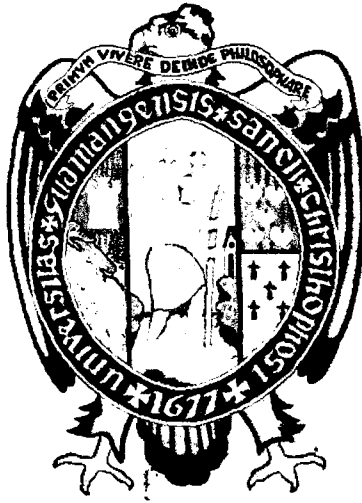


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**NIVELES DE NP EN EL RENDIMIENTO DE TRIGO (*Triticum  
aestivum* L) VARIEDAD NAZARENO. CANAAN 2750 msnm  
AYACUCHO**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**PRESENTADO POR:**

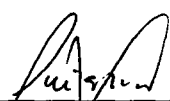
**Jheny PRADO FERNANDEZ**

**Ayacucho – Perú**

**2011**

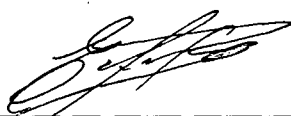
**“NIVELES DE NP EN EL RENDIMIENTO DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)  
VARIEDAD NAZARENO. CANAAN 2750 msnm – AYACUCHO”**

Recomendado : 12 de abril de 2011  
Aprobado : 29 de abril de 2011



---

**M.Sc. ING. JOSÉ ANTONIO QUISPE TENORIO**  
Presidente del Jurado



---

**ING. EDUARDO ROBLES GARCÍA**  
Miembro del Jurado



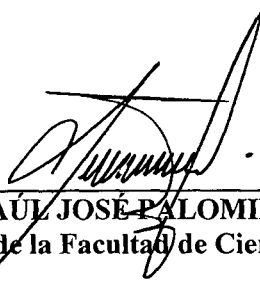
---

**ING. ALEX LÁZARO TINEO BERMÚDEZ**  
Miembro del Jurado



---

**ING. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO**  
Miembro del Jurado



---

**M.Sc. ING. RAÚL JOSÉ PALOMINO MARCATOMA**  
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

## DEDICATORIA

*Con todo cariño y gratitud a mis queridos  
padres, Flavia y Alfonso, por su  
esfuerzo, apoyo incondicional y  
porque supieron guiarme  
en el logro de mi profesión.*

*A mis hermanas: Liliam y Ruth por que  
siempre estuvieron presentes para brindarme su  
ayuda en especial durante mis años de  
estudio.*

*A mis compañeros y amigos,  
Con los que compartí muchas  
alegrías y tristezas durante nuestra  
etapa de formación profesional.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma mater, a la Facultad de Ciencias Agrarias y a la Escuela de Formación Profesional de Agronomía, por abrirme sus puertas para lograr mi grandioso anhelo, ser profesional. En especial a sus catedráticos quienes compartieron sus sabios conocimientos en las aulas universitarias.

Mi sincero reconocimiento al Ingeniero Eduardo Robles García, por su apoyo incansable durante el desarrollo de la presente investigación; a los ingenieros Alex Tineo Bermudez, José Quispe Tenorio y Walter Mateu Mateo por el tiempo dedicado a perfeccionar mi trabajo de tesis.

Y gracias a cada una de las personas que han contribuido para finalizar satisfactoriamente mi trabajo de investigación.

## **CONTENIDO**

|                                              |          |
|----------------------------------------------|----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                          | <b>3</b> |
| <b>CAPÍTULO I REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>  |          |
| 1.1 ORIGEN DEL TRIGO                         | 5        |
| 1.2 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA                   | 6        |
| 1.3 MORFLOGÍA DE LA PLANTA                   | 7        |
| 1.4 CLIMA                                    | 9        |
| 1.5 LUZ                                      | 10       |
| 1.6 AGUA                                     | 11       |
| 1.7 FERTILIZACIÓN                            | 12       |
| 1.8 PARTICULARIDADES DEL CULTIVO             | 14       |
| 1.9 RENDIMIENTO                              | 19       |
| 1.10 CALIDAD                                 | 19       |
| 1.11 DISEÑO CENTRAL COMPUESTO ROTABLE        | 20       |
| <b>CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS</b>      |          |
| 2.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO                | 21       |
| 2.2 ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO DEL SUELO        | 21       |
| 2.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS                   | 23       |
| 2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL                      | 26       |
| 2.5 ORGANIZACIÓN DEL EXPERIMENTO             | 26       |
| 2.5.1 FACTORES Y NIVELES                     | 26       |
| 2.5.2 TRATAMIENTOS                           | 27       |
| 2.5.3 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL | 28       |
| 2.5.4 VARIEDAD DEL TRIGO UTILIZADO           | 31       |

|     |                            |    |
|-----|----------------------------|----|
| 2.6 | CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO | 32 |
| 2.7 | CARACTERES EVALUADOS       | 34 |

### **CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

|       |                                                                                    |    |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1   | CARACTERES DE PRECOCIDAD DEL CULTIVO DE TRIGO                                      | 38 |
| 3.2   | CARACTERES DE RENDIMIENTO                                                          | 39 |
| 3.2.1 | EFFECTO DEL NITROGENO Y EL NIVEL MEDIO DE FÓSFORO EN<br>EL NÚMERO DE ESPIGAS       | 43 |
| 3.2.2 | EFFECTO DEL NITROGENO Y EL NIVEL MEDIO DE FÓSFORO<br>EN EL NÚMERO DE GRANOS/ESPIGA | 48 |
| 3.2.3 | EFFECTO DEL NITROGENO Y EL NIVEL MEDIO DE FÓSFORO<br>EN EL NÚMERO DE GRANOS/ESPIGA | 51 |
| 3.3   | EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL TRIGO                                                 | 58 |
| 3.4   | RENTABILIDAD DE LOS TRATAMIENTOS                                                   | 60 |

### **CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

|     |                            |    |
|-----|----------------------------|----|
| 4.1 | CONCLUSIONES               | 61 |
| 4.2 | RECOMENDACIONES            | 62 |
|     | RESUMEN                    | 63 |
|     | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 66 |
|     | ANEXOS                     | 70 |

## INTRODUCCION

El trigo es un cereal muy utilizado en la dieta alimenticia de la población peruana, sin embargo la producción actual es deficitaria, al punto que en el año 2007 sólo se llegó a producir el 11% de la demanda interna (INIA, 2007), lo que hace que Perú sea un país dependiente de las importaciones. El trigo se cultiva mayormente en áreas marginales que pertenecen a los agricultores más pobres del país que no disponen -en su mayoría- de; semilla certificada que garantice la calidad y productividad, asistencia técnica en la producción y asistencia técnica en el fortalecimiento organizacional, a pesar que la población campesina de nuestra sierra depende de este grano para su alimentación y su economía.

Gran parte del trigo regado se cultiva de forma intensiva por lo que es importante que los agricultores aprendan a elevar la productividad en forma sostenible. Para ello se requiere el uso apropiado y equilibrado de los insumos.

El 97% de la superficie cultivada de trigo se encuentra ubicada en la sierra y el 3% en la costa. El 90% de área sembrada en el país se cultiva en seco. Los departamentos de mayor área sembrada son: Ancash, La Libertad, Cajamarca, Ayacucho y Junín.

El rendimiento del cultivo del trigo ha aumentado de manera exponencial a nivel nacional y mundial en los últimos años debido a la mejora genética de las variedades y a la mejora de las técnicas de manejo del cultivo, en especial

la utilización de la fertilización N-P-K, que con niveles apropiados se ha llegado a producir de 7 a 10 t/ha.

En décadas anteriores, Ayacucho fue el segundo productor de trigo a nivel nacional, en la actualidad ocupa el décimo lugar con un 4.69% de la producción nacional con un rendimiento de 914 kg/ha y una producción de 25,000 Tn. En cuanto a superficie cultivada, Ayacucho ocupa el tercer lugar con 25,200 hectáreas sembradas.

El incremento del rendimiento por unidad de superficie y el aumento de área dedicada al cultivo del trigo son metas alcanzables en nuestra región, pues para ello se vienen intensificando las investigaciones a través de pruebas como las evaluaciones de las variables de rendimiento que conlleven a obtener producciones en altas cantidades y de calidad mejorada que al final serán de provecho para los agricultores de la zona quienes buscan aumentar la producción de alimentos para la población que crece explosivamente. Bajo los lineamientos descritos los objetivos del presente trabajo experimental son:

1. Evaluar la respuesta de los diferentes niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo en la calidad del trigo.
2. Determinar el óptimo de producción de los niveles de fertilización nitrogenada y fosforada en el rendimiento del trigo bajo la técnica de la superficie de respuesta.
3. Determinar la rentabilidad de los tratamientos establecidos.

## **CAPITULO I**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **1.1 ORIGEN DEL TRIGO**

Según la Enciclopedia práctica de la agricultura y ganadería (1999), el trigo es uno de los cultivos más antiguos que se conocen y su historia se confunde con la agricultura. Se le cree originario de las zonas próximas a los ríos Tigris y Éufrates, en Asia occidental. De hecho, actualmente la mayor diversidad genética en trigos se encuentra en Irán, Israel y zonas limítrofes. En cuanto a su panificación, Egipto fue el primer lugar donde se practicó.

Desde las zonas de Oriente Próximo, el trigo se extendió al resto del mundo. A España llegó alrededor del año 4000 a.c., y en América lo introdujo Hernán Cortes en las épocas iniciales del proceso de colonización española.

La FAO (1991), señala que el Trigo fue aparentemente cultivado en el medio oriente 10,000 a 15,000 a.c; mencionado en escritos 550 años a.c. Muchas de las características de las plantas eran bien conocidas 2,000 años atrás, cuando ya era evidentemente cultivado como alimento y su existencia se remonta a la más primaria existencia humana. Si el hombre no domesticó el trigo en los Valles del Tigris y el Éufrates, entonces ahí ya existía el trigo, permitiéndole subsistir y progresar, desarrollar el arte y la ciencia. El hecho es que el trigo se generalizó en el consumo casi en todas las regiones del planeta.

## 1.2 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA:

Jara (1993), menciona que el trigo se puede clasificar bajo tres formas.

### a. Clasificación taxonómica.

|             |   |                                 |
|-------------|---|---------------------------------|
| Clase       | : | Angiosperma                     |
| Sub clase   | : | Monocotiledónea                 |
| Orden       | : | Graminales                      |
| Familia     | : | Gramineae                       |
| Sub Familia | : | Festucoidae                     |
| Tribu       | : | Triticeae                       |
| Género      | : | <b><i>Triticum</i></b>          |
|             | : | <b><i>Triticum aestivum</i></b> |
|             |   | <b><i>T. durum</i></b>          |
|             |   | <b><i>T. Compactum</i></b>      |

### b. Clasificación Comercial.

Textura del grano: duro, suave

Color de grano: rojo, blanco

Hábito vegetativo: primaveral, invernal

### c. Clasificación con base en el número de cromosomas.

Sakamura en 1918, citado por Jara (1993), clasificó al trigo con base en el número cromosómico, estableciendo tres grupos. El grupo diploide con 14 cromosomas; tetraploide con 28 cromosomas; y hexaploide con 42 cromosomas.

La FAO (1991), menciona que botánicamente el trigo pertenece a la familia Poaceae y a la tribu Triticeae. Existen tres grupos de especies: diploide con 14 cromosomas; tetraploide con 28 cromosomas; y hexaploide con 42 cromosomas.

La especie más importante que pertenece al grupo hexaploide, es *Triticum aestivum*, conocida como trigo común, trigo harinero o trigo de panificación. Un 90% de la producción mundial de trigo corresponde a esta especie.

Los granos de trigo harinero varían en textura, clasificándolos como duros y blandos. Los trigos harineros de grano duro son principalmente aptos para panificación, mientras que los de grano blando tienen calidad apropiada para la fabricación de galletas y productos de repostería.

La otra de importancia pertenece al grupo tetraploide, es *Triticum turgidum var. Durum*, del cual se extrae semolina que se usa para elaborar macarrones y otras pastas alimenticias. Esta especie cubre alrededor del 10 % de la producción mundial de trigo.

Los trigos pueden ser sub divididos en forma amplia en tipos de grano vítreo y opaco. El trigo harinero, *Triticum aestivum* es generalmente opaco, mientras que el trigo *durum*, *Triticum turgidum var. Durum*, y las especies diploides son vítreas. Los trigos vítreos generalmente tienen mayor valor proteico.

De acuerdo al hábito de crecimiento del cereal, son primaverales, facultativos e invernales. Los trigos primaverales no requieren de un periodo de frío (vernalización) para formar su primordio floral, se siembran donde no se producen bajas temperaturas. Los trigos facultativos tienen mayores requerimientos de frío que los trigos primaverales y menores que los invernales para formar su primordio floral. Los trigos invernales requieren un sin número de horas frío para formación de primordio floral.

### **1.3 MORFOLOGÍA DE LA PLANTA:**

Según Gispert (1984), el grano de trigo es una cariósipide (fruto seco) e indehiscente, a cuya única semilla está adherido el pericarpio. Tiene forma ovoidal y lo componen el embrión, el endospermo y el involucro.

El embrión está en el extremo de la cariósipide, el papel que desempeña es la de reproducción de la planta. En el se encuentran ya formados los órganos principales del futuro individuo: la radícula, la plumilla. El embrión contiene

fundamentalmente Trazas, sustancias nitrogenadas, enzimas, vitaminas y hormonas.

El endospermo constituye la mayor parte del grano y está formado por una capa aleurónica externa, un parénquima interno, cuyas células son ricas en almidón y menos ricas en sustancias proteicas a medida que nos acercamos al interior del grano. El endospermo contiene asimismo pequeños porcentajes de grasas, sustancias minerales y enzimas.

El involucro del grano está formado por células del pericarpio y del espermodermo subyacente.

La raíz es fasciculada, consta de raíces seminales y adventicias o secundarias, las primeras en número de 3 a 8 siendo de origen embrionario, finas, ramificadas y ricas en pelos radicales. Las raíces secundarias surgen posteriormente a las seminales a partir del momento en que la planta ha formado su tercera o cuarta hoja. Las raíces adventicias son más gruesas y robustas, numerosas y desarrolladas, constituyendo la gran masa del sistema radical de la planta. La profundidad que puede alcanzar las raíces depende del estado nutritivo de la planta y de la naturaleza del terreno.

El tallo del trigo es una caña, formada por nudos y entrenudos, provisto de hojas y de una inflorescencia en su extremidad superior.

Las hojas se originan en los entrenudos y se disponen en dos ringleras a lo largo de la caña: son dísticas. Cada hoja se compone de una vaina, que abraza el tallo, seguida de una larga y angosta lámina. En la línea de unión de la vaina y la lámina foliar se halla una membrana, blanca, denominada lígula.

La espiga, consta de un tallo central entrenudos cortos llamados 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 incipientes, de las cuales abortan la mayor parte. Cada flor consta por dos brácteas verdes o glumillas, de las cuales la exterior se prolonga en una barba o arista en los trigos barbados.

El ovario es unilocular con estilo bífido y estigma plumoso. El número haploide de cromosomas en el trigo es 7. La poliploidía ha jugado un gran papel en el origen de las especies de trigo.

## **1.4 CLIMA**

### **1.4.1 TEMPERATURA**

La temperatura tiene su incidencia en los diferentes estadios del cultivo, como germinación; macollamiento y encañado; espigado y maduración.

#### **a.-Germinación**

Jara (1993), la temperatura óptima es de 20 a 25 °C sin embargo, el trigo puede germinar en un rango de 1 a 35 °C a temperaturas más altas, el endospermo puede descomponerse por la acción de bacterias u hongos del suelo.

Gispert (1984), a partir de una temperatura de 3 °C y con la humedad y aireación necesarias el grano de trigo comienza a germinar, hinchándose primero por absorber agua.

#### **b.- Macollamiento y encañado.**

Jara (1993), temperaturas de 18 a 22 °C favorecen un crecimiento activo de la planta. A medida que la temperatura sube de 22 a 42 °C, disminuyen el número de macollos, la longitud de la raíz, la altura de la planta y la coloración verde de las hojas. Entre los efectos indirectos del calor, excesivo y prolongado, se observa una disminución de la respiración, debido a una marcada reducción de las reservas de las plantas.

Gispert (1984), dice que es un proceso de ahijamiento donde nacen tallos secundarios, que tiene lugar del segundo nudo del tallo de la planta madre. Las matas más ahijadas tendrán hasta veinte hijos. El poder de ahijamiento depende de la variedad de trigo utilizada, pero existen varios factores que condicionan el amacollado. Así, el número de hijos viene favorecido por la humedad, el aporcado, la siembra temprana, la riqueza del suelo, buena temperatura y la poca densidad de siembra.

A medida que asciende la temperatura en primavera, llega un momento en que los nudos pierden su facultad de emitir hijos. A partir de este momento empieza el encañado, consistente en el crecimiento del tallo por alargamiento de los entrenudos. Durante la fase de encañado comienza un periodo de gran variedad fisiológica. La extracción de elementos nutritivos del suelo empieza a ser grande, especialmente de materias nitrogenadas y aumentan las necesidades hídricas, es al final del encañado cuando la espiga esta próxima a salir.

Angladette en 1969, citado por Berrocal (2000), señala que el número máximo de tallos, para la mayoría de las variedades disminuye cuando la temperatura aumenta por encima de una media situada entre los 32 y los 34°C.

