

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TRABAJO DIRIGIDO

**“EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA
PRODUCCIÓN DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) BAJO SIEMBRA DIRECTA EN
LA ZONA DE OKINAWA 2 - SANTA CRUZ”**

MARIA ISABEL MAMANI VILLEGAS

**La Paz - Bolivia
2017**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**“EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA
PRODUCCIÓN DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) BAJO SIEMBRA DIRECTA EN
LA ZONA DE OKINAWA 2 - SANTA CRUZ”**

*Trabajo Dirigido presentado como requisito parcial
para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

Maria Isabel Mamani Villegas

Asesor:

Ing. M.Sc. Juan Jose Vicente Rojas

Revisores:

Ing. Ph.D. Roberto Miranda Casas

Ing. M.Sc. Eduardo Chilon Camacho

Aprobado

Presidente Tribunal Examinador

**La Paz – Bolivia
2017**

Dedicatoria

Al único Dios fiel y verdadero, creador del universo mi Jesús de Nazareth la razón de mi existir a quien debo mi vida.

A mis queridos papás Benito Mamani Q. y Balbina Villegas O. por su comprensión, quienes me apoyaron en todo siempre.

A mis queridos hermanos Hector, Beatriz y Alvaro.

A mi amiga y hermana Ing. Yesmin Tito por todo su apoyo brindado.

Agradecimientos

En primer lugar doy gracias a Dios por darme las fuerzas y alentarme a poder terminar este trabajo, por estar conmigo siempre y ayudarme en los momentos más difíciles, pero sobre todo agradecerle siempre por darme a los padres más maravillosos y buenos.

A mis padres Benito y Balbina a quienes estaré siempre agradecida y sé que nunca podré terminar de pagar todo lo que hicieron por mí, gracias por todo su apoyo que sin ustedes no hubiera podido concluir este trabajo; de la misma forma a mi hermano Alvaro por su apoyo y cariño de hermano.

Agradezco al Ing. Eddy Ajhuacho Yugar por todo su apoyo, colaboración y enseñanza que me brindo en el trabajo de campo.

A mi asesor Ing. M.Sc. por su colaboración, orientación y las acertadas observaciones al presente trabajo.

A mi tribunal revisor: Ing. M. Sc. Eduardo Chilon Camacho y el Ing. Ph.D. Roberto Miranda Casas por su paciencia, orientación y tiempo en la revisión para la conclusión del presente trabajo.

Un sincero agradecimiento a la Ing. Yesmin Tito por todo su apoyo, colaboración y alentarme siempre a poder concluir este trabajo.

De igual manera al Lic. M.Sc. José Miguel Herrera por su colaboración y apoyo para la realización de este trabajo.

Agradezco a mis amigas Delia, Nancy, Marianela, Cristina y Lucy, quienes estuvieron siempre apoyándome en diferentes aspectos.

Que Dios los bendiga a cada uno siempre!!!

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
I. INTRODUCCION	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivo del trabajo dirigido	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.1. Objetivos específicos	4
1.4. Metas del trabajo dirigido	4
II. MARCO TEORICO	5
2.1. Contexto normativo	5
2.2. Marco Conceptual	6
2.2.1. Importancia del cultivo de trigo	6
2.2.2. Características de la planta	7
2.2.3. Origen de la variedad Paraguá	10
2.2.4. Requerimiento edafoclimático.....	11
2.2.4.1. Temperatura	11
2.2.4.2. Precipitación	11
2.2.4.3. Suelo	12
2.2.5. Tratamiento de la semilla.....	12
2.2.6. Época de siembra.....	13
2.2.7. Siembra directa.....	13
2.2.8. Densidad de siembra.....	14
2.2.9. Espaciamiento	14
2.2.10. Requerimiento nutricional del trigo	14
2.2.11. Nitrógeno	16

2.2.12. Importancia de la fertilización en el cultivo de trigo	17
2.2.13. Absorción del nitrógeno por la planta de trigo	18
2.2.14. Momento de fertilización	19
2.2.15. Nitrógeno en la zona de Okinawa	20
2.2.16. Urea.....	20
2.2.17. Rendimiento en grano del cultivo de trigo.....	21
2.2.18. Enfermedades	22
2.2.19. Plagas.....	23
III. SECCION DIAGNOSTICA	24
3.1. Materiales y métodos.....	24
3.1.1. Localización y Ubicación.....	24
3.1.2. Características del lugar	24
3.1.2.1. Clima	24
3.1.2.2. Suelos.....	24
3.1.3. Materiales	26
3.1.3.1. Biológico	26
3.1.3.2. Químico	26
3.1.2.3. Fitosanitario	26
3.1.2.4. De campo	26
3.1.2.5. De gabinete	26
3.1.4. Metodología	26
3.1.3.1. Procedimiento del trabajo	26
a. Establecimiento del área de estudio	26
b. Muestreo y análisis del suelo.....	27
c. Tratamiento Fitosanitario de la semilla.....	27
d. Preparación de la cama de siembra	27
e. Siembra	27
f. Aplicación del fertilizante	28
g. Prácticas culturales.....	28
h. Control de malezas	28
i. Control de plagas.....	28

