | 53.9     |
| SF                    | <b>TD 20</b>    | 48.2       | 48.6 | 39.8 | 45.5     |
| SF                    | <b>TD 26</b>    | 43.7       | 32.5 | 30.1 | 35.4     |
| SF                    | <b>TD 30</b>    | 36.4       | 39.4 | 36.1 | 37.3     |
| SF                    | <b>TD 33</b>    | 40.2       | 42.5 | 42.8 | 41.8     |
| SF                    | <b>TD 37</b>    | 49.7       | 49.4 | 48.1 | 49.1     |
| SF                    | <b>TD 43</b>    | 43.4       | 39.7 | 37.5 | 40.2     |
| SF                    | <b>TD 53</b>    | 50.5       | 44.8 | 45.1 | 46.8     |
| SF                    | <b>TD 61</b>    | 35.5       | 28.3 | 32.2 | 32.0     |
| SF                    | <b>TD 62</b>    | 38.5       | 35.4 | 36   | 36.6     |

## 7.2 Fotografías del proceso de la investigación en estudio.

**Figura 6**

Preparación de material genético para instalación de la investigación.



**Figura 7**

Pesado de semilla de cada línea promisoría de trigo duro y variedad mejorada local.



**Figura 8**

*Sobres pesados con el material genético (semillas) para realizar la aleatorización del experimento.*



**Figura 9**

*Pesado de fertilizantes para aplicación al momento de la siembra.*



**Figura 10**

*Delimitación de terreno para realizar la siembra de acuerdo al croquis experimental.*



**Figura 11**

*Distribución de sobres con material genético de acuerdo a croquis experimental.*



**Figura 12**

*Siembra al voleo y aplicación de primera fertilización.*



**Figura 13**

*Evaluación rutinaria de parcela experimental.*



**Figura 14**

*Eliminación manual de plantas atípicas o malezas en cada unidad experimental.*



**Figura 15**

*Vista de la parcela de investigación.*



**Figura 16**

*Cosecha del cultivo de trigo manual con hoz.*



**Figura 17**

*Identificación y ensacado de los surcos centrales para traslado a la EEA Baños del Inca.*



**Figura 18**

*Vista aérea de parcela experimental donde se evidencia la distribución de acuerdo a croquis experimental.*



**Figura 19**

*Golpeado de costales para desprendimiento del grano de trigo de las espigas.*



**Figura 20**

*Limpieza manual de tratamientos con el fin de evitar mezclas en los granos.*



**Figura 21**

*Identificación y embolsado de grano.*



**Figura 22**

*Tratamientos identificados y embolsados.*



**Figura 23**

*Conteo de granos de trigo para evaluaciones biométricas.*



## 7.3 Análisis de suelo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



### INFORME DE ENSAYO N° 020172-24/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : PROSEM  
 Propietario / Productor :  
 Dirección del cliente\* : JR. WIRACOCCHA S/N BAÑOS DEL INCA  
 Solicitado por : Cliente  
 Muestreado por : Cliente  
 Número de muestra(s) : 01 muestras  
 Producto declarado : Suelo Agrícola  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente  
 Procedencia de muestra(s)\* : SULLUSCOCHA / HAMORA / CAJAMARCA / CAJAMARCA  
 Fecha(s) de muestreo\* : 29/11/2023  
 Fecha de recepción de muestra(s)\* : 30/11/2023  
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Follares - LABSAF Baños del Inca  
 Fecha(s) de análisis : 29/01/2024  
 Cotización del servicio : 423-23-BI  
 Fecha de emisión : 01/02/2024