### **c.- Espigado y Maduración.**

Jara (1993), menciona que se obtiene buena cantidad de materia seca al momento de la cosecha con una temperatura de 22 °C. En la época de espigado los cambios bruscos de temperatura o heladas, producen esterilidad; por falta de apertura de los estambres. El vaneamiento (espigas vanas) se observa siempre cuando las temperaturas sean menores a 15 °C durante la fecundación. Las temperaturas bajas o heladas durante el periodo de fecundación a grano pastoso causan plasmólisis, produciendo granos arrugados, reduciendo el rendimiento y la capacidad germinativa. Temperaturas altas durante el periodo de espigado a maduración pueden afectar la calidad proteica del grano, especialmente las características de panificación. Altas temperaturas en este estadio pueden ocasionar un secado violento de las plantas, con producción de granos arrugados por falta de un llenado normal de los mismos.

## **1.5 LUZ**

Jara (1993), afirma que bajo ciertas condiciones y dependiendo de la variedad, la intensidad y duración de la luz, puede afectar el normal desarrollo de la planta de trigo. En algunas variedades sensibles al fotoperiodo, el cambio de estado vegetativo al reproductivo depende de la luz. Sin embargo, sus efectos pueden ser modificados por diferencias de temperatura. Los días cortos incrementan el crecimiento vegetativo y los días largos aceleran la formación

de la inflorescencia. El trigo de primavera florece en cualquier longitud del día, desde menos de ocho horas de luz continua bajo temperaturas favorables. Estos trigos completan rápidamente su ciclo de vida con temperaturas de 21 °C a más, y días largos. Cuando los días son cortos en el periodo de formación maduración, el ciclo vegetativo se prolonga.

Bajas intensidades de luz, cercanas a la fecha del proceso de fecundación, pueden reducir el número de flores por espiga; y, si esta poca luminosidad es posterior a la fecundación, puede afectarse el peso de los granos.

## **1.6 AGUA**

El trigo es abastecido de agua por dos vías: por precipitaciones y a través de riegos por gravedad, siendo el primero común en nuestra serranía.

Jara (1993), señala que la precipitación optima varia de 600 a 800 mm, distribuidos durante el ciclo del cultivo. Durante los dos últimos meses anteriores a la cosecha, se tiene de 80 a 150 mm de precipitación. El periodo de mayor consumo diario es de espigazón - cuaje, a partir de mediados de encañado, con un máximo en la espigación floración. Durante el llenado de grano el consumo disminuye progresivamente, ya que disminuye el área foliar, a pesar que la demanda ambiental aún es elevada. La mayor demanda que no es satisfecha por el suelo desde el punto fisiológico es en meiosis del polen.

El exceso de agua en el periodo de crecimiento puede causar problemas de encharcamiento del suelo. Que a su vez, origina temperaturas muy bajas que interfieren con la aireación y nitrificación, ocasionando la clorosis o muerte de plantas por asfixia. Si el exceso de humedad del suelo es acompañado de alta humedad atmosférica, pueden favorecerse el desarrollo de enfermedades, especialmente si hay temperaturas altas. El peso hectolítrico del grano y su apariencia puede verse afectado. Durante la cosecha, las lluvias tardías y en exceso pueden causar la germinación de los granos en las espigas. Esto afecta la calidad, el rendimiento y posterior almacenamiento.

Por otra parte, el déficit hídrico altera el normal funcionamiento de las plantas, influyendo de este modo sobre el desarrollo, crecimiento y rendimiento del cultivo.

Los procesos fisiológicos tienen distintos grados de sensibilidad frente al déficit de agua.

## **1.7 FERTILIZACION**

Según la Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería (1999), indica que las cantidades medias de nutrientes extraídos por las plantas de trigo son, aproximadamente, 3 kg de nitrógeno (N), 1 kg de fosfatos ( $P_2O_5$ ) y 2 kg de potasa ( $K_2O$ ) por cada 100 kg de grano producido.

Debido a la movilidad del nitrógeno, la aplicación del mismo debe fraccionarse en función de las características del clima y el suelo. Habitualmente, se aplica como máximo un tercio de la cantidad del nitrógeno total en la siembra, y el resto, entre el final del ahijamiento y el comienzo del encañado. Así se favorece el incremento del número y el vigor de los tallos con espigas, la fertilidad de éstas y el desarrollo de las hojas, así mismo es importante evitar el exceso de abono nitrogenado, que puede provocar el encamado del cereal y favorecer el desarrollo de enfermedades.

La aplicación de fósforo y potasio se realiza en una sola dosis, con la siembra.

Parodi y Romero (1991), menciona que la aplicación de los fertilizantes se efectúa utilizando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno a la siembra y la otra mitad al macollaje (30 a 45 días después de la siembra). En ciertos casos al nitrógeno puede fraccionarse para que la asimilación sea gradual esto depende del número de veces, principalmente de la textura del suelo clima. En condiciones de fuerte precipitación se recomienda fraccionar. 1/3 a la siembra y 2/3 al macollaje.

Rodríguez (1998), afirma que los macro elementos nitrógeno y en segundo término fósforo y potasio, se encuentran con frecuencia en cantidades inferiores a las requeridas por las plantas para alcanzar altos rendimientos. Los fertilizantes se hacen indispensables, debiendo ser agregados al suelo para proporcionar a las plantas las cantidades necesarias para optimizar su productividad.

Una de las prácticas recomendadas para incrementar la eficiencia de uso del N a valores que rondan el 70 %, es la fertilización foliar. Sin embargo

esta alternativa se ve limitada por las bajas cantidades que se pueden adicionar por aplicación (10 kg N/ha). Ante condiciones propicias para la pérdida de N, habría que tratar de incorporar el fertilizante al suelo o utilizar dosis bajas en más de una aplicación. Otra alternativa es la utilización de inhibidores de la actividad ureásica o de la nitrificación o fertilizantes de liberación lenta.

Sin duda la mejora genética de híbridos o cultivares capaces de utilizar con mayor eficiencia el N sería de gran utilidad, sin embargo esto se contrapone con la selección en ambientes de alta dotación de N.

Fuertes (2005), revela que la dosis óptima que permite obtener el máximo rendimiento del cultivo de trigo, en las condiciones climáticas de Álava en Argentina, se sitúa en 155 kg de nitrógeno por hectárea. También señala que dosis de fertilización iguales o menores a 100 kg por hectárea producen harinas con aptitudes insuficientes para la panificación, mientras que 140 kg por hectárea producen harinas mediocres y 180 kg por hectárea, harinas con buenas aptitudes de panificación.

Además, de acuerdo con la investigación, el hecho de repartir la dosis de fertilizante en tres aportes (en lugar de dos) no sólo permite atenuar las pérdidas de nitrógeno por filtración a las aguas subterráneas y por emisión de gas, sino que los efectos beneficiosos llegan hasta el punto de afirmar que una dosis menor, más repartida a lo largo del tiempo, es capaz de mejorar la calidad del grano. Por ejemplo, un tratamiento de 140 kg de nitrógeno por hectárea repartido en tres aportes consigue la misma calidad de harina que la aplicación de 180 kg por hectárea en dos fases.

Quintero (2007), menciona que la eficiencia con la que los cultivos utilizan el fertilizante aplicado es de suma importancia económica, dado que está relacionada directamente con el beneficio de la fertilización. La eficiencia puede ser expresada como las unidades de producto generado aplicado, o como la proporción del nutriente adicionado que absorbe el cultivo.

La eficiencia fisiológica con la que las plantas utilizan el N, depende de las características de la especie y la disponibilidad de N. Si bien es un valor

que fluctúa en un amplio rango, para el maíz se puede asumir una media de 40 kg de grano por kg de N absorbido.

Ibáñez (1983), afirma que el Nitrógeno, el Fósforo y el Potasio son los elementos de mayor importancia en especial en los cultivos que forman granos y los dos primeros forman parte de los elementos esenciales en los procesos vitales. El nitrógeno es absorbido por el trigo en forma de nitrato, el fósforo en orto fosfato primario y secundario y sin embargo el potasio en ion potasio.

## **1.8 PARTICULARIDADES DEL CULTIVO**

### **1.8.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO**

En <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo3.htm>, se menciona que el trigo requiere un terreno asentado, mullido, limpio de malas hierbas y bien desmenuzado. La naturaleza de las labores, el modo de ejecutarlas y la época oportuna para su realización, varía con el cultivo que precedió al trigo, con la naturaleza del suelo y con el clima.

Si anteriormente la tierra no ha sido cultivada, será necesario roturarla mucho antes de la siembra del trigo y seguir con un barbecho labrado de, al menos, un año. Una vez roturada la tierra (en primavera), se deja sin labrar hasta las primeras lluvias de otoño. Durante el invierno hasta mayo, por estar en tempero se darán tres o cuatro labores. La primera será más profunda, para permitir la penetración del agua en las capas inferiores del suelo; las otras serán siempre cruzadas con la anterior, siendo más superficiales. Antes de sembrar se hará un gradeo para deshacer los terrones.

Si el trigo va después de una leguminosa, se realizará una labor profunda antes del verano, pues las leguminosas poseen las raíces gruesas, y éstas dejan huecos en el suelo que son muy perjudiciales para el trigo. Después bastará con una labor superficial y un gradeo antes de la siembra.

Si al trigo le precede un barbecho, antes de sembrar se realizará una labor superficial si el terreno es suelto o profunda si es compacto, seguida de un gradeo. De forma general, antes de la siembra, si el terreno es muy suelto conviene dar un pase de rodillo para comprimir el suelo y después de la siembra, otro, para que la tierra se adhiera bien a la semilla.

### 1.8.2 SIEMBRA

**Época de siembra.** Los trigos de invierno se siembran en otoño y exigen un periodo largo de bajas temperaturas (si se siembra en primavera no se desarrolla más que hasta el estado de ahijamiento) y se mantienen estéril. El trigo de verano se siembra en primavera o en otoño, sobre todo en zonas mediterráneas con inviernos suaves.

El trigo sembrado en otoño da rendimientos superiores debido al largo periodo vegetativo, los avances en mejora genética de los trigos de invierno están adquiriendo cada vez mayor importancia.

En las zonas más frías se recomienda una fecha intermedia; ya que las muy tempranas exponen la cosecha a las heladas tardías, y las muy tardías, al peligro de las heladas de otoño, o invierno, y, más tarde, al asurado del grano por los vientos cálidos del verano.

**Profundidad de siembra.** La siembra debe realizarse en surcos separados a una distancia entre 15 y 20 cm., en general suele estar a 17 cm., a una profundidad de siembra de 3-6 cm.

Únicamente se sembrará a mayor profundidad en los siguientes casos:

- En tierras muy sueltas, donde las semillas, una vez germinadas, puedan estar expuestas a la desecación.
- En siembras tardías, pues conviene proteger al trigo de las heladas.
- Cuando la preparación del terreno no se realice de forma adecuada.

**Densidad de siembra.** Se emplea una densidad de 300-400 semillas/m<sup>2</sup> (de 100 a 130 kilos semillas/ha), con un mínimo de 80% de poder germinativo.

### 1.8.3 ABONADO

#### **Nitrógeno.**

La absorción de nitrógeno depende de su disponibilidad en forma asimilable, como consecuencia puede dar lugar a una absorción excesiva, debido a condiciones adversas; como puede ser: la prolongación de la fase vegetativa, retraso de la maduración, disminución de la resistencia al frío y al encamado y mayor sensibilidad a las enfermedades.

Los mayores rendimientos se logran cuando se aporta una mayor cantidad de nitrógeno al comienzo del macollado o durante el mismo y una

mayor cantidad durante el crecimiento de los tallos. La fertilización nitrogenada demasiado temprano (antes del macollamiento) produce un exceso de espigas de reducido tamaño y estériles. El abonado tardío por su parte reduce la fertilidad de las espigas. Se estima que para una cosecha de 1000 kilos de grano la extracción de nitrógeno es de 24-31 kilos.

Las reservas de nitrógeno en trigos de invierno se estiman a finales de invierno y se suelen confirmar con exactitud por medio de análisis de nitrógeno; además el balance de nitrógeno en el suelo se ve afectado por las condiciones climatológicas en invierno, en particular por la temperatura en el horizonte más superior del suelo y por las precipitaciones.

### **Fósforo.**

Es adsorbido por la fracción coloidal del suelo y por ello debe ser aportado en cantidad suficiente al mismo. El fósforo favorece y anticipa la granazón y madurez de la semilla: una abundancia de fósforo puede anticipar, hasta una semana, la cosecha de trigo. Las cenizas del grano de trigo contienen el 50% de  $P_2O_5$ .

El fósforo endurece los tejidos dando más rigidez a la planta, mejorando la resistencia a las heladas, al encamado y al asurado; siendo además un elemento importante en la fecundación de la flor y la granazón.

La deficiencia de fósforo se manifiesta por la coloración purpúrea de las hojas y tallos.

### **Potasio.**

El potasio interviene en la formación de almidón y en el desarrollo de las raíces. Reduce la transpiración, por lo que aumenta la resistencia a la sequía. Como contribuye a la formación de un buen sistema radicular, proporciona mayor resistencia al frío. La extracción de potasio es máxima durante el periodo del encañado.

La deficiencia en potasio se manifiesta por el crecimiento dislocado, los ápices amarillentos y la torsión de las hojas. Además reduce la formación de almidón en el grano y una disminución en la superficie de las hojas.

#### 1.8.4 RIEGO

En zonas secas y épocas cálidas se recomienda dar primero un riego copioso y seguidamente realizar una labor de arado, y a continuación realizar la siembra.

A veces en primavera, al arar se seca demasiado la tierra y es necesario dar un riego ligero antes de sembrar. Si se forma una costra superficial dar un pase con una grada de púas previa a la siembra.

Con el encañado comienza un periodo de intensa asimilación de agua y de sustancias nutritivas, por tanto es preciso que la tierra contenga bastante humedad en esta fase.

Durante el espigado es necesario aplicar otro riego. La planta está en plena actividad de asimilación y el agua es consumida rápidamente en esta fase.

El último riego debe realizarse a los pocos días del anterior, en plena madurez láctea de las espigas o muy al principio de la madurez pastosa, ya que las plantas siguen consumiendo mucha agua, empleada principalmente en trasladar el almidón y demás reservas alimenticias desde las hojas al grano.

##### \* Riego por surcos.

Para regar por este método se trazan surcos desde la cabecera, a unos diez centímetros de profundidad, en el sentido de la máxima pendiente, y poco distanciados entre sí (40-80cm.). Por los surcos se hace correr el agua, de modo que esta avanza poco a poco y en el extremo se vierte a otra reguera que la vuelve a distribuir en otros surcos.

Este método no es conveniente en terrenos sueltos y permeables, pues el agua desciende rápidamente y se extiende con gran lentitud horizontalmente, y cuando se llega a humedecer toda la superficie se han gastado grandes cantidades de agua.

\* Riego por aspersión.

Es recomendable su uso en terrenos muy desnivelados empleando aspersores de medio o pequeño alcance y de gota fina, en lugar de los de gran alcance.

### **1.8.5 RECOLECCIÓN**

La recolección suele realizarse desde mediados de mayo a finales de otoño, según las regiones; siendo el método de recolección más recomendable la cosechadora.

El momento más conveniente para realizar la siega es aquel en que los tallos han perdido por completo su color verde y el grano tiene suficiente consistencia. El corte del tallo se hará a unos 30 cm. del suelo y se llevará regulada por la cosechadora.

Las condiciones para aumentar los rendimientos de la cosechadora son las siguientes:

- Cultivar variedades de caña corta.
- Mantener el terreno libre de malas hierbas; pues aumentan la humedad del grano.
- Se recomienda no segar hasta que haya desaparecido el rocío; ya que a pleno sol la cosechadora trabaja mejor.
- Controlar que no salga el grano partido ni que la máquina arrastre grano, en tales casos corregir los ajustes de la máquina.
- Estudiar el recorrido antes de la salida al campo, para evitar que la cosechadora vaya en vacío o sufra detenciones.

Si primero se siega el trigo para trillarlo después, debe segarse antes, sobre todo si se trata de variedades de regadío que se desgranen con facilidad. Se hará en madurez pastosa o completa, quedando el grano de trigo con una humedad del 12%.

La siega se realiza de la siguiente forma: en la primera vuelta se pisa la mies y se desgrana, la segunda vuelta se realiza en sentido contrario, dando lugar a una siega fácil. En la tercera vuelta y siguiente se siega en el mismo sentido de la marcha que en la primera.

## **1.9 RENDIMIENTO**

El rendimiento del cultivo del trigo ha aumentado de manera exponencial a nivel mundial en los últimos años debido a la mejora genética de las variedades y a la mejora de las técnicas de manejo del cultivo. El rendimiento se basa en tres parámetros fundamentales como son: número de espigas por planta, número de granos por espiga y peso del grano, cuyo producto daría como resultado el rendimiento final del cultivo.

El número de plantas por unidad de superficie se regula mediante la densidad de siembra; siendo los otros dos parámetros regulables por la mejora genética, especialmente el número de granos por planta, éste no se ha obtenido aumentando el número de ahijamientos, sino a que las espigas de las nuevas variedades contienen más granos que las antiguas.

El aumento de biomasa de las nuevas variedades de trigo a dado lugar a un aumento en el rendimiento de paja. El índice más utilizado para medir la eficacia de la planta para transformar la biomasa en grano es el índice de cosecha, que es la relación porcentual entre el peso del grano y el peso total de la planta. Este índice ha tenido un papel fundamental en la mejora de los rendimientos en trigo harinero.

## **1.10 CALIDAD.**

Las sustancias que valoran la calidad del trigo son las proteínas que se encuentran en el complejo insoluble denominado gluten. La calidad del gluten es más importante que la cantidad, pero esta calidad no es fácilmente medible.

La riqueza de proteínas se mantiene constante en los últimos estados de maduración. En cambio, el incremento de glúcidos es continuo hasta la desecación del grano.

La calidad es una condición de cada variedad, siendo comprobada experimentalmente cultivando un mismo grupo de variedades en distintas

localidades. Está influenciado por el clima, pues la mejor calidad se obtiene en zonas áridas que en zonas húmedas.

### 1.11 EL DISEÑO CENTRAL COMPUESTO ROTABLE

Estos diseños de cinco niveles que se utilizaran en le experimento se basan en el diseño de Box (1956), que básicamente son factoriales incompletos compensados con ciertos tratamientos extras Sinha (1980), este tipo de diseños fueron utilizados en experimentos de física y química, posteriormente se extendió a experimentos biológicos y otros tipos de experimentos.

Los diseños más comunes dentro de esta familia son Central Compuesto, en su forma rotatable y no rotatable. Este diseño tiene tres grupos característicos de tratamientos:

- Tratamientos Factoriales
- Tratamientos Axiales
- Tratamientos centrales

El número de tratamientos es igual a.  $2^K + 2K + C$  ; donde  $2^K$  es el número de de tratamientos básicos de la parte factorial o sea son las combinaciones impares;  $2K$  corresponde a los tratamientos axial o valores extremos o sea combinaciones pares y  $C$  constituye el número de tratamientos centrales que se repiten de seis y hasta ocho veces. Además, como dicen Meyers y Douglas (1995) conviene aumentar un tratamiento adicional con el máximo y el mínimo nivel para propósitos de estimación. El modelo matemático o modelo de análisis utilizado en este tipo de diseño corresponde a una ecuación de regresión de respuesta sobre los factores de producción, y así se obtiene la ecuación:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1^2 + b_4X_2^2 + b_5X_1X_2 ..... (1)$$

La ecuación en función de las variables N y P

$$\hat{Y} = b_0 + b_1N + b_2P + b_3N^2 + b_4P^2 + b_5NP ..... (2)$$

## **C A P Í T U L O II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO:**

El presente trabajo se condujo en la Estación Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, ubicado entre las coordenadas de 74°12'27" Longitud Oeste, 13°16'00" Latitud Sur y a una altitud de 2 750 msnm, con una pendiente variable de 1.5 a 2.0%.

#### **2.2. ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO DEL SUELO**

El terreno en la campaña anterior del experimento fue sembrado con cebada, con bajos niveles de NPK para una producción comercial, se realizó el muestreo del suelo de acuerdo al método convencional, teniendo en cuenta la capa arable de 20 a 30 cm. tomándose varias muestras que al final se mezclaron y se obtuvo una porción homogénea de 1 kg, el cual fue llevado al laboratorio de Suelos y Análisis Foliar "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, los resultados se muestran en el Cuadro 2.1

**Cuadro 2.1: Características Químicas y Físicas del suelo donde se instaló el experimento. Canaán – UNSCH, 2750 msnm. Ayacucho, 2010.**

| Propiedades Químicas | Unidad | Valor              | Método        | Interpretación Según Ibáñez y Aguirre |
|----------------------|--------|--------------------|---------------|---------------------------------------|
| pH                   |        | 7.42               | Potenciómetro | Básico                                |
| M.O                  | (%)    | 0.83               | Walkley-Black | Bajo                                  |
| N-Total              | (%)    | 0.04               | Kjeldahl      | Bajo                                  |
| P-Disp               | (ppm)  | 17.25              | Bray-Kurtz    | Medio                                 |
| K-Disp               | (ppm)  | 164.4              | Turbidimetria | Alto                                  |
| Arena                | (%)    | 43.6               | Hidrómetro    |                                       |
| Limo                 | (%)    | 20.9               |               |                                       |
| Arcilla              | (%)    | 35.5               |               |                                       |
| Clase Textural       |        | Franco – Arcilloso |               |                                       |

En base a los resultados obtenidos se realizó la interpretación respectiva, determinándose que el pH de 7.42, se encuentra en un rango óptimo para el cultivo de trigo; según el INIA y el Proyecto TTA (1992), el pH oscila de 5.5 a 7.5. aunque tolera bien valores de pH desde 5.0 hasta 8.0 (Jara 1993).

Ibáñez (1983), menciona que de acuerdo a la clasificación de suelos por su contenido de materia orgánica pertenece a un suelo mineral; y en función al nivel de materia orgánica en suelos minerales, es pobre. Así mismo el contenido de nitrógeno total es pobre. El contenido de fósforo disponible es medio. El potasio es considerado como alto.

Parodi y Romero (1991), afirman que la textura del suelo de acuerdo a sus componentes de arena, limo y arcilla corresponde a la Clase Textural Franco-Arcilloso. La textura medio arcilloso es óptima para el cultivo de trigo,

pues un terreno muy arcilloso es perjudicial, debido a que retiene demasiada humedad, así mismo los terrenos demasiados arenosos pueden provocar una escasez hídrica.

## **2.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS**

Los datos fueron tomados del registro de datos meteorológicos de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga de la Estación Meteorológica de Pampa del Arco; mediante una tabulación de los datos de temperatura y precipitación se obtuvo la evapotranspiración potencial utilizando la fórmula propuesta por la Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales (ONERN). De la evapotranspiración potencial ajustada o real (ETPR) se restó la precipitación, obteniéndose la deficiencia o exceso de agua en el suelo.

En el Cuadro 2.2, se muestra las temperaturas promedio de máxima, mínima y media mensuales que fueron de 25.13, 8.67 y 17.30 °C respectivamente y la precipitación total anual fue de 651.20 mm.

La temperatura fue favorable para las diferentes fases fisiológicas del cultivo, cuyo rango osciló entre 15.05 y 18.85 °C de temperatura media, los cuales son considerados como óptimos para el funcionamiento del sistema fisiológico de la planta. Del balance hídrico se tuvo un equilibrio en la cantidad de agua en el mes de abril del 2010 y los demás meses un déficit, en el trabajo experimental realizado. Sin embargo el cultivo fue conducido con riegos en los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto.

Uno de los indicadores más importantes para la agricultura de secano es la humedad del suelo. El balance hídrico propuesta por ONERN (1970), relaciona la precipitación con evapotranspiración (evaporación de agua del suelo y la transpiración del cultivo), quienes a su vez están estrechamente relacionadas con la temperatura máxima, mínima y media registradas durante el día. Todo este conjunto de datos determinan las características climáticas de Huamanga, y específicamente de la zona de Canaán.

**Cuadro 2.2 Temperatura Máxima, Media, Mínima y Balance Hídrico correspondiente a la Campaña Agrícola 2009 y 2010, de la Estación Meteorológica Pampa del Arco- Ayacucho.**

| <b>AÑO</b>                | <b>2009-2010</b> |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |              |             |
|---------------------------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|-------------|
| <b>MESES</b>              | <b>SET</b>       | <b>OCT</b> | <b>NOV</b> | <b>DIC</b> | <b>ENE</b> | <b>FEB</b> | <b>MAR</b> | <b>ABR</b> | <b>MAY</b> | <b>JUN</b> | <b>JUL</b> | <b>AGO</b> | <b>TOTAL</b> | <b>PROM</b> |
| <b>T° Máxima (°C)</b>     | 27.00            | 27.50      | 26.80      | 25.20      | 24.00      | 25.00      | 25.10      | 26.00      | 25.90      | 25.80      | 26.30      | 26.50      |              | 25.93       |
| <b>T° Mínima (°C)</b>     | 9.10             | 9.60       | 10.90      | 11.30      | 11.30      | 10.90      | 11.50      | 9.00       | 6.70       | 5.10       | 3.80       | 4.80       |              | 8.67        |
| <b>T° Media (°C)</b>      | 18.05            | 18.55      | 18.85      | 18.25      | 17.65      | 17.95      | 18.30      | 17.50      | 16.30      | 15.45      | 15.05      | 15.65      |              | 17.30       |
| <b>Factor</b>             | 4.80             | 4.96       | 4.80       | 4.96       | 4.96       | 4.70       | 4.96       | 4.80       | 4.96       | 4.80       | 4.96       | 4.96       |              |             |
| <b>ETP(mm)</b>            | 86.64            | 92.01      | 90.48      | 90.52      | 87.54      | 84.37      | 90.77      | 84.00      | 80.85      | 74.16      | 74.65      | 77.62      | 1,013.61     | 0.6425      |
| <b>Precipitación (mm)</b> | 8.10             | 39.90      | 87.80      | 153.00     | 126.20     | 103.60     | 67.00      | 27.90      | 13.50      | 0.00       | 0.70       | 23.50      | 651.20       |             |
| <b>ETP Ajust. (mm)</b>    | 55.66            | 59.11      | 58.13      | 58.16      | 56.24      | 54.20      | 58.31      | 53.97      | 51.94      | 47.64      | 47.96      | 49.87      |              |             |
| <b>H del suelo (mm)</b>   | -47.56           | -19.21     | 29.67      | 94.84      | 69.96      | 49.40      | 8.69       | -26.07     | -38.44     | -47.64     | -47.26     | -26.37     |              |             |
| <b>Déficit (mm)</b>       | -47.56           | -19.21     |            |            |            |            |            | -26.07     | -38.44     | -47.64     | -47.26     | -26.37     |              |             |
| <b>Exceso (mm)</b>        |                  |            | 29.67      | 94.84      | 69.96      | 49.40      | 8.69       |            |            |            |            |            |              |             |

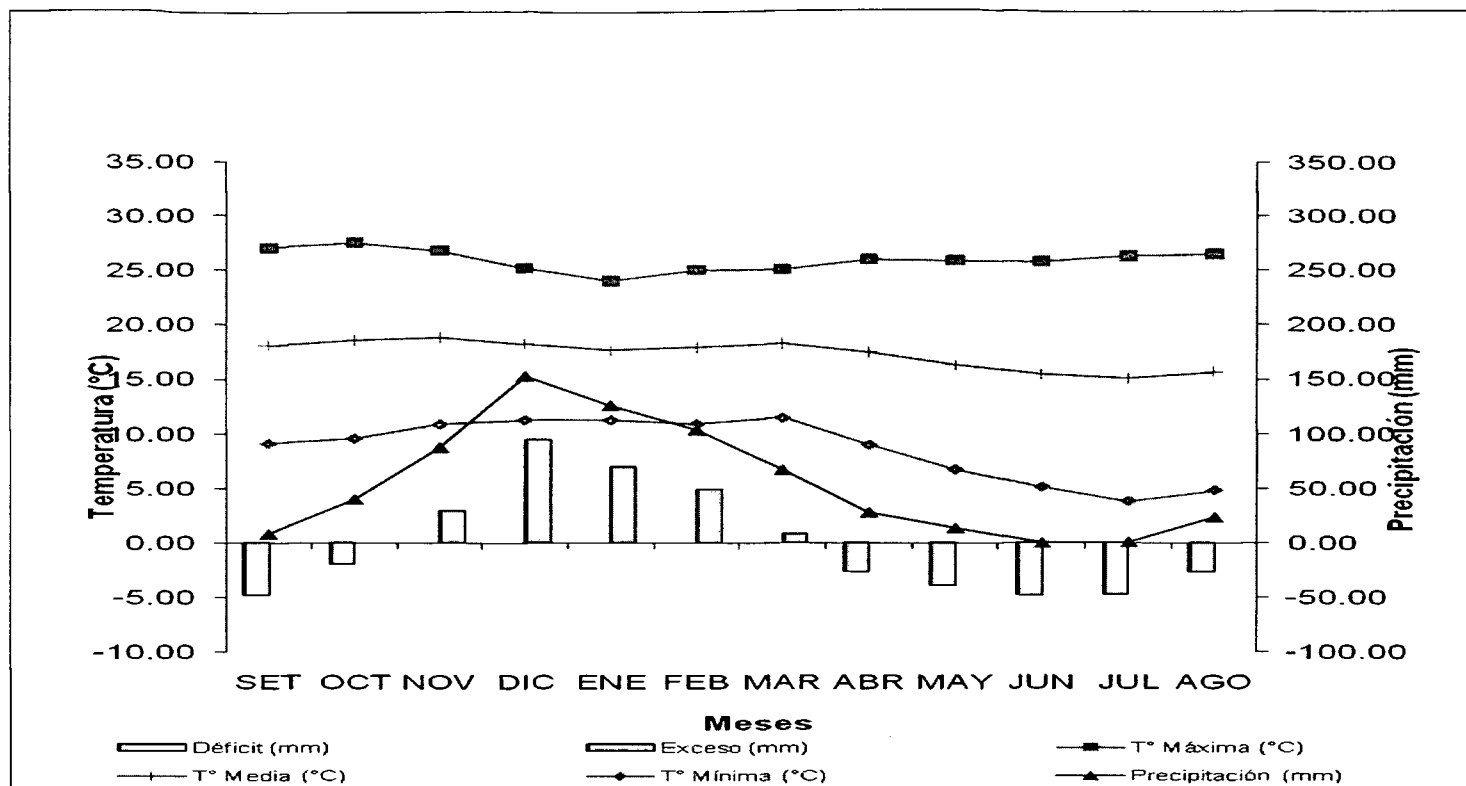


Figura 2.1: Diagrama Ombrotérmico: T° vs Pp. y Balance Hídrico

## 2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se condujo en el Diseño de Bloque Completo Randomizado, D.B.C.R con tres bloques. El arreglo de tratamientos corresponde a la distribución dentro del Diseño Central Compuesto Rotable Ortogonal (DCCRO). La unidad experimental tiene 6 m<sup>2</sup>. Para determinar el nivel óptimo se recurrió a la técnica de superficie de respuesta utilizando el programa computacional SAS.

El Modelo Aditivo Lineal del Diseño es:

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

**DONDE:**

$Y_{ij}$  = Observación cualesquiera

$\mu$  = promedio

$T_i$  = efecto de tratamientos

$\beta_j$  = Efecto de bloques

$\epsilon_{ij}$  = error experimental

## 2.5 ORGANIZACIÓN DEL EXPERIMENTO:

Las unidades experimentales recibieron un abonamiento de fondo en lo referente a la fertilización potásica de 100 kg/ha. Este nivel está basado en la extracción del cultivo del trigo para una productividad de 5,000 Kg/Ha (Guerrero, 1987).

### 2.5.1 Factores y niveles

Para hallar los niveles mínimo y máximo de N y P se tuvo en cuenta la extracción de N y P del cultivo de trigo para una productividad de 1000 y 5,000 Kg/Ha. (Guerrero, 1987).

#### 1 Factor abonamiento (N)

|         |                                   |       |
|---------|-----------------------------------|-------|
| Niveles | 60.0, 86.6, 150.0, 213.64 y 240.0 | kg/ha |
|---------|-----------------------------------|-------|

**2 Factor Abonamiento (P)**

Niveles : 40.0, 56.65, 90.0, 125.35 y 140.0 kg/ha

**3 Niveles codificados y reales:**

| Nivel Codificado | Nivel Real | Nivel Real |
|------------------|------------|------------|
| Xi               | N          | P          |
| - 1.41421        | 60.00      | 40.00      |
| -1               | 86.60      | 56.65      |
| 0                | 150.00     | 90.00      |
| 1                | 213.64     | 125.35     |
| 1.41421          | 240.00     | 140.00     |

**2.5.2 TRATAMIENTOS**

Se tiene 16 tratamientos de la combinación del abonamiento nitrogenado y la fertilización fosforada, además se tiene 02 testigos adicionales los que tienen los niveles mínima y máximo. Los 18 tratamientos se repiten 3 veces haciendo un total de 54 parcelas experimentales.

Las combinaciones se muestran a continuación:

,

| Tratamiento | X1       | X2       | Niveles de N | Niveles de P |
|-------------|----------|----------|--------------|--------------|
| 1           | -1       | -1       | 86.4         | 54.65        |
| 2           | -1       | 1        | 86.4         | 125.15       |
| 3           | 1        | -1       | 214          | 54.65        |
| 4           | 1        | 1        | 214          | 125.15       |
| 5           | -1.41421 | 0        | 60           | 90           |
| 6           | 1.41421  | 0        | 240          | 90           |
| 7           | 0        | -1.41421 | 150          | 40           |
| 8           | 0        | 1.41421  | 150          | 140          |
| 9           | 0        | 0        | 150          | 90           |
| 10          | 0        | 0        | 150          | 90           |
| 11          | 0        | 0        | 150          | 90           |
| 12          | 0        | 0        | 150          | 90           |
| 13          | 0        | 0        | 150          | 90           |
| 14          | 0        | 0        | 150          | 90           |
| 15          | 0        | 0        | 150          | 90           |
| 16          | 0        | 0        | 150          | 90           |
| 17          | 1.41421  | 1.41421  | 240          | 140          |
| 18          | -1.4142  | -1.41421 | 60           | 40           |