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

| ITEM                                               | 1            |     |       |  |  |  |            |
|----------------------------------------------------|--------------|-----|-------|--|--|--|------------|
| Código de Laboratorio                              | SU1649-BI-23 |     |       |  |  |  |            |
| Matriz Analizada                                   | Suelo        |     |       |  |  |  |            |
| Fecha de Muestreo*                                 | 29/11/2023   |     |       |  |  |  |            |
| Hora de Inicio de Muestreo (h)*                    | 11:00        |     |       |  |  |  |            |
| Condición de la muestra                            | Conservada   |     |       |  |  |  |            |
| Código/Identificación de la Muestra por el Cliente | Los Pinos    |     |       |  |  |  |            |
| Ensayo                                             | Unidad       | LC  |       |  |  |  | Resultados |
| pH                                                 |              | 0,1 | 8,1   |  |  |  |            |
| Acidez intercambiable (**)                         | (Cmol/Kg)    | 0,5 | —     |  |  |  |            |
| Aluminio intercambiable (**)                       | (Cmol/Kg)    | 0,5 | —     |  |  |  |            |
| Carbonatos de Calcio equivalente (**)              | %            | 0,5 | 12,69 |  |  |  |            |
| Materia Orgánica                                   | %            | 0,1 | 4,0   |  |  |  |            |
| Fósforo disponible (**)                            | mg/kg        | 0,5 | 13,9  |  |  |  |            |
| Potasio disponible (**)                            | mg/kg        | 0,5 | 277,1 |  |  |  |            |
| Conductividad Eléctrica                            | mS/m         | 1,0 | 11,5  |  |  |  |            |



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares  
 Acreditado con la Norma  
 NTP-ISO/IEC 17025:2017  
 Dirección: Jr. Wiracocha s/n Baños del Inca, Cajamarca - Cajamarca



Firmado digitalmente por:  
 FLORIAN ALCANTARA  
 Amarante Nicolas F. 423-23-BI-00004  
 soft [www.inia.gob.pe](http://www.inia.gob.pe)  
 Motivo: Por encargo  
 Fecha: 02/02/2024 10:00:57-0500

**INFORME DE ENSAYO**  
**N° 020172-24/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA**

**III. METODOLOGÍA DE ENSAYO**

| ENSAYO                                          | NORMA DE REFERENCIA                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| pH                                              | EPA 8045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.                                                                                                                                 |
| Conductividad Eléctrica                         | ISO 11265, First Edition, 1994. Soil Quality. Determination of the Specific Electrical Conductivity                                                                         |
| Acidez intercambiable y Aluminio intercambiable | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.29 AS-33.2000. Determinación de la Acidez y Aluminio Intercambiable            |
| Carbonatos de Calcio equivalente                | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.25 AS-29.2000. Determinación de Carbonatos de Calcio                           |
| Materia Orgánica                                | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black. |
| Fósforo Disponible                              | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.10 AS-10 / ítem 7.1.11 AS-11. 2000. Determinación de Fosforo (Validado)        |
| Potasio Disponible                              | Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12. 2000. Determinación de Potasio (Validado)                            |

**IV. CONSIDERACIONES**

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento.
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron.
- El laboratorio no realizó el muestreo de suelos.
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C.
- Medición de C.e. realizada a 25 °C.

(\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

(\*\*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(\*\*\*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el

CLC Por debajo del Límite de Cuantificación

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Marieta Cervantes Peralta - Responsable del laboratorio del LABSAF Baños del Inca.

**FIN DE INFORME DE ENSAYO**



Firmado digitalmente por:  
FLORIAN ALCANTARA  
Amarante Nicolas FAU 20131365994  
soft  
Motivo: Por encargo  
Fecha: 02/02/2024 10:01:06-0500

## INTERPRETACIONES DE RESULTADOS DE ANALISIS

### CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN VALOR DE PH

| pH        | Evaluación          | Efectos                                                                        |
|-----------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| < 5.0     | Fuertemente ácido   | Condiciones muy desfavorables.                                                 |
| 5.1 - 6.5 | Moderadamente ácido | Deficiente asimilación de algunos elementos.                                   |
| 6.6 - 7.3 | Neutro              | Efectos tóxicos mínimos.                                                       |
| 7.4 - 8.3 | Mediamente alcalino | Existencia de carbonato cálcico. Deficiente asimilación de algunos nutrientes. |
| > 8.5     | Alcalino            | Presencia de carbonato sódico. Poca asimilación de algunos nutrientes.         |

### CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN EL VALOR DE LA CONDUCTIVIDAD (CE)

| CLASIFICACION          | CE (mS/m) | Efectos                                                                                                                                                         |
|------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Normal                 | <100      | Efecto despreciable de la salinidad. No existe restricción para ningún cultivo, aunque algunos cultivos muy sensibles pueden ser afectados en sus rendimientos. |
| Muy Ligeramente salino | 110 - 200 | Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en sus rendimientos.                                                                              |
| Moderadamente salino   | 210 - 400 | Los rendimientos de cultivos pueden verse afectados en sus rendimientos.                                                                                        |
| Suelo salino           | 410 - 800 | El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad.                                                                       |
| Fuertemente salino     | 810 - 160 | Solo los cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.                                                                                 |
| Muy fuertemente salino | > 160     | Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos.                                                                          |