2.5.3 CARACTERISTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

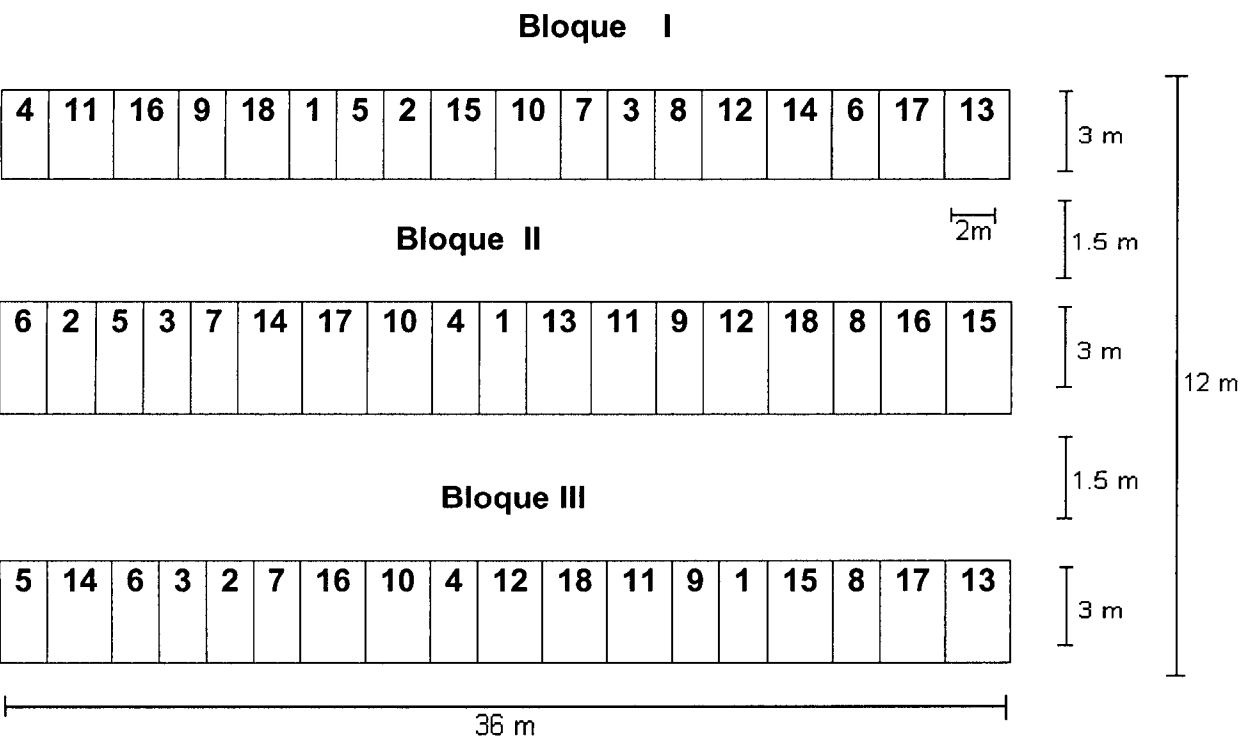
BLOQUES

- Número de bloques = 3
- Largo de bloques = 36 m
- Ancho de bloques = 3.0 m
- Área del bloque = 108 m<sup>2</sup>

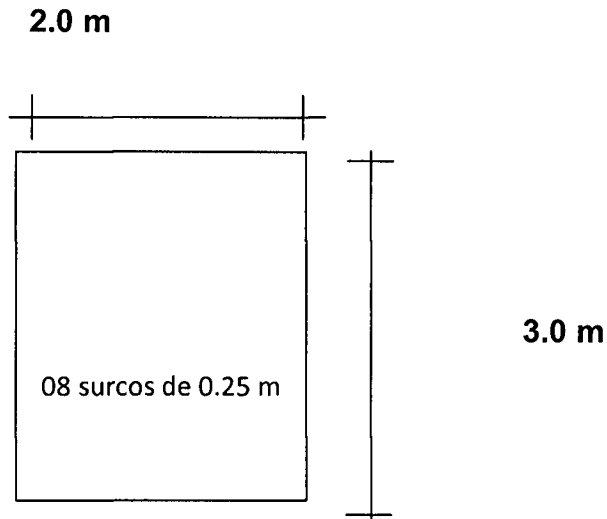
PARCELA O UNIDAD EXPERIMENTAL

- Número de parcelas por bloque = 18
- Número total de parcelas = 54
- Largo de parcelas (ancho bloque) = 2.0 m
- Ancho de parcela = 3.0 m
- Área de parcela = 6.0 m<sup>2</sup>

CROQUIS DEL CAMPO EXPERIMENTAL



**UNIDAD EXPERIMENTAL**



**2.5.4 VARIEDAD DE TRIGO UTILIZADO**

La variedad de trigo es el TRIGO INIA 418 – EL NAZARENO  
Las características del cultivo son:

- 1 Rango de adaptación**
- 2 Descripción del cultivo**

|                            |                  |
|----------------------------|------------------|
| Macollamiento              | : Regular        |
| Tipo de espiga             | : Aristado       |
| Densidad de espiga         | : Intermedia     |
| Color del Grano            | : Amarillo ambar |
| Nº de granos / espiga      | : 48             |
| Peso hectolítrico          | : 78 kg/hl       |
| Peso de 1000 granos        | : 41.90 g        |
| Altura de planta           | : 85.0 cm        |
| Días al espigado           | : 77             |
| Días a madurez             | : 160            |
| Rendimiento promedio Campo | : 4.0 t/ha       |

### **3 Reacción a enfermedades**

|                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| Roya amarilla o lineal | : Moderadamente resistente |
| Roya del tallo         | : Resistente               |
| Roya de la hoja        | : Resistente               |
| Roya de la espiga      | : Tolerante                |

### **4 Características físico –químicas del grano**

|                      |         |
|----------------------|---------|
| Humedad (%)          | : 3.91  |
| Materia seca         | : 96.09 |
| Proteína (N x 6.25)  | : 14.32 |
| Fibra (%)            | : 1.27  |
| Cenizas (%)          | : 1.46  |
| Grasa (%)            | : 13.6  |
| Carbohidratos (%)    | : 67.27 |
| Energía (Kcal/100g): | 443.9   |

## **2.6 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO**

### **a) Preparación del terreno**

Se realizó el 2 de abril del 2010. Para el barbecho, mullido y nivelación se empleó un tractor agrícola (una pasada de arado de disco de una profundidad de 30 cm y otra de rastra) con la finalidad de tener el terreno en las mejores condiciones, para que la semilla encuentre el ambiente óptimo para su crecimiento y desarrollo.

### **b) Estacado y demarcación del terreno**

Se realizó el 09 de abril del 2010. Para el estacado se empleó wincha de 50 m., y estacas de madera de 0.40 m de largo y un diámetro de 0.10 m. Se realizó la demarcación con yeso y posteriormente con rafia delimitando de calles, bloques y parcelas.

### **c) Surcado**

El surcado se realizó manualmente el mismo día del estacado y la demarcación del terreno con la ayuda de un pico, cordel y estacas. Los surcos se distanciaron a 25 cm.

#### **d) Fertilización**

La fertilización se realizó en tres períodos: la primera a la siembra, la segunda en el pleno macollaje y la tercera en la elongación del tallo, en cada tratamiento evaluado la aplicación fue a chorro continuo. La fertilización con P y K fue aplicada sólo en la siembra.

##### **d1) Fertilización NP**

Se utilizó como fuente, el fosfato di amónico con riqueza de 46%  $P_2O_5$  y 18% de nitrógeno y el Cloruro de potasio (60%  $K_2O$ ), como fuente de Potasio.

##### **d2) Fertilización N**

Se empleó como fuente de nitrógeno la Urea (45% N) y el Fosfato diamónico (18 % N y 46 %  $P_2O_5$ ). La fertilización se realizó en tres períodos: la primera a la siembra, la segunda en el pleno macollaje y la tercera en la elongación del tallo (2do nudo).

#### **e) Siembra**

La siembra se efectuó en surcos distanciados a 0.25 m; las semillas fueron depositadas en el fondo del surco a chorro continuo y a una profundidad no mayor de 5 cm (140 kg de semilla/ha), el tapado de semilla se hizo manualmente con ayuda del pico. Se realizó el 10 de abril del 2010.

#### **f) Riegos**

Los riegos se efectuaron de acuerdo a los requerimientos del cultivo. Se regó después de la siembra debido a que durante la campaña las lluvias fueron escasas en el mes de abril, mayo, junio y julio tal como se observa en el Cuadro 2.2 y la Figura 2.3, se tuvo que efectuar los riegos cada 8 días para asegurar la buena maduración del grano.

#### **g) Deshierbo**

Para evitar la competencia de malezas con el cultivo, se realizó deshierbos manualmente en dos oportunidades durante la campaña, el

primer deshierbo se realizó la cuarta semana después de la siembra (20 de mayo del 2010), y el segundo a la novena semana después de la siembra (15 de junio del 2010), antes de la espigación.

#### **h) Control fitosanitario**

Durante el período vegetativo del cultivo no se presentó plagas, ni enfermedades de importancia, razón por la cual no se realizó ninguna aplicación de insecticidas y fungicidas.

#### **i) Cosecha**

Se realizó de acuerdo a la madurez de cosecha que alcanzó la variedad que es considerada como un genotipo precoz, esta se efectuó cuando el tallo adquirió una consistencia rígida, tornándose a un color amarillo brillante y cuando los granos eran resistentes a la presión de la uña. Esta labor se efectuó a los 135 días después de la siembra (24 de agosto del 2010).

La primera operación realizada fue la ciega o corte del tallo del trigo maduro en todas las parcelas utilizando una hoz para cada tratamiento. Se tuvo mucho cuidado en diferenciar los tratamientos los cuales fueron puestos en un costal con el número de tratamiento, luego fueron expuestos al sol por 3 días. A continuación se hizo la trilla en forma manual. La limpieza se realizó mediante la acción de viento.

Los granos obtenidos de cada parcela fueron embolsados y marcados para luego determinar el rendimiento y otras características a evaluar, anticipadamente se tomaron muestras de plantas de cada tratamiento del surco central para poder evaluar todos los componentes de rendimiento mencionados en los parámetros de evaluación del cultivo.

## 2.7. CARACTERES EVALUADOS

### A. CARACTERES DE PRECOCIDAD

- ***Días a la emergencia***

Se evaluó el número de días transcurridos desde la siembra hasta la apreciación de la emergencia de más del 50% de las plántulas, esta evaluación se realizó en cada parcela experimental.

- ***Días al pleno macollaje***

Se evaluó el número de días transcurridos desde la siembra hasta apreciar que más del 50% de las plantas presentaran macollos, se evaluó en cada parcela experimental.

- ***Días a la madurez fisiológica***

Se consideró los días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50% del grano al ser presionados con las uñas presentaban resistencia a la penetración, se evaluó cada parcela experimental.

- ***Días a la madurez de cosecha***

Se evaluó el número de días transcurridos desde la siembra hasta apreciar que más del 50% de los granos presentaron características típicas de la variedad, tales como: tamaño, color, forma, dureza, humedad, etcétera. Los cuales se evaluaron en cada parcela experimental.

### B. CARACTERES DE RENDIMIENTO

- ***Altura de Planta (cm)***

Se midió la altura de 40 plantas del surco central de cada tratamiento, Las medidas se realizaron desde el cuello del tallo hasta el ápice de las mismas. Efectuándose al final del espigamiento.

- ***Número de espigas/m<sup>2</sup>***

Se contó el número de espigas contenidas en cuatro surcos lineales de un metro, en los surcos centrales en cada tratamiento con tres repeticiones, esto se evaluó durante la madurez fisiológica.

- ***Número de granos/espiga***

Se contó el número de granos promedio por espiga después de separar, trillar y ventear manualmente las 40 plantas seleccionadas de los surcos centrales de cada tratamiento.

- ***Longitud de espiga (cm)***

Se midió la longitud de espiga promedio por planta con la ayuda de una regla graduada desde la base de la espiga hasta la parte terminal de esta sin considerar las aristas durante la cosecha. La evaluación se hizo en 40 plantas de los surcos centrales tomadas en cada tratamiento.

- ***Peso de grano/espiga***

Se pesó los granos que fueron contados anteriormente de cada espiga, este peso se hizo de 40 espigas seleccionadas de los surcos centrales para cada tratamiento.

- ***Peso de 1000 granos***

Se pesó, del lote de semilla venteadada, limpia, escogida y seleccionada, 1,000 semillas de cada tratamiento en una balanza analítica, este proceso se repitió y peso en cinco submuestras.

- ***Peso Hectolítrico (kg/Hl)***

Se realizó con una balanza hectolítrica en las instalaciones de PICAL en cinco muestras por cada tratamiento.

## **C. RENDIMIENTO**

- ***Rendimiento del grano (t/ha)***

El rendimiento se determinó realizando la cosecha de toda la parcela experimental, la trilla y el venteado. Identificado cada tratamiento dentro de un costal, los granos se pesaron y cuyos resultados sirvieron para estimar el rendimiento en t/ha.

## **D. CALIDAD**

Para determinar la calidad se tuvo en cuenta el peso hectolítrico, peso de 1000 semillas y el porcentaje de proteína.

## **E. RENTABILIDAD**

Se determinó el costo de producción de acuerdo a los diferentes niveles de fertilización. Se tomó en cuenta los valores hallados en el rendimiento (t/ha), para finalmente hallar la rentabilidad en porcentaje.

## **CAPITULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 CARACTERES DE PRECOCIDAD DEL CULTIVO DE TRIGO**

Se han evaluado algunos estados fenológicos del cultivo, se ha efectuado la evaluación utilizando el rango en los estadios de crecimiento y desarrollo, debido a que las evaluaciones de un determinado estado no se dan en una fecha fija sino en forma escalonada. Además el efecto de los tratamientos es mínimo por lo que se dejó de lado el análisis de variancia.

En el Cuadro 3.1, se observa que la emergencia ocurre a los 10 días en casi un 100%. La duración de la germinación varía con la temperatura. Siendo la temperatura óptima para la germinación para el trigo de 20 a 25°C, a estas condiciones debe unirse la aeración y la humedad del suelo, se estima que la germinación es óptima cuando el estado de saturación del suelo en agua está comprendido entre un 60 y 80% de su capacidad de campo (Guerrero 1987).

Palomino (1997), manifiesta que en la evaluación del rendimiento de 3 entradas y una variedad de trigo en tres densidades de siembra, encontró una mayor precocidad en brotamiento que ocurrió a los 8 días después de la siembra.

Crispín (1976), expresa, que la acción selectiva del medio ambiente influye sobre el genotipo de la planta y sobre su cualidad vegetativa, las que

están determinadas por la intensidad y duración de la luz, temperaturas diurnas, nocturnas, humedad del medio ambiente, tipo de suelo e incidencia de plagas y enfermedades.

El pleno macollaje se manifestó casi a los 35 días, esto nos indica la uniformidad del macollamiento de las diferentes variedades, habiéndose encontrado un rango de 30 a 35 días.

Según Guerrero (1987), el macollamiento es un carácter varietal, pero aparte de la variedad el ahijamiento depende de la importancia del abonado nitrogenado, de la fecha de siembra y de la temperatura, que condiciona la duración del periodo de ahijamiento. El experimento se sembró en el mes de abril en la que se contó con la temperatura adecuada y la dotación del agua y el agua de riego en su oportunidad.

El macollamiento depende en primer lugar de la variedad, sin embargo, cuando se siembra a mayor distancia, se obtiene mayor macollo. Los días cortos durante la germinación también favorecen el macollamiento. Parsons (1989).

En lo referente al número de días a la madurez fisiológica esta ocurrió a los 95 a 105 días. En lo que respecta al número de días a la madurez de cosecha que es el patrón absoluto de precocidad nos muestra que la variedad Nazareno se comporta como precoz, esta se ha cosechado en un mismo día (135 días).

**Cuadro 3.1. Número de días después de la siembra que alcanzan los diferentes estadios fenológicos en la variedad de trigo Nazareno. Canaán 2750 msnm 2010.**

| Variedad      | Emergencia | Macollaje | Madurez fisiológica | Madurez de cosecha |
|---------------|------------|-----------|---------------------|--------------------|
| Nazareno INIA | 8-10       | 25-35     | 95-105              | 135                |

### 3.2 CARACTERES DE RENDIMIENTO

**Cuadro 3.2 Resumen de los cuadrados medios de las variables de rendimiento de trigo Nazareno con diferentes niveles de fertilización NP. Canaán 2750 msnm 2010.**

| F. Variación | G.L | CM                        |                  |                  |                     |
|--------------|-----|---------------------------|------------------|------------------|---------------------|
|              |     | Nº espigas/m <sup>2</sup> | Nº granos/espiga | Rdto. Grano 14 % | Relación Grano/paja |
| Bloque       | 2   | 65.2407 ns                | 0.666 ns         | 0.338 ns         | 2.481 **            |
| Tratamientos | 17  | 14808.81 **               | 31.97 **         | 0.844 **         | 0.692 **            |
| Error        | 34  | 144.67                    | 1.00             | 0.181            | 0.200               |
| Total        | 53  |                           |                  |                  |                     |
| C.V. (%)     |     | 2.06                      | 2.32             | 8.46             | 0.57                |

El Cuadro 3.2 nos muestra un resumen de los Cuadrados Medios, exponiéndonos la alta significación estadística entre los tratamientos, para el número de espigas/m<sup>2</sup>, número de granos/espiga, rendimiento de grano y el peso hectolítrico. Se puede indicar que existe una respuesta de las variables mencionadas con la aplicación de los niveles de los factores en estudio. El objetivo del presente análisis es observar los resultados de los promedios bajo el análisis de la prueba de Tukey.

Número de espigas / m<sup>2</sup> :

**Cuadro 3.3      Prueba de Tukey en el resultado del número de espigas/m<sup>2</sup> en el trigo variedad Nazareno con diferentes niveles de fertilización NP. Canaán 2750 msnm. 2010**

| N     | P     | Espigas/m <sup>2</sup> | Tukey(0.05) |
|-------|-------|------------------------|-------------|
| 214.0 | 125.2 | 672                    | A           |
| 214.0 | 54.7  | 642                    | a b         |
| 150.0 | 90.0  | 625                    | b c         |
| 150.0 | 90.0  | 623                    | b c         |
| 150.0 | 90.0  | 620                    | b c d       |
| 150.0 | 90.0  | 620                    | b c d       |
| 150.0 | 90.0  | 617                    | b c d       |
| 150.0 | 90.0  | 615                    | b c d       |
| 150.0 | 90.0  | 613                    | b c d       |
| 150.0 | 140.0 | 613                    | b c d       |
| 150.0 | 90.0  | 613                    | b c d       |
| 240.0 | 140.0 | 594                    | c d         |
| 150.0 | 40.0  | 584                    | d           |
| 240.0 | 90.0  | 542                    | e           |
| 86.4  | 125.2 | 538                    | e           |
| 86.4  | 54.7  | 513                    | e           |
| 60.0  | 40.0  | 423                    | f           |
| 60.0  | 90.0  | 418                    | f           |

A la prueba de Tukey del número de espigas/m<sup>2</sup> en el Cuadro 3.3, se observa que los tratamientos con mayor número son los que tienen un mayor nivel de nitrógeno, los de menor nivel de nitrógeno son los que ocupan los últimos lugares desde un valor de 538 a 418 espigas/m<sup>2</sup>, esta variable está directamente relacionado con la productividad del trigo.

## **CONTENIDO**

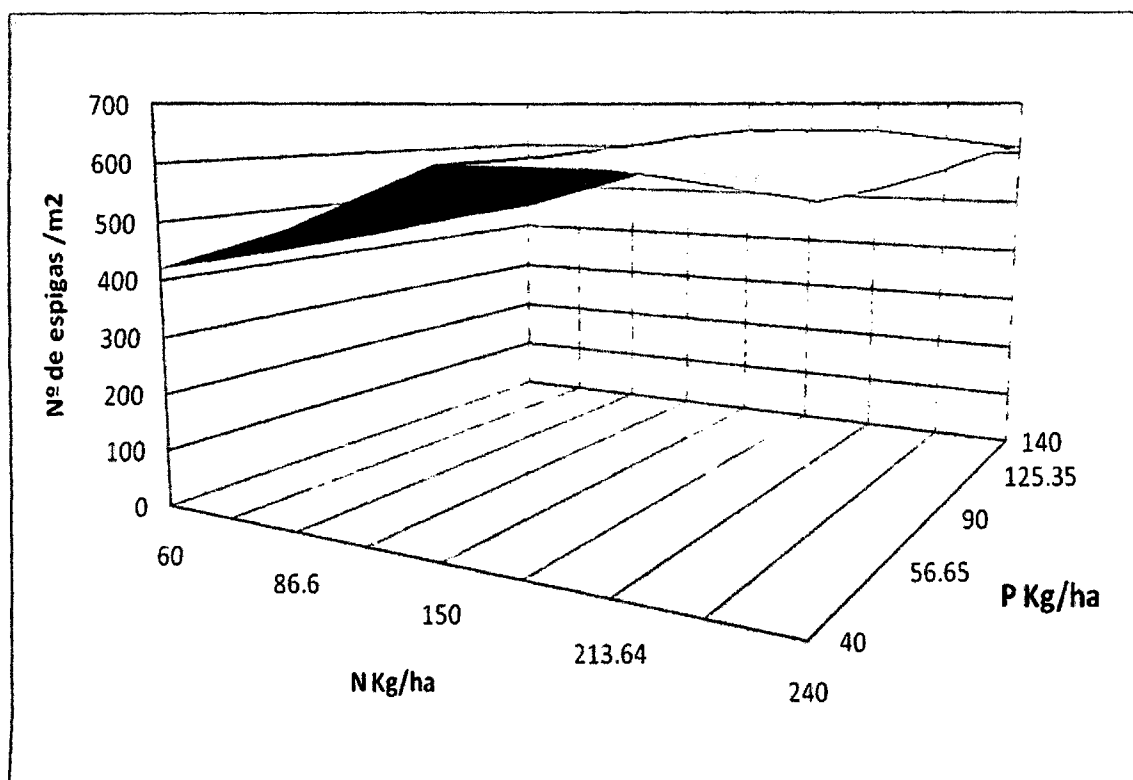
|                                              |          |
|----------------------------------------------|----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                          | <b>3</b> |
| <b>CAPÍTULO I REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>  |          |
| 1.1 ORIGEN DEL TRIGO                         | 5        |
| 1.2 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA                   | 6        |
| 1.3 MORFLOGÍA DE LA PLANTA                   | 7        |
| 1.4 CLIMA                                    | 9        |
| 1.5 LUZ                                      | 10       |
| 1.6 AGUA                                     | 11       |
| 1.7 FERTILIZACIÓN                            | 12       |
| 1.8 PARTICULARIDADES DEL CULTIVO             | 14       |
| 1.9 RENDIMIENTO                              | 19       |
| 1.10 CALIDAD                                 | 19       |
| 1.11 DISEÑO CENTRAL COMPUESTO ROTABLE        | 20       |
| <b>CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS</b>      |          |
| 2.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO                | 21       |
| 2.2 ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO DEL SUELO        | 21       |
| 2.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS                   | 23       |
| 2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL                      | 26       |
| 2.5 ORGANIZACIÓN DEL EXPERIMENTO             | 26       |
| 2.5.1 FACTORES Y NIVELES                     | 26       |
| 2.5.2 TRATAMIENTOS                           | 27       |
| 2.5.3 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL | 28       |
| 2.5.4 VARIEDAD DEL TRIGO UTILIZADO           | 31       |

**Cuadro 3.4 Análisis de variancia del número de espigas/m<sup>2</sup> del trigo variedad nazareno. Canaán 2750 msnm 2010.**

| F. Variación       | GL | SC        | CM        | Fc       | Pr>F      |
|--------------------|----|-----------|-----------|----------|-----------|
| N                  | 1  | 24031.224 | 24031.224 | 35.64    | 0.0001 ** |
| P                  | 1  | 1118.159  | 1118.159  | 1.66     | 0.226 ns  |
| N <sup>2</sup>     | 1  | 25310.383 | 25310.381 | 37.53    | 0.0001 ** |
| P <sup>2</sup>     | 1  | 55.71     | 55.71     | 0.08     | 0.7797 ns |
| N x P              | 1  | 6.154     | 6.154     | 0.01     | 0.9258 ns |
| Residual           | 10 | 6743.307  | 674.33    |          |           |
| Falta de ajuste    | 3  | 6503.547  | 2167.849  | 63.29222 | 0.000 **  |
| Error experimental | 7  | 239.76    | 34.251    |          |           |
| Total              | 15 | 57264.937 |           |          |           |

El Cuadro 3.4 del ANVA de la superficie de respuesta, muestra alta significación estadística para la función lineal y cuadrática para la fertilización nitrogenada, esta tendencia funciona como lineal hasta el nivel de 150 kg/ha donde se observa el pico más alto, para luego mínimamente descender en el número de espigas/m<sup>2</sup>. Un aumento de la dosis de fertilización nitrogenada da lugar a un aumento del número de espigas/m<sup>2</sup> y número de granos por espiga, pero determina un descenso del peso de los 1000 granos.

La alta significación estadística de la falta de ajuste, indica que el modelo estudiado no es el adecuado. Sin embargo, por experiencia de la respuesta y la relación de la variable estudiada con el rendimiento, la regresión cuadrática es la mejor tendencia que ajusta el número de espigas/m<sup>2</sup>.



**Gráfico 3.1 Superficie de respuesta del número de espigas/ m<sup>2</sup> a la madurez fisiológica del trigo variedad Nazareno con diferentes niveles de fertilización NP. Canaán 2750 msnm.**

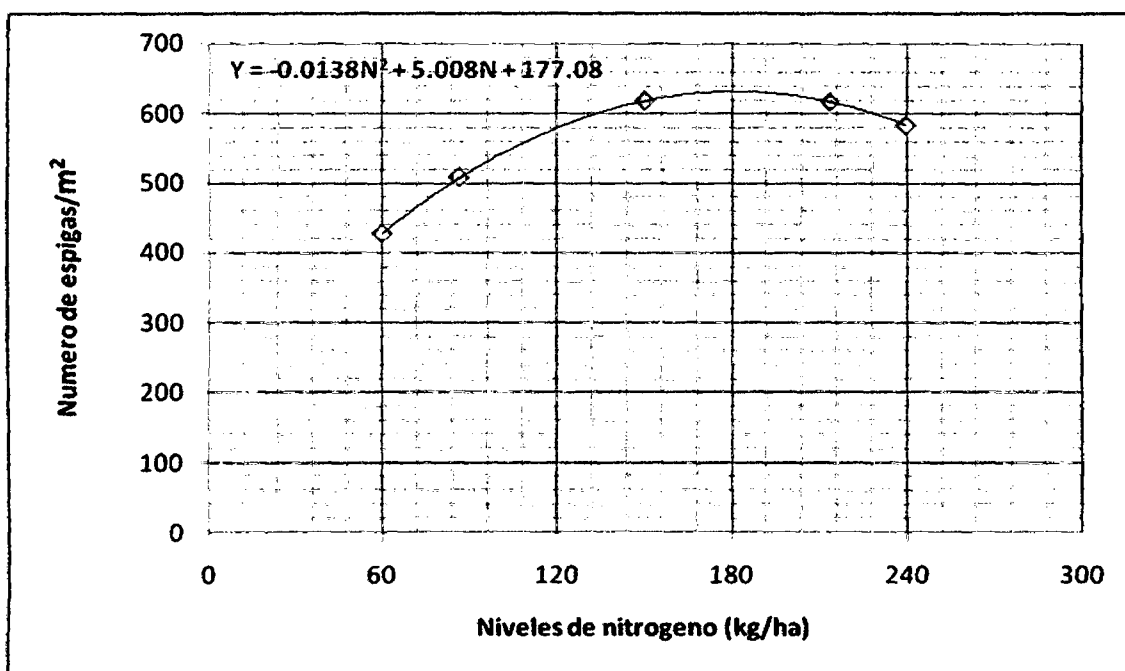
La ecuación de predicción de la regresión de superficie de respuesta es:

$$\hat{Y} = 171.589 + 4.975N - 0.1289P - 0.0138N^2 + 0.0021P^2 + 0.00055NP$$

### **3.2.1 EFECTO DEL NITROGENO Y EL NIVEL MEDIO DE FÓSFORO EN EL NÚMERO DE ESPIGAS**

Como se observa en el Gráfico 3.1 la superficie de respuesta tiene un gran incremento en el número de espigas/m<sup>2</sup>, cuando se adiciona el nivel de nitrógeno hasta 150 kg/ha.

Sustituyendo por el nivel medio del fósforo (P = 90 kg/ha) en el modelo de la regresión polinomial se obtiene la ecuación siguiente:



**Gráfico 3.2** Regresión del incremento de niveles de nitrógeno, en el nivel medio de fósforo y el número de espigas/m<sup>2</sup>. Canaán 2750 msnm.

En el Gráfico 3.2 se observa que a mayor dosis de nitrógeno el número de espigas/m<sup>2</sup> se incrementa hasta el nivel de 181 kg/ha de nitrógeno que viene a ser el óptimo, para un nivel de 90 kg/ha de fósforo. Estos niveles mencionados nos proporcionan 632 espigas/m<sup>2</sup>.

Sulca (2009), menciona que los mejores tratamientos en cuanto al número de espigas/m<sup>2</sup> son para los tratamientos con períodos de fertilización nitrogenada de 60-60-60 y de 40-50-50 de nitrógeno, proporcionado este fertilizante a la siembra, macollamiento e inicio de elongación de tallos. Los valores obtenidos fueron de 568 y 542 espigas /m<sup>2</sup> respectivamente. Los valores encontrados en el presente experimento son superiores esto debido a la conducción y manejo del cultivo.

Rodríguez y Di Ciocco (1996), con variedades locales comparado con abonamiento químico y abonamiento biológico (*Azospirillum*) en las pampas argentinas, obtiene respuesta significativa al abonamiento nitrogenado obteniendo un promedios de 410 espigas/m<sup>2</sup> y de tan solo 250 espigas/m<sup>2</sup> para el abonamiento biológico. Nuestros resultados obtenidos en Canaán en el presente experimento son superiores, esto demuestra que la variedad utilizada muestra mayor potencialidad genética para este parámetro.

Pérez, 1981, afirma que, cuando las condiciones permiten una respuesta a la fertilización nitrogenada, la aplicación en dosis fraccionadas garantiza la disponibilidad del nutriente en etapas importantes del cereal como el encañado y el espigado y, por lo tanto, en su efecto sobre los componentes del rendimiento, como pueden ser el número de espigas/m<sup>2</sup> y peso del grano.

La densidad del trigo es un gran factor de gran importancia y esto depende de muchos factores como cultivar, ciclo, fecha de siembra, cultivo antecesor, agua disponible, fertilidad, tipo de siembra, peso de 1000 granos, poder germinativo, etc, pero como regla general y en promedio se utilizan 120 kg/ha que con un PG del 95% y un peso de 1000 semillas de 38-40 gramos, logrando un porcentaje de emergencia del 70% en el campo se obtienen unas 234 plantas por metro cuadrado, consideradas como óptimo para llegar a cosecha con 400 a 500 espigas por metro cuadrado en seco y 600 bajo riego. Bragach y Méndez (2004).

**Número de granos/espiga**

**Cuadro 3.5 Prueba de promedios del número de granos/ espiga en el trigo variedad Nazareno. Canaán 2750 msnm 2010**

| Niveles de N | Niveles de P | Gran./espiga | Prueba de Tukey(0.05) |
|--------------|--------------|--------------|-----------------------|
| 150.0        | 40.0         | 46.0         | a                     |
| 150.0        | 90.0         | 46.0         | a                     |
| 240.0        | 140.0        | 46.0         | a b                   |
| 150.0        | 140.0        | 45.0         | a b                   |
| 150.0        | 90.0         | 45.0         | a b                   |
| 214.0        | 54.7         | 44.0         | a b                   |
| 240.0        | 90.0         | 44.0         | a b                   |
| 150.0        | 90.0         | 44.0         | a b                   |
| 150.0        | 90.0         | 44.0         | a b                   |
| 150.0        | 90.0         | 44.0         | a b                   |
| 214.0        | 125.2        | 43.0         | a b c                 |
| 150.0        | 90.0         | 43.0         | a b c                 |
| 150.0        | 90.0         | 43.0         | b c                   |
| 150.0        | 90.0         | 43.0         | b c                   |
| 86.4         | 125.2        | 40.0         | c d                   |
| 60.0         | 90.0         | 40.0         | c d                   |
| 86.4         | 54.7         | 38.0         | d                     |
| 60.0         | 40.0         | 33.0         | e                     |

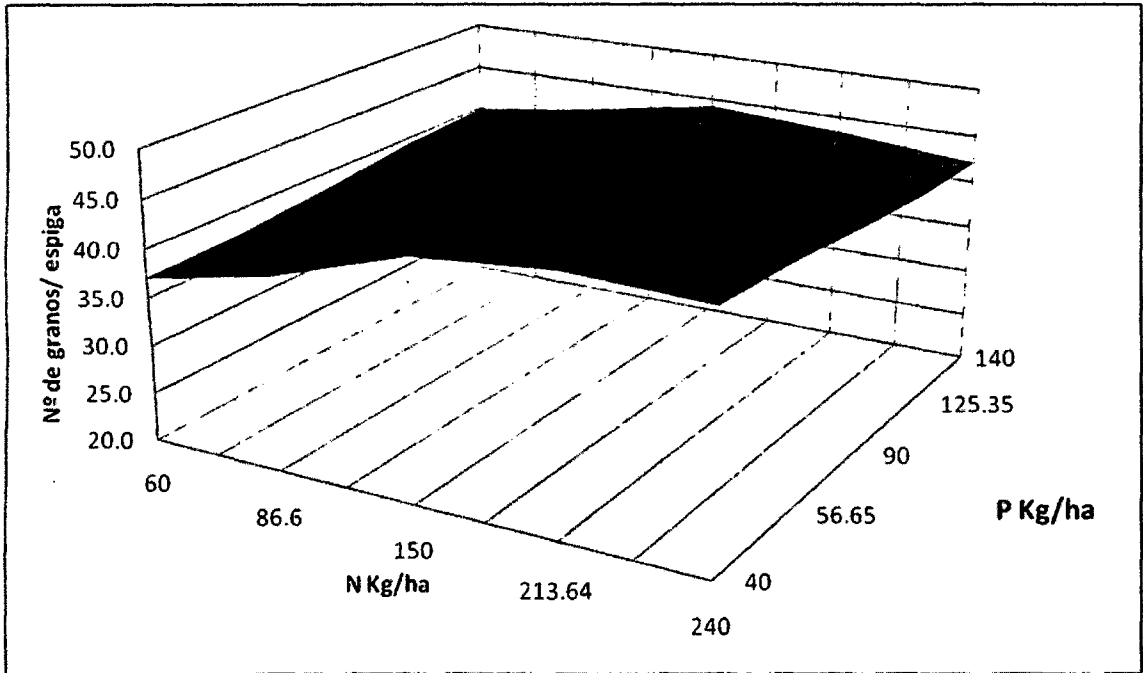
El número de granos/espiga es otra variable correlacionada con el rendimiento de grano, en el Cuadro 3.5 se observa una respuesta al uso de los niveles crecientes de nitrógeno y fósforo, para un mejor análisis de esta respuesta será más importante el estudio de la regresión.

**Cuadro 3.6      Análisis de variancia del número de granos/espigas del trigo variedad nazareno. Canaán 2750 msnm 2010.**

| F. Variación       | GL | SC     | CM     | Fc    | Pr>F      |
|--------------------|----|--------|--------|-------|-----------|
| N                  | 1  | 26.776 | 26.776 | 11.84 | 0.0063 ** |
| G                  | 1  | 0.0206 | 0.0206 | 0.01  | 0.9258 ns |
| N <sup>2</sup>     | 1  | 21.206 | 21.206 | 9.38  | 0.0120 *  |
| G <sup>2</sup>     | 1  | 0.132  | 0.132  | 0.06  | 0.8134 ns |
| N x G              | 1  | 2.247  | 2.247  | 0.99  | 0.3423 ns |
| Residual           | 10 | 22.615 | 674.33 |       |           |
| Falta de ajuste    | 3  | 14.615 | 4.872  | 4.263 | 0.052 ns  |
| Error experimental | 7  | 8.00   | 1.143  |       |           |
| Total              | 15 | 73.00  |        |       |           |

En el Análisis de variancia (Cuadro 3.6) se observa significación estadística para la aplicación del nitrógeno, tanto para la función lineal y cuadrática en el incremento del número de granos/espiga.