Nota: 1 dS/m = 100 mS/m

### MATERIA ORGÁNICA

| Clasificación | %MO       |
|---------------|-----------|
| Muy Bajo      | <0.5      |
| Bajo          | 0.6 - 1.5 |
| Medio         | 1.6 - 3.5 |
| Alto          | 3.6 - 6.0 |
| Muy Alto      | > 6.0     |

### FÓSFORO

| Clasificación | mg/kg de P |
|---------------|------------|
| Bajo          | <5.5       |
| Medio         | 6.5 - 11   |
| Alto          | >11        |

### CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

| Clasificación | CIC (Cmol/kg suelo) | Efectos         |
|---------------|---------------------|-----------------|
| Muy Bajo      | < 5.0               | Suelo muy pobre |
| Bajo          | 5.0 - 15            | Suelo pobre     |
| Medio         | 15 - 25             | Suelo medio     |
| Alto          | 25 - 40             | Suelo rico      |
| Muy Alto      | > 40                | Suelo muy rico  |

Nota: 1 Cmol/Kg = meq/100 g

### CATIONES INTERCAMBIABLES (Ca, Mg, K Cmol/kg)

| Clase    | Calcio (Ca) | Magnesio (Mg) | SU1849-BI-23 |
|----------|-------------|---------------|--------------|
| Muy Baja | <2.0        | <0.5          | <0.2         |
| Baja     | 2.0 - 5.0   | 0.5 - 1.8     | 0.2 - 0.8    |
| Medio    | 5.0 - 10    | 1.3 - 3.0     | 0.3 - 0.6    |
| Alta     | >10         | >3.0          | >0.6         |

Nota: 1 Cmol/Kg = meq/100 g

### SATURACIÓN DE BASES CAMBIABLES

| Calificativo | Saturación de Bases (%) | Efectos                                           |
|--------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| Bajo         | < 35                    | Suelo muy ácido. Aconsejable una enmienda caliza. |
| Medio        | 35 - 80                 | Suelo medio. Su riqueza dependerá de la CIC.      |
| Alto         | > 80                    | Suelo neutro a alcalino. Suelo saturado de bases. |

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002)



Firmado digitalmente por:  
FLORIAN ALCANTARA  
Amante Ríos FAU 2812130594  
s/f  
Método: Por correo  
Fecha: 02/02/2024 10:01:16 -0500

### RECOMENDACIONES

| Código de Muestra | Cultivo a Instalar | Cantidades de Nutriente Kg/Ha |                               |                  | Cantidades en Tn/Ha |           |
|-------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|---------------------|-----------|
|                   |                    | N                             | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CAL                 | ESTIERCOL |
| SU1649-BI-23      | MARIZ INOA 601     | 105                           | 60                            | 45               | —                   | 1.50      |

#### PLAN DE FERTILIZACION QUIMICA

| Primera Fertilización Kg/Ha - Siembra |  |
|---------------------------------------|--|
| Urea                                  |  |
| Fosfato Diamonico                     |  |
| Sulfato de Potasio                    |  |

| Programa de Fertilización     | Siembra | Aporque |
|-------------------------------|---------|---------|
| N                             |         |         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |         |         |
| K <sub>2</sub> O              |         |         |

| Segunda Fertilización Kg/Ha - Aporque |  |
|---------------------------------------|--|
| Urea                                  |  |

| Fuente | N | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Azufre |
|--------|---|-------------------------------|------------------|--------|
| Urea   |   |                               |                  |        |

#### PLAN DE ABONO ORGANICO

| Abonamiento Kg/Ha - Siembra           |  |
|---------------------------------------|--|
| Incorporar Materia Organica Procesada |  |
|                                       |  |
|                                       |  |

#### COMENTARIOS:

---



---



---



Formado digitalmente por:  
FLORIAN ALCANTARA  
Identificador FAL 2313180884  
Método: Por encargo  
Fecha: 22/02/2024 10:01:22-0500