La falta de significación de la falta de ajuste, indica que los factores en estudio se ajustan al modelo estudiado en el presente experimento



**Gráfico 3.3 Superficie de respuesta del número del número de granos/ espigas a la cosecha del trigo variedad Nazareno. Canaán 2750 msnm.**

La superficie de respuesta del número de granos/espiga del Gráfico 3.3 muestra la tendencia del incremento de la variable indicada cuando el nivel de nitrógeno es creciente. Al nivel creciente de la fertilización fosforada se nota una mínima respuesta al incremento del número de granos/espiga. Un aumento de la dosis de fertilización nitrogenada da lugar a un aumento del número de espigas y número de granos por espiga y a un descenso del peso de los 1000 granos Fowler(1998).

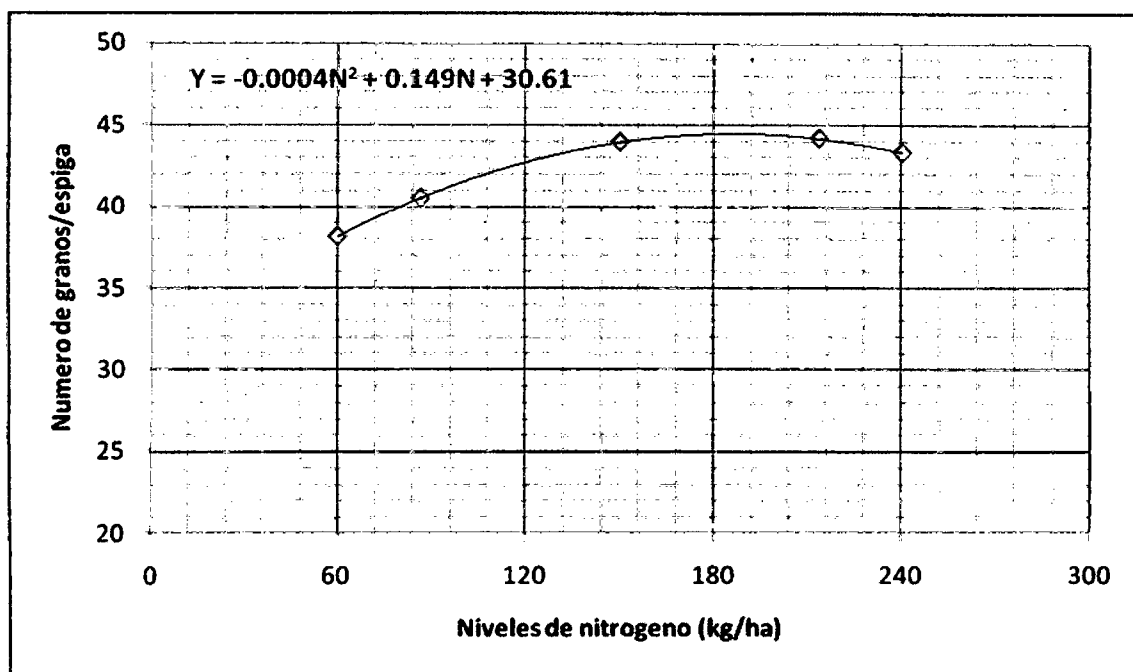
El número de granos/espiga obedece al siguiente modelo de regresión:

$$\hat{Y} = 27.109 + 0.179N + 0.0299P - 0.0004N^2 + 0.00010P^2 - 0.000333NP$$

### **3.2.2 EFECTO DEL NITRÓGENO Y EL NIVEL MEDIO DE FÓSFORO EN EL NÚMERO DE GRANOS/ESPIGA**

Como se observa en el Gráfico 3.4 la superficie de respuesta da un gran incremento en el número de granos/espiga, cuando se adiciona el nivel de nitrógeno hasta aproximadamente 150 kg/ha, para luego ser constante.

Sustituyendo por el nivel medio del fósforo ( $P = 90$  kg/ha) en el modelo de la regresión polinomial se obtiene la ecuación siguiente:



**Gráfico 3.4 Regresión del número de granos/espiga en el incremento de niveles de nitrógeno, en el nivel medio de fósforo. Canaán 2750 msnm**

En la ecuación la primera derivada nos proporciona el nivel óptimo para el nitrógeno. El valor encontrado es 186 kg/ha de nitrógeno y en 90 kg/ha de fósforo arroja el valor de 44.5 granos/espiga. La absorción del fósforo va ligada a la del nitrógeno, compensando los efectos de éste, al constituir un esqueleto (de escleroproteínas y fosfoproteínas) resistentes al encamado. El fósforo es un factor de precocidad, que acelera la maduración tras haber aumentado la fecundidad, lo cual se traduce en el rendimiento. En estudios realizados, se encuentra que la planta aprovecha bien el fósforo que se le pone a su disposición, ya que la mayor parte de él se encuentra luego en el grano; como no hay que temer los excesos de fósforo en el suelo, y la lixiviación solo tiene muy poco efecto sobre este elemento Prats y Clemment (1960).

Valer (2009), menciona que en la localidad de Canaán INIA, al probar nuevas líneas determinó la variable del número de granos por espiga en los cultivares estudiados, donde el genotipo Chil/ALD/PVN tiene el mayor valor (38 granos por espiga) superando estadísticamente a los cultivares Gavilán y Rinia, que alcanzaron el valor de 34 granos por espiga en promedio. Estos valores obtenidos con la fórmula de abonamiento máximo f3 (200 - 180 - 160 de NPK). Los valores encontrados en nuestro experimento son mayores, esto debido a

que la variedad Nazareno es un genotipo estable evaluado por muchos años en otras localidades.

### Rendimiento del grano de trigo

**Cuadro 3.7 Prueba de Tukey en el resultado de promedios del rendimiento de grano en t/ha en el trigo variedad Nazareno. Canaán 2750 msnm 2010.**

| Niveles de N | Niveles de P | Rdto (t/ha) | Prueba de Tukey(0.05) |
|--------------|--------------|-------------|-----------------------|
| 150.0        | 90.0         | 5.660       | a                     |
| 150.0        | 90.0         | 5.650       | a                     |
| 214.0        | 125.2        | 5.500       | a b                   |
| 150.0        | 90.0         | 5.483       | a b                   |
| 150.0        | 90.0         | 5.433       | a b                   |
| 150.0        | 40.0         | 5.417       | a b                   |
| 150.0        | 90.0         | 5.417       | a b                   |
| 150.0        | 90.0         | 5.317       | a b c                 |
| 150.0        | 140.0        | 5.250       | a b c d               |
| 150.0        | 90.0         | 5.250       | a b c d               |
| 150.0        | 90.0         | 5.250       | a b c d               |
| 214.0        | 54.7         | 5.017       | a b c d               |
| 86.4         | 125.2        | 4.800       | a b c d               |
| 86.4         | 54.7         | 4.783       | a b c d               |
| <b>240.0</b> | <b>140.0</b> | 4.733       | a b c d               |
| 240.0        | 90.0         | 4.333       | b c d                 |
| 60.0         | 90.0         | 4.033       | c d                   |
| <b>60.0</b>  | <b>40.0</b>  | 3.967       | d                     |

El rendimiento en los cultivos es la variable de mayor importancia y decisiva para tomar o rechazar un determinado tratamiento, el trigo variedad Nazareno es un genotipo seleccionado para soportar elevados niveles de fertilizantes básicamente el nitrogenado, esto por la arquitectura de la planta basada en los entrenudos cortos del tallo. En el Cuadro 3.7 se observa claramente la respuesta al abonamiento nitrogenado hasta un determinado nivel, para luego decrecer con un mayor nivel. Por otra parte los niveles bajos muestran los rendimientos menores. Las diferentes respuestas es mejor explicarlas mediante la regresión para un mejor análisis.

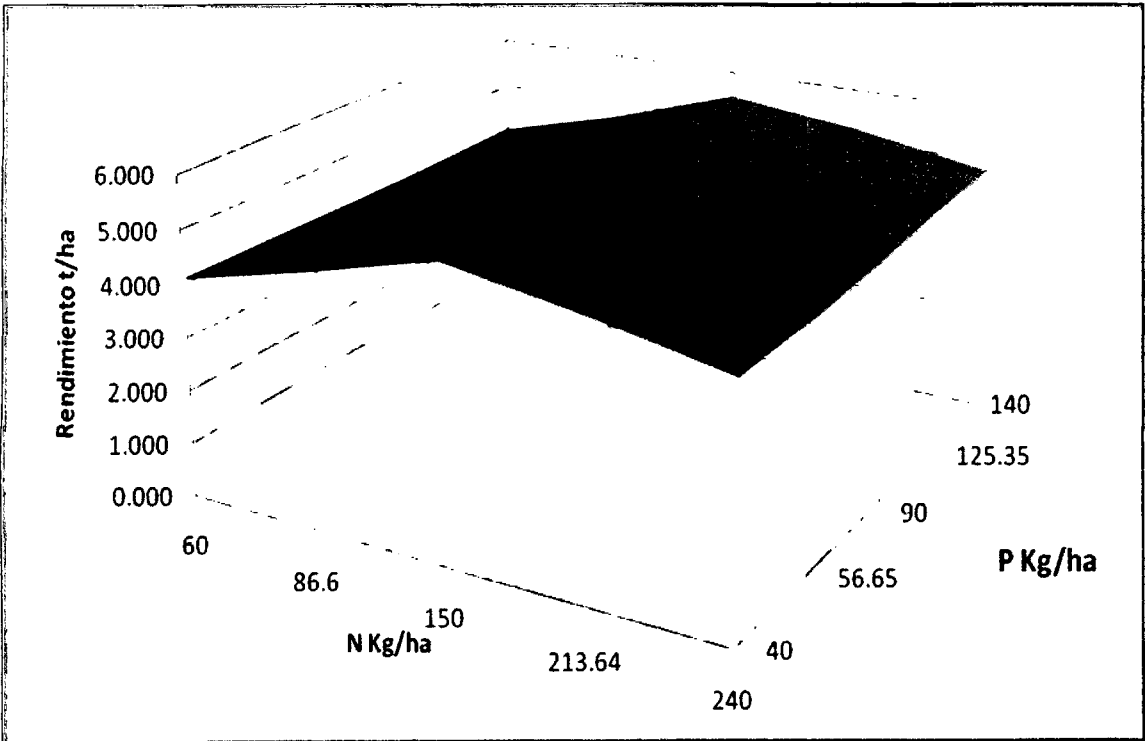
**Cuadro 3.8    Análisis de variancia del rendimiento de grano del trigo variedad nazareno con diferentes niveles de fertilización NP. Canaán 2750 msnm 2010.**

| F. Variación       | GL | SC    | CM     | Fc       | Pr>F      |
|--------------------|----|-------|--------|----------|-----------|
| N                  | 1  | 0.230 | 0.230  | 2.42     | 0.150 ns  |
| P                  | 1  | 0.008 | 0.008  | 0.09     | 0.768 ns  |
| N <sup>2</sup>     | 1  | 2.158 | 2.158  | 22.71    | 0.0008 ** |
| P <sup>2</sup>     | 1  | 0.024 | 0.024  | 0.26     | 0.623     |
| N x P              | 1  | 0.054 | 0.054  | 0.57     | 0.436 ns  |
| Residual           | 10 | 0.950 | 0.095  |          |           |
| Falta de ajuste    | 3  | 0.247 | 0.0825 | 0.821147 | 0.522 ns  |
| Error experimental | 7  | 0.703 | 0.1004 |          |           |
| Total              | 15 | 3.426 |        |          |           |

El cuadro 3.8 del ANVA nos muestra alta significación estadística para la función cuadrática del nitrógeno para el rendimiento de grano.

La falta de significación de la falta de ajuste, indica que los factores en estudio se ajustan al modelo estudiado en el presente experimento.

La superficie de respuesta del rendimiento (Gráfico 3.5) se muestra como una hoja doblada e inclinada levemente inclinada hacia los niveles altos de fósforo.



**Gráfico 3.5 Superficie de respuesta del rendimiento de trigo al 14 % de humedad. Canaán 2750 msnm. 2010.**

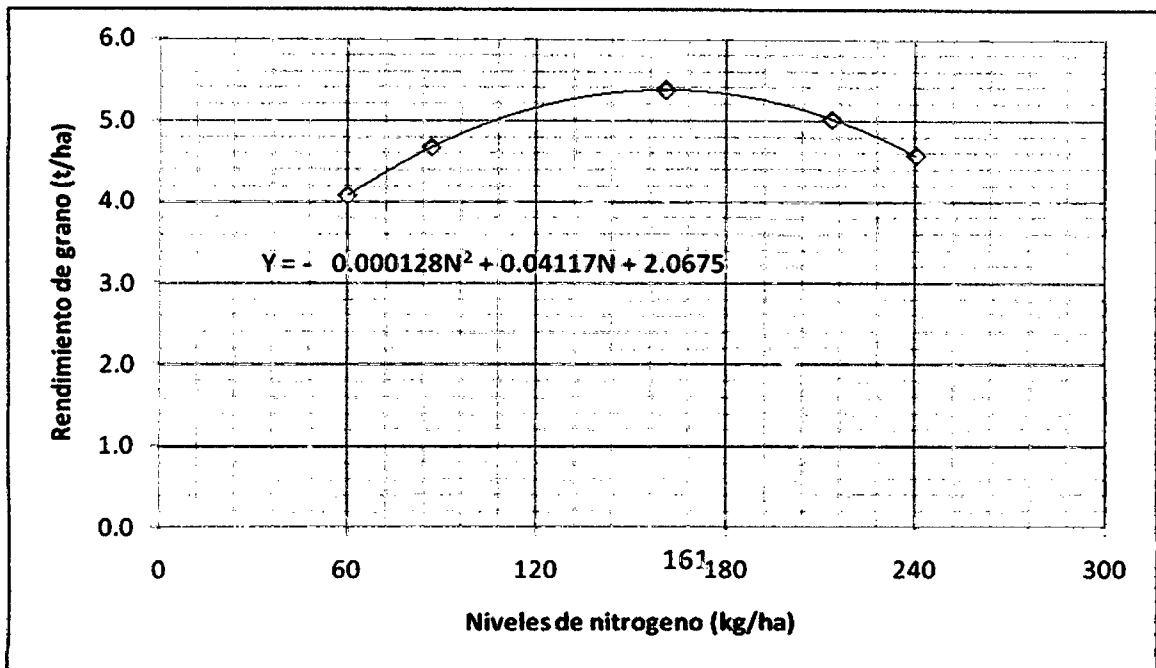
El rendimiento de grano en el trigo es la variable de mayor importancia, en ello radica el éxito de los tratamientos estudiados. Efectuando el análisis de variancia del rendimiento total de grano en  $\text{kg.ha}^{-1}$  (cuadro 3.5), nos muestra para el efecto de cultivares una diferencia significativa, mientras que se da una diferencia altamente significativa para las fórmulas de abonamiento y para la interacción de cultivares por fórmulas. Esto nos permite el estudio de los efectos simples.

La prueba de contraste Tukey efectuado en el gráfico 3.6, se observa que la mejor respuesta en el rendimiento se obtiene con el cultivar Chil/ALD/PVN con la fórmula de abonamiento f3 (200-180-160 de NPK)) que arroja un valor de  $4083.5 \text{ kg.ha}^{-1}$ , seguido del cultivar Gavilán que produjo  $3788.9 \text{ kg.ha}^{-1}$ , pero sin diferencia estadísticas entre estos cultivares; con el cultivar Rinia se obtuvo un rendimiento de  $3536.1 \text{ kg.ha}^{-1}$ .

### **3.2.3 EFECTO DEL NITRÓGENO Y EL NIVEL MEDIO DE FÓSFORO EN EL NÚMERO DE GRANOS/ESPIGA**

Como se observa en el Gráfico 3.6 la superficie de respuesta da un gran incremento en el número de granos/espiga, cuando se adiciona el nivel de nitrógeno hasta aproximadamente  $150 \text{ kg/ha}$ , para luego ser constante.

Sustituyendo por el nivel medio del fósforo ( $P = 90 \text{ kg/ha}$ ) en el modelo de la regresión polinomial se obtiene la ecuación siguiente:



**Gráfico 3.6 Regresión del rendimiento de grano (t/ha) con el incremento de niveles de nitrógeno, en el nivel medio de fósforo. Canaán 2750 msnm. 2010.**

En el Gráfico 3.6 nos muestra la tendencia del rendimiento en los diferentes niveles de la fertilización nitrogenada, la función cuadrática es explicada debido a que el nitrógeno da lugar a un aumento del número de espigas y número de granos por espiga, pero a medida que se incrementa los niveles de fertilización existe un descenso del peso de los 1000 granos.

La primera derivada de la ecuación de regresión proporciona el nivel óptimo del rendimiento del grano del trigo en función de los niveles de fertilización nitrogenada, este valor es de 161 kg/ha de N que proporciona 5.380 t/ha de grano de trigo en la dosis media de fósforo.

Valer (2009), menciona que al emplear la fórmula de abonamiento F2 (140 - 150 - 120 de NPK), la variedad Gavilán, Rinia y Child presentaron 3533.3, 3416.7 y 3130.6 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente sin denotar diferencias estadísticas entre estos cultivares. De igual forma al utilizar la fórmula de abonamiento F1 (120-90-100 de NPK) los cultivares Gavilán y Rinia alcanzaron a producir 3116.7 y 2838.9 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, sin demostrar diferencias estadísticas entre ambos, sin embargo, el cultivar Child es la que produjo solamente 2352.8 kg.ha<sup>-1</sup> de granos. Estos valores se relacionan con la variable número de tallos/m<sup>2</sup>. Los rendimientos de grano en el presente

experimento son superiores.

Ogosi (2004), afirma que en estudios realizados, reporta que la línea Rinia obtiene un rendimiento de  $4000 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  con un nivel de abonamiento de 120 - 70 - 100 de NPK, a una densidad de  $120 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y a un distanciamiento entre surcos de 0.20m. Este resultado es menor al obtenido en el presente trabajo.

Contreras (2004), reporta en estudios realizados un rendimiento de 3693.80 y  $3219.80 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  para la variedad Gavilán y la línea Rinia respectivamente. Así también reporta que estas variedades han mostrado resistencia a las enfermedades, especialmente al ataque de la roya. Esto se confirmó en el presente trabajo ya que no se produjo presencia de roya en las parcelas experimentales.

Comparando los resultados obtenidos por Ogosi (2004) y Contreras (2004), con los obtenidos en el presente trabajo, se puede afirmar que el parámetro de rendimiento de grano está influenciado fuertemente por la época de siembra, los factores climáticos y la fertilización.

Jacob (1961), menciona que la fertilización unilateral del nitrógeno puede conducir, sin embargo al encamado, al aumento de la susceptibilidad, al ataque de enfermedades y al detrimento de la calidad. Estos peligros pueden prevenirse, hasta cierto punto, por medio de una apropiada fertilización PK de fondo, la cual tiene también la ventaja de asegurar los rendimientos.

Poehlman (1976) dice que el rendimiento es influenciado por todas las condiciones ecológicas que afectan el crecimiento de la planta, así como la herencia; además, la capacidad intrínseca del rendimiento puede quedar expresada por características morfológicas de la planta como el macollaje, tamaño densidad de la espiga, el número de granos por espiguilla o el tamaño del grano. Sin embargo, estos componentes físicos del rendimiento, no pueden actuar aislados como índices del rendimiento unitario sino como expresión de la interacción de 3 variables: El número de espigas por unidad de superficie, el número de granos por espiga y el peso medio por grano.

Prats y Clemment (1960) y Biblioteca Agropecuaria (1970) informan que las flores fértiles dependen de la evapotranspiración potencial, el cual influye en

el número de granos que se forma a partir de la espiguilla. La evapotranspiración elevada debilita la fotosíntesis de las últimas hojas y de la espiga, el cual disminuye el peso de mil granos y por ende el rendimiento.

Noriega (1995), reporta rendimientos para la variedad Andino INIAA y Gavilán, de 4922.5, 4677.0, respectivamente. En el presente ensayo se encontró para las respectivas variedades 3812.0 y 3693.80. Esta baja productividad se debe a la presencia de malezas, especialmente la cebadilla que se presentó en forma localizada en el campo de cultivo, durante toda la campaña. Las malezas compitieron con el cultivo por espacio, reduciendo la densidad de los tallos por unidad de superficie, en los lugares donde eran más numerosas. Esta infestación localizada puede haber originado las diferencias en cuanto al rendimiento. En el presente experimento se presentó competencia inespecífica entre la cebada la cual se eliminó en forma manual al inicio del espigado.

Varios experimentos de recuperación de nitrógeno han informado pérdidas del 20 a 50 % de la fertilización nitrogenada en trigo, a pesar de que su dotación se hace en dos períodos (siembra y macolla), estas pérdidas atribuidas a los efectos combinados de desnitrificación, volatilización y lixiviación (Raun y Johnson, 1999). Modificar el momento y la forma de aplicación del N incide en un mejoramiento en la eficiencia de absorción.

La región de Araucanía en Chile posee la más grande superficie de cultivo de trigo con más de 259,070 ha, con el más alto rendimiento promedio de 4.35 t/ha (CODEPA, 2005). Sobre el cultivar Dollinco, trigo de alto rendimientos, semi enano y que para expresar su productividad se han utilizado altos niveles de abonamiento nitrogenado. Durante las campañas del 2003 y 2004 se han obtenido los siguientes promedios de rendimiento de grano para los niveles de nitrógeno de 0, 150, 200, 250 y 300 kg se obtuvieron los rendimientos de 3.05, 8.15, 8.63, 9.04 y 9.04 t/ha, la aplicación del fertilizante fue en cuatro etapas la primera a la siembra (10 %), la segunda al macollamiento en tres macollos (30 %) la tercera al final del macollamiento (30 %) y la última en la elongación del tallo cuando presentaban 2 nudos completando con el 30% de N (Campillo y Jobet, 2005). Este resultado nos demuestra una gran respuesta al fraccionamiento de la fertilización nitrogenada con el beneficio del incremento de la producción y la calidad del grano.

Sulca (2009), menciona que en Canaán obtiene los rendimientos en el trigo variedad Nazareno, 6075 y 5007 kg/ha con los siguientes niveles de fertilización nitrogenada de 60-60-60 y 40-50-50 en tres períodos de fertilización: a la siembra, pleno macollaje y elongación de tallo. En nuestro experimento también se obtienen rendimientos similares.

**Índice de Cosecha**

**Cuadro 3.9 Prueba de promedios del índice de cosecha (%) en el trigo variedad Nazareno. Canaán 2750 msnm 2010.**

| N    | P      | Índice de cosecha (%) | Tukey(0.05) |
|------|--------|-----------------------|-------------|
| 240  | 140    | 26.00                 | a           |
| 214  | 54.65  | 25.33                 | a b         |
| 214  | 125.15 | 25.00                 | a b         |
| 150  | 140    | 25.00                 | a b         |
| 150  | 90     | 25.00                 | a b         |
| 150  | 90     | 25.00                 | a b         |
| 150  | 90     | 25.00                 | a b         |
| 150  | 40     | 24.67                 | a b         |
| 150  | 90     | 24.67                 | a b         |
| 240  | 90     | 24.33                 | a b         |
| 150  | 90     | 24.00                 | a b         |
| 150  | 90     | 24.00                 | a b         |
| 150  | 90     | 24.00                 | a b         |
| 150  | 90     | 23.50                 | b c         |
| 86.4 | 125.15 | 21.67                 | c d         |
| 86.4 | 54.65  | 20.67                 | d           |
| 60   | 40     | 20.67                 | d           |
| 60   | 90     | 20.33                 | d           |

En el Cuadro 3.9 se observa que los tratamientos con menor nivel de nitrógeno muestran una menor relación del índice de cosecha, la diferencia entre los promedios de los tratamientos indica la respuesta a la fertilización. Estos valores si bien de menor valor comparado con otros resultados, se deben a que en el presente experimento como biomasa se ha incluido al peso de la paja, el peso de rastrojo de las inflorescencias y la raíz.

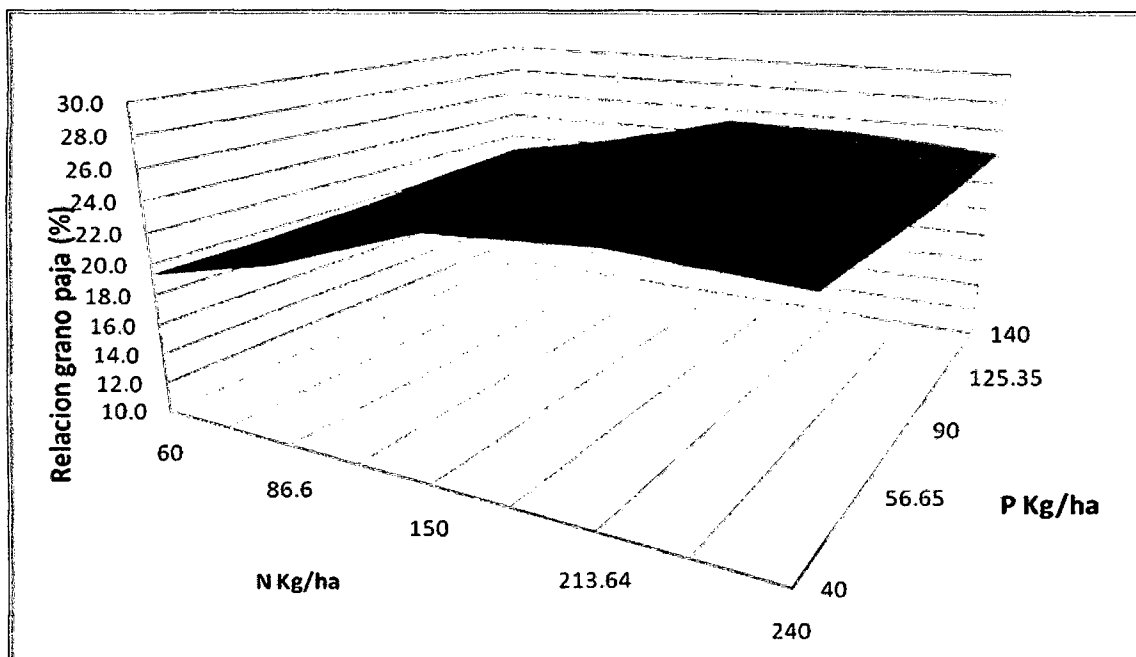
**Cuadro 3.10    Análisis de variancia del índice de cosecha del trigo variedad nazareno. Canaán 2750 msnm 2010.**

| F. Variación       | GL | SC     | CM     | Fc     | Pr>F      |
|--------------------|----|--------|--------|--------|-----------|
| N                  | 1  | 20.002 | 20.002 | 80.670 | <.0001 ** |
| G                  | 1  | 0.126  | 0.126  | 0.510  | 0.4912 ns |
| N <sup>2</sup>     | 1  | 13.796 | 13.796 | 55.640 | <.0001 ** |
| P <sup>2</sup>     | 1  | 0.283  | 0.283  | 1.140  | 0.3106 ns |
| N x P              | 1  | 0.250  | 0.250  | 1.010  | 0.3388 ns |
| Residual           | 10 | 2.479  | 0.248  |        |           |
| Falta de ajuste    | 3  | 0.479  | 0.160  | 0.559  | 0.659 ns  |
| Error experimental | 7  | 2.000  | 0.286  |        |           |
| Total              | 15 | 36.938 |        |        |           |

En el Análisis de variancia (Cuadro 3.10), se observa significación estadística para la aplicación del nitrógeno, tanto para la función lineal y cuadrática en el aumento del índice de cosecha por el incremento de la fertilización nitrogenada.

La falta de significación de la falta de ajuste, indica que los factores en estudio se ajustan al modelo estudiado en el presente experimento.

La variedad Nazareno se ha seleccionado por su arquitectura, tamaño de la planta, entrenudos cortos y de buena longitud de la espiga. Estas características favorecen la aplicación de niveles altos de fertilización nitrogenada sin que exista el peligro del tumbado.



**Gráfico 3.7 Superficie de respuesta del índice de cosecha del trigo variedad Nazareno. Canaán 2750 msnm. 2010.**

Se puede observar un incremento en la relación peso de grano y biomasa por el efecto de la adición de fertilización nitrogenada (Gráfico 3.7). Es de importancia conocer el índice de cosecha, debido a que nos indica el potencial del genotipo en formar grano en relación a la biomasa.

La ecuación de predicción de la regresión de superficie de respuesta es:

$$\hat{Y} = 12.878 + 0.132N - 0.00686P - 0.000323N^2 + 0.000150P^2 - 0.0001112NP$$

El mejor resultado del índice de cosecha se alcanza con la fertilización de 213.64 kg/ha de N y 40 kg/ha de P. Este resultado se obtiene mediante la interpolación de niveles de nitrógeno y los niveles de fósforo, el valor que se obtiene es de 25.35 %. Este valor nos indica que la cuarta parte del peso total de biomasa es grano y la tres cuartas partes es paja (en esta se incluye los rastrojos de la inflorescencias). El incremento de esta relación es mínima cuando se adiciona más niveles de fósforo

El índice de cosecha nos muestra la eficiencia de este cultivo en formar grano en relación con la biomasa.

Noriega (1995), reporta parámetros de índice de cosecha de 31.00%, y 28.23% para las variedades Andino-INIAA y Gavilán respectivamente, en el presente trabajo se encontró valores por debajo de los mencionados.

Cárdenas (1999), reporta índices de cosecha para Wari INIAA 26.34%, Gavilán 31.97% y andino INIAA con 30.16%.

Poostchi citado por Huaraca (1985), informa que el índice de cosecha de una variedad de cereal puede ser modificado en dos formas: a) Por falta de agua, especialmente si ocurre después de la antesis y b) La aplicación de nitrógeno lleva a un crecimiento del índice de cosecha.

### **3.3 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL TRIGO**

En el Cuadro 3.11 se muestra los datos de las variables relacionadas con la calidad del trigo dentro de un análisis descriptivo, los valores peso hectolítrico, peso de 1000 semillas y el porcentaje de proteína, tienen los valores más altos en los tratamientos con mayores niveles de fertilización. Estos resultados se corroboran con otros trabajos que mencionamos a continuación.

Sulca (2009) menciona que los valores del número de granos/espiga, el promedio del peso de granos y el porcentaje de proteína tienen mayores valores en los tratamientos con períodos de fertilización de tres etapas: siembra, macollo e inicio de elongación de tallos (2 nudos). Esto demuestra una respuesta al fraccionamiento de la fertilización nitrogenada.

Echevarría y Suceder (1998), después de varios trabajos experimentales y de campo aseveran que el incremento del contenido de proteína del grano del trigo, trae aparejados un incremento en el contenido del gluten. Valores de proteína del 13% proveen al trigo características de elasticidad en el gluten, lo cual atribuye una buena calidad panadera. El manejo de la fertilización nitrogenada con la fertilización temprana (siembra y macollaje) con la fertilización en la espigación, ha demostrado ser una herramienta eficaz en el aumento del porcentaje proteico de los granos en el trigo.

El Proyecto Fertilizar (2003), menciona que el contenido de proteínas del grano, y por consiguiente su calidad panadera, están influenciados tanto por factores genotípicos (variedad) como por factores ambientales. Dentro de estos últimos, la nutrición nitrogenada y azufrada son dos factores

extensamente estudiados por su impacto sobre la calidad y además son factibles de ser manejados y controlados.

Dentro del manejo de la fertilización nitrogenada, es muy importante tener en cuenta las interacciones entre nitrógeno (N) disponible en el suelo y rendimiento. Es posible describir tres fases en esa relación (Figura 1).

Con una reducida oferta de N disponible en el suelo, incrementos en la disponibilidad de N producen aumentos en el rendimiento y caídas en el porcentaje de proteínas, comúnmente denominado *efecto de dilución*. Luego, en una segunda fase, aumentos en los niveles de N en el suelo producen incrementos tanto en el rendimiento como en el porcentaje de proteína en grano. En la última fase, de estabilización, las variaciones en el rendimiento y el contenido de proteínas del grano fluctúan escasamente ante cambios en la oferta edáfica de N.

El hecho de repartir la dosis de fertilizante en tres aportes (en lugar de dos) no sólo permite atenuar las pérdidas de nitrógeno por lixiviación y por emisión de gas, sino que los efectos beneficiosos llegamos a afirmar por nuestros resultados que una dosis menor, más repartida a lo largo del tiempo, es capaz de mejorar la calidad del grano. El tratamiento de 140 kg de nitrógeno por hectárea repartido en tres aportes consigue la misma calidad de harina que la aplicación de 180 kg por hectárea en dos fases.

**Cuadro 3.11    Calidad del grano de trigo variedad Nazareno con diferentes niveles de NP. Canaán 2750 msnm 2010.**

| Trata      | Nivel de fertilización<br>Kg/ha |       | Peso<br>hectolítrico | Peso<br>1000 semillas | Proteína<br>% |
|------------|---------------------------------|-------|----------------------|-----------------------|---------------|
|            | N                               | P     |                      |                       |               |
| T1         | 86.4                            | 54.7  | 76.88                | 40.2220               | 13.5          |
| T2         | 86.4                            | 125.2 | 76.45                | 41.5396               | 13.3          |
| T3         | 213.6                           | 54.7  | 77.15                | 42.5689               | 13.6          |
| T4         | 213.6                           | 125.2 | 77.20                | 42.8556               | 13.7          |
| T5         | 60                              | 90    | 76.85                | 39.8777               | 13.2          |
| T6         | 240                             | 90    | 77.25                | 42.5558               | 13.5          |
| T7         | 150                             | 40    | 77.25                | 42.2553               | 13.6          |
| T8         | 150                             | 140   | 77.26                | 42.6222               | 13.5          |
| T. Central | 150                             | 90    | 77.45                | 42.6588               | 13.7          |
| T17        | 240                             | 90    | 77.15                | 42.1333               | 13.5          |
| T18        | 60                              | 140   | 76.95                | 40.2150               | 13.4          |

3.4 RENTABILIDAD DE LOS TRATAMIENTOS

El análisis económico del rendimiento en grano del trigo al 14% de humedad de los 18 tratamientos estudiada se presenta en el Cuadro 3.3.1, los mismos que han sido realizados teniendo en cuenta los costos de producción y los ingresos por ventas correspondientes (Anexo 1). La mayor utilidad se obtuvo con los tratamientos que recibieron la formula de fertilización 150-40, 86.4-54.7 y 150-90 de N-P, en los tres casos alcanzan una rentabilidad de 258.8%, 251.8% y 225.9%. Esto nos demuestra la respuesta de la fertilización nitrogenada, pero repartidos en tres etapas del desarrollo del cultivo (siembra, macollo e inicio de elongación del tallo).

Cuadro 3.12 Rentabilidad de de la producción de trigo (kg/ha) en los tratamientos. Canaán 2750 msnm 2010

| Trata     | Nivel de fertilización Kg/ha |       | Costo Prod. | Rdto t/ha | Precio Unit. Kg | Valor de Venta S/ | Utilidad Bruta S/ | Rentab. % |
|-----------|------------------------------|-------|-------------|-----------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------|
|           | N                            | P     |             |           |                 |                   |                   |           |
| T1        | 86.4                         | 54.7  | 1631.3      | 4.783     | 1.20            | 5739.60           | 4108.30           | 251.8%    |
| T2        | 86.4                         | 125.2 | 1856.5      | 4.800     | 1.20            | 5760.00           | 3903.50           | 210.3%    |
| T3        | 213.6                        | 54.7  | 2087.0      | 5.017     | 1.20            | 6020.40           | 3933.40           | 188.5%    |
| T4        | 213.6                        | 125.2 | 2312.1      | 5.500     | 1.20            | 6600.00           | 4287.90           | 185.5%    |
| T5        | 60.0                         | 90.0  | 1650.0      | 4.033     | 1.20            | 4839.60           | 3189.60           | 193.3%    |
| T6        | 240.0                        | 90.0  | 2294.0      | 4.333     | 1.20            | 5199.60           | 2905.60           | 126.7%    |
| T7        | 150.0                        | 40.0  | 1814.6      | 5.417     | 1.20            | 6500.40           | 4685.80           | 258.2%    |
| T8        | 150.0                        | 140.0 | 2130.9      | 5.250     | 1.20            | 6300.00           | 4169.10           | 195.6%    |
| T. Centro | 150.0                        | 90.0  | 1972.0      | 5.356     | 1.20            | 6427.20           | 4455.20           | 225.9%    |
| T17       | 240.0                        | 140.0 | 2294.0      | 4.733     | 1.20            | 5679.60           | 3385.60           | 147.6%    |
| T18       | 60.0                         | 40.0  | 1808.9      | 3.967     | 1.20            | 4760.40           | 2951.50           | 163.2%    |

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Conclusiones**

- 1 Por el efecto de los tratamientos no se observa diferencias en las variables de precocidad; el inicio de madurez fisiológica se inicia a los 92 días y la cosecha se efectuó a los 135 días.
- 2 A mayor dosis de nitrógeno el número de espigas/m<sup>2</sup> se incrementa hasta el nivel de 181 kg/ha de nitrógeno que viene a ser el óptimo, para un nivel de 90 kg/ha de fósforo Y 100 kg/ha de potasio. Este nivel proporciona 632 espigas/m<sup>2</sup>.
- 3 El nivel óptimo del rendimiento del grano del trigo en función de los niveles de fertilización nitrogenada es de 161 kg/ha de N que proporciona 5.380 t/ha de grano de trigo en la dosis media de fósforo (90 Kg/ha) y 100 kg/ha de potasio.
- 4 El mejor resultado del índice de cosecha se alcanza con la fertilización de 213.64 kg N /ha y 40 kg P/ha. Este resultado se obtiene mediante la interpolación de niveles de nitrógeno y los niveles de fósforo, el valor que se obtiene es de 25.35 %. Este incremento de esta relación es mínima cuando se adiciona más niveles de fósforo.

- 5 En cuanto a la evaluación de la calidad del grano se encontró diferencia no significativa en los caracteres evaluados.
- 6 La mayor utilidad se obtuvo con los tratamientos que recibieron la fórmula de fertilización 150-40, 86.4-54.7 y 150-90 de N-P, en los tres casos alcanzan una rentabilidad de 258.8%, 251.8% y 225.9%. Esto demuestra la respuesta a la fertilización nitrogenada, pero repartidos en tres etapas del desarrollo del cultivo (siembra, macollamiento y elongación del tallo).

#### **4.2 Recomendaciones:**

- 1 Utilizar fertilización nitrogenada de 161 kg/ha de N que proporciona 5.380 t/ha de grano de trigo en la dosis media de fósforo que es de 90 kg/ha y 100 kg/ha de K.
- 2 La fertilización nitrogenada deberá ser proporcionadas al cultivo en tres periodos, siembra, macollaje y elongación de tallo.
- 3 Incluir el cultivo de trigo dentro del sistema de producción a fin de mejorar ingresos, debido a que se muestra como una actividad rentable. Bajo condiciones de riego merece invertir en la cantidad de insumos recomendados.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación **“NIVELES DE NP EN EL RENDIMIENTO DE TRIGO (*Triticum aestivum* L) VARIEDAD NAZARENO. CANAAN 2750 msnm- AYACUCHO”** fue conducido en la Estación Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. Se evaluaron las variables de rendimiento del trigo variedad Nazareno mediante el Diseño Central Rotable Ortogonal. El mismo que permite evaluar cinco niveles de cada factor de fertilización N-P.

Los niveles ensayados fueron: N1:60.00, N2:86.60, N3:150, N4:213.64, N5:240.00; P1:40, P2:56.65, P3:90, P4:125.35, P5:140.00

La siembra se realizó el 10 de abril del 2010 y la cosecha se realizó el 24 de agosto del mismo año. Las variables estudiadas fueron número de espigas /m<sup>2</sup>, número de granos/espiga, rendimiento de grano y el índice de cosecha por el efecto de los tratamientos. Los objetivos del presente experimento fueron: a) Evaluar la respuesta de los diferentes niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo en la calidad del trigo b) Determinar el óptimo de producción de los niveles de fertilización nitrogenada y fosforada en el rendimiento bajo la técnica de la superficie de respuesta y c) Determinar la rentabilidad de los tratamientos establecidos.

Las conclusiones a las que se arribó se pueden enumerar en lo siguiente:

1. Por el efecto de los tratamientos no se observa diferencias en las variables de precocidad; el inicio de madurez fisiológica se inicia a los 92 días y la cosecha se efectuó a los 135 días.
2. A mayor dosis de nitrógeno el número de espigas/m<sup>2</sup> se incrementa hasta el nivel de 181 kg/ha de nitrógeno que viene a

ser el óptimo, para un nivel de 90 kg/ha de fósforo Y 100 kg/ha de potasio. Este nivel proporciona 632 espigas/m<sup>2</sup>. 3. El nivel óptimo del rendimiento del grano del trigo en función de los niveles de fertilización nitrogenada es de 161 kg/ha de N que proporciona 5.380 t/ha de grano de trigo en la dosis media de fósforo (90 Kg/ha) y 100 kg/ha de potasio. 4. El mejor resultado del índice de cosecha se alcanza con la fertilización de 213.64 kg N /ha y 40 kg P/ha. Este resultado se obtiene mediante la interpolación de niveles de nitrógeno y los niveles de fósforo, el valor que se obtiene es de 25.35 %. El incremento de esta relación es mínima cuando se adiciona más niveles de fósforo. 5. En cuanto a la evaluación de la calidad del grano no se encontró diferencia significativa en los caracteres evaluados. 6. La mayor utilidad se obtuvo con los tratamientos que recibieron la fórmula de fertilización 150-40, 86.4-54.7 y 150-90 de N-P, en los tres casos alcanzan una rentabilidad de 258.8%, 251.8% y 225.9%. Esto demuestra la respuesta a la fertilización nitrogenada, pero repartidos en tres etapas del desarrollo del cultivo (siembra, macollamiento y elongación del tallo).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Biblioteca Agropecuaria 1970. Los cereales. Edit. Mercurio S.A. Lima-Perú.
2. Bragach, M. y Méndez, A. 2004. Siembra de trigo con sembradora-abonadora. Proyecto agricultura de precisión. INTA Manfreda. Córdoba- Argentina.
3. Campillo, R. y Jobet, F. 2005. Fertilización nitrogenada para trigo de alto rendimiento potencial en Andisoles de la Región de la Araucanía Chile.
4. Cárdenas. C. M. 1999. Estudio Preliminar del uso de stocksorb en el rendimiento, de 5 variedades de trigo (*triticum sativum* L.) Ñahuinpuquio, a 2920 msnm. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNSCH. Ayacucho-Perú.
5. Contreras, J 2004. Comparativo de cinco variedades de trigo Harinero ( *Triticum aestivum* ) Canaán 2750 msnm Ayacucho. Tesis Ingeniero Agrónomo – UNSCH. Ayacucho-Perú.
6. Condori, R.F. 1991. Rendimiento y calidad panadera de 4 entradas y 2 variedades de trigo (*triticum sativum*) en dos épocas de siembra en Canaán a 2750 msnm. Tesis. De Ingeniero. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho Peru.
7. Enciclopedia Practica De La Agricultura y La Ganadería, 1999. Edit. OCEANO/CENTRUM, Barcelona-España.
8. Fuertes, M. 2005. Fisiología del Cultivo de Trigo y Calidad Bajo Diferentes Períodos de Fertilización Nitrogenada. Universidad Técnica de Navarra- España
9. Galdos, M. 2007. La Problemática del Trigo. Sub Director Regional de la Asociación de Trigo de los Estados Unidos (U.S. Wheat Associates).
10. Granotec Perú S.A. 2008. III Informe de Cosecha de trigo Peruano ICCT 2008” Lima- Perú.

11. Gispert, C.R. 1984. Biblioteca Práctica Agrícola y Ganadera., Océano- Éxito. Barcelona.
12. Guerrero, A.H. 1987. Cultivos Herbáceos extensivos. Edit. Mundi prensa. España.
13. Huallanca, P.J. 1985. Comparativo de 30 variedades de trigo cristalino (*triticum vulgare*) en Canaán a 2750 msnm. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNSCH. Ayacucho-Perú.
14. Huaraca, L.O. 1987. Efecto de déficit de agua entre fases fonológicas con tres formulas de fertilización sobre el rendimiento de trigo (*triticum sativum*), variedad Ollanta a 238 msnm. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNSCH. Ayacucho –Perú.
15. Ibañez, A. y Aguirre, Y. 1983. Manual de Prácticas de Fertilidad de Suelos. Programa Académico de Agronomía. UNSCH, Ayacucho-Perú.
16. INIA. 2007. Trigo El Nazareno 411. Investigación para el desarrollo. Nota de Prensa 058-2007-INIA-PW.
17. Jara V. J. 1993. Cultivo de trigo en la sierra del Perú Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) Lima-Perú.
18. Montero, O. R. 1993. Estudio Factorial en dos sistemas, 3 densidades de siembra con tres formulas de abonamiento para el rendimiento de trigo (*triticum sativum*). Variedad Mexi 3 en Canaán a 2750 msnm. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNSCH. Ayacucho-Perú.
19. Noriega, K.G. 1995. Evaluación del rendimiento y otras características de 25 líneas en trigo harinero en la Costa Central. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima - Perú.
20. Ogoji, C. R. 2004. Evaluación de Factores que correlacionan con el rendimiento de 5 líneas de trigo (*triticum vulgare*). Canán 2750 msnm. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNSCH. Ayacucho-Perú.
21. Palomino A. C. 1997. Evaluación del rendimiento de tres entradas y una variedad de trigo (*Triticum aestivum*) en tres densidades de siembra Canaán 2750 msnm. Tesis Ingeniero Agrónomo UNSCH. Ayacucho-Perú.

22. Parsons, D. L. 1989. Trigo, cebada, avena. Manual para educación agropecuaria Edit. Trillas. México.
23. Parodi, P. y Romero, L. 1991. Producción de trigo primaveral en el Perú. FAO. Manual Técnico. Lima-Perú
24. Pohelman, J.M. 1976. Mejoramiento genético de las cosechas. Edit. Limusa S.A. México.
25. Prats, J. y Clemment, M. 1960. Los cereales. Edit. Mundi prensa. Madrid-España.
26. Proyecto Fertilizar 2003. Como lograr más proteína en el trigo. En: Revista Chacra. Año 73 N° 872. Argentina.
27. Quintero C. 2007. Eficiencia del Uso del Nitrógeno en Trigo y Maíz en la Región pampeana Argentina. Info Agro.
28. Rodríguez, J. 1988. Fertilización del cultivo de trigo. In PC. Parodi Manejo Tecnológico, costos, comercialización, calidad, procesamiento e investigación. Departamento de Ciencias Vegetales. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile.
29. Sinha, S. P. 1980. Comparación de precisión y sesgo de algunos Diseños Experimentales de superficie de respuesta. Publicación 80-01, I.E.A.C., U.L.A. Perú
30. Sulca, P. R. 2009. Producción y calidad del grano de trigo (*Triticum aestivum* L) bajo diferentes periodos de fertilización nitrogenada. Canaán 2750 msnm – Ayacucho. Tesis Ingeniero Agrónomo UNSCH. Ayacucho-Perú.
31. Solier, V. J. 2009. Efecto del abonamiento en la calidad harinera de tres cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en canaán a 2720 msnm. Ayacucho. Tesis Ingeniero Agrónomo UNSCH. Ayacucho- Perú.

### **WEB SITES VISITADOS**

1. <http://www.aaprotrigo.org/calidad%20panadera/gluten.htm>. Visitado el 15/05/2010.
2. <http://www.cosemex.com.mx/Trigo.htm>. Visitado el 30/10/2010.

3. <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>. Visitado el 30/10/2010.
4. <http://www.inta.gov.ar/balcarce/noticias/2009/Fertilizaci%C3%B3n.htm>. Visitado el 18/11/2010.
5. <http://www.inta.gov.ar/mjuarez/info/documentos/Trigo/clasiva04.htm>. Visitado el 20/11/2010.
6. <http://www.roagro.com.ar/upload/varios/Parámetros%20Calidad%20del%20Trigo.doc>. Visitado el 20/11/2010.
7. [WWW.apades.org/cultivos/trig.htm](http://WWW.apades.org/cultivos/trig.htm). Visitado el 21/11/2010.

## **ANEXOS**

Cuadro 1A Costos de producción de una hectárea de trigo Nazareno

| Descripción                                              | Unid  | Cant  | Valor<br>Unit.<br>s/. | Sub Total<br>s/. | Total<br>s/.         |
|----------------------------------------------------------|-------|-------|-----------------------|------------------|----------------------|
| <b>I. GASTOS DEL CULTIVO</b>                             |       |       |                       |                  | <b><u>509.0</u></b>  |
| <b>1. Preparación del terreno</b>                        |       |       |                       | <b>175.0</b>     |                      |
| - Roturación del terreno                                 | H/M   | 5     | 35                    |                  |                      |
| <b>2. Siembra</b>                                        |       |       |                       | <b>85.0</b>      |                      |
| - Aplicación de fertilizantes y distribución de semillas | Jorn  | 1     | 15                    | 15.0             |                      |
| - Tapado de semillas                                     | H/M   | 2     | 35                    | 70.0             |                      |
| <b>3. Labores culturales</b>                             |       |       |                       | <b>65.0</b>      |                      |
| - 2 <sup>do</sup> abonamiento                            | Jorn  | 1     | 15                    | 15.0             |                      |
| - Deshierbos (herbicida)                                 | litro | 1     | 50                    | 50.0             |                      |
| <b>4. Cosecha</b>                                        |       |       |                       | <b>184.0</b>     |                      |
| - Trillado ( trilladora)                                 | H/M   | 2     | 80                    | 160.0            |                      |
| - Ensacado y almacenamiento                              | Jorn. | 2     | 12                    | 24.0             |                      |
| <b>II. GASTOS ESPECIALES</b>                             |       |       |                       |                  | <b><u>1205.7</u></b> |
| <b>1. Semilla</b>                                        | kg    | 140   | 2                     | 280.0            | -                    |
| <b>2. Fertilizantes (150-90-100)</b>                     |       |       |                       | <b>925.7</b>     |                      |
| - Urea                                                   | Kg.   | 253.0 | 1.4                   | 354.2            |                      |
| - Fosfato diamónico                                      | Kg.   | 200.0 | 1.8                   | 360.0            |                      |
| - Cloruro de potasio                                     | Kg    | 166.6 | 0.9                   | 149.9            |                      |
| <b>3. Transporte</b>                                     | Kg    | 616.3 | 0.1                   | 61.6             |                      |
| <b>III. GASTOS GENERALES</b>                             |       |       |                       |                  | <b><u>257.2</u></b>  |
| <b>1. Gastos administrativos (10%)</b>                   |       |       |                       | 171.5            |                      |
| <b>2. Imprevistos (5%)</b>                               |       |       |                       | 85.7             |                      |
| <b>COSTO TOTAL DE PRODUCCION (s/.)</b>                   |       |       |                       |                  | <b>1972.0</b>        |



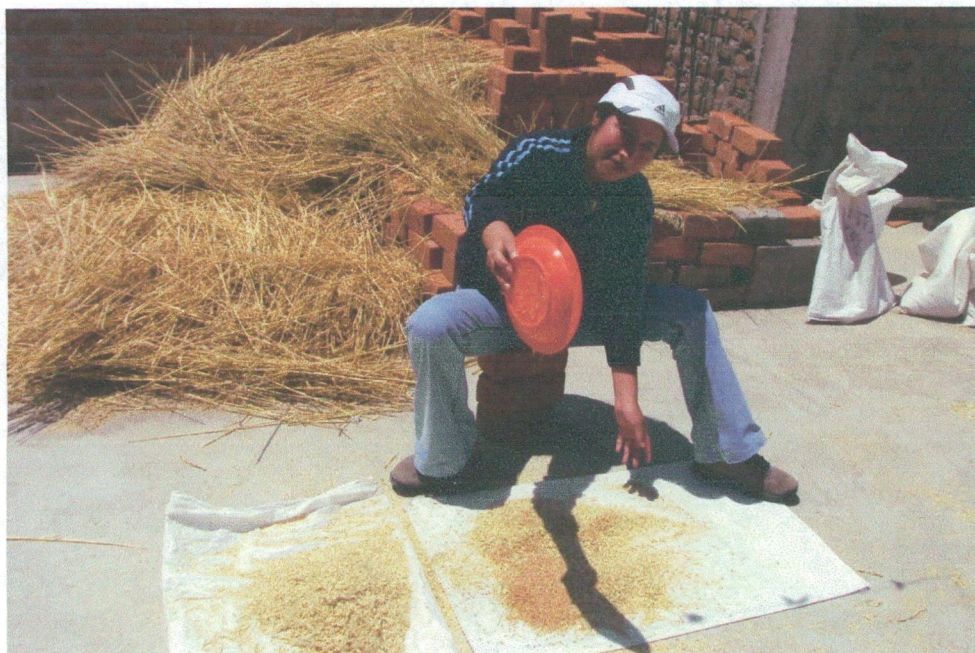
Siembra del trigo: 10/04/2010



Riegos: Se realizaron cada 8 días.



Cosecha: 24/08/2010



Trilla y venteo manual