j. Control de enfermedades	28
3.1.3.2. Procedimiento del Experimental	28
a. Diseño Experimental.....	28
b. Características del área experimental.....	31
3.1.3.3. Variables de respuesta.....	31
a. Altura de plantas	31
b. Numero de macollos por planta	32
c. Número de granos por espiga.....	32
d. Peso de 1000 granos	32
e. Peso hectolítrico	32
f. Rendimiento en grano de la producción de trigo	32
g. Análisis de costos parciales de la producción.....	32
IV. SECCION DIAGNOSTICA	34
4.1. Aspectos Propositivos del trabajo	34
4.1.1. Condiciones Meteorológicas.....	34
4.1.1.1. Temperatura	34
4.1.1.2. Precipitación	35
4.1.2. Análisis Físico químicas del suelo del área de estudio.....	36
4.1.2.1. Análisis físico del suelo.....	36
4.1.2.2 Análisis químico del suelo.....	37
4.1.3. Altura de plantas a los 34 días.....	38
4.1.4. Altura de plantas a los 108 días.....	40
4.1.4.1. Comparación de medias para altura de plantas a los 108 días del cultivo de trigo para métodos de fertilización nitrogenada ...	41
4.1.5. Número de macollos por planta	43
4.1.6. Peso de 1000 granos.....	45
4.1.7. Peso hectolítrico	47
4.1.7.1. Comparación de medias para peso hectolítrico de la producción de trigo para métodos de fertilización nitrogenada	47
4.1.8. Número de granos por espiga	50
4.1.8.1. Comparación de medias número de granos por espiga de la	

producción de trigo para métodos de fertilización nitrogenada ..	50
4.1.9. Rendimiento en grano de la producción de trigo	53
4.1.9.1. Comparación de medias rendimiento en grano de la producción de trigo para métodos de fertilización nitrogenada	53
4.1.10. Análisis de costos parciales	56
V. SECCION CONCLUSIVA	60
5.1. Conclusiones	60
5.2. Recomendaciones	61
VI. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	62

INDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINA
Tabla 1. Requerimiento nutricional por el cultivo de trigo y extracción de nutrientes por el grano	15
Tabla 2. Requerimiento de fertilización (kg/ha) para el cultivo de trigo.....	15
Tabla 3. Clasificación e interpretación del nitrógeno disponible en el suelo según el método extracción con solución reguladora de fosfatos.....	20
Tabla 4. Evolución de la superficie, rendimiento, producción y precio del trigo gestión 1990 - 2014	22
Tabla 5. Formulación de tratamientos en porcentaje % y kg de N por ha	30
Tabla 6. Formulación de tratamientos en porcentaje %	30
Tabla 7. Características del área de estudio.....	31

INDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PÁGINA
Cuadro 1. Análisis físico del suelo antes de la siembra del cultivo de trigo	37
Cuadro 2. Análisis químico del suelo antes de la siembra del cultivo de trigo	38
Cuadro 3. Análisis de varianza para altura de planta a los 34 días después de la siembra	39
Cuadro 4. Análisis de varianza para altura de planta a los 108 días después de la siembra	40
Cuadro 5. Comparación de medias de altura de planta a los 108 días para métodos de fertilización	41
Cuadro 6. Análisis de varianza para número de macollos por planta	43
Cuadro 7. Análisis de varianza para peso de 1000 semillas de la producción de trigo	45
Cuadro 8. Análisis de varianza para peso hectolítrico de la producción de trigo...	47
Cuadro 9. Comparación de medias para peso hectolitrico de la producción de trigo para métodos de fertilización nitrogenada.....	48
Cuadro 10. Análisis de varianza para número de granos por espiga de trigo	50
Cuadro 11. Comparación de medias para número de granos por espiga para métodos de fertilización nitrogenada.....	51
Cuadro 12. Análisis de varianza para rendimiento de la producción de trigo	53

Cuadro 13. Comparación de medias para variable rendimiento de la producción de trigo para métodos de fertilización nitrogenada.....	54
Cuadro 14. Presupuesto parcial de la producción de trigo con diferentes métodos de fertilización nitrogenada en Bs/ha	56
Cuadro 15. Análisis de dominancia para la producción de trigo con diferentes métodos de fertilización nitrogenada en Bs/ha.....	57
Cuadro 16. Análisis Marginal de costos variables para la producción de trigo con diferentes métodos de fertilización nitrogenada en Bs/ha	59

NDICE DE GRÁFICAS

CONTENIDO	PÁGINA
Grafico 1. Localización Geográfica del ensayo	25
Grafico 2. Datos de temperatura máxima, mínima y media mensual (°C) registradas durante el ciclo del cultivo	35
Grafico 3. Datos de Precipitación (mm) registradas durante el ciclo del cultivo de trigo	36
Grafico 4. Altura de plantas a los 34 días después de la siembra para métodos de fertilización nitrogenada	40
Grafico 5. Altura de plantas a los 108 días después de la siembra para métodos de fertilización nitrogenada	42
Grafico 6. Número de macollos por planta para métodos de fertilización nitrogenada	44
Grafico 7. Peso de 1000 granos de la producción de trigo para métodos de fertilización nitrogenada	46
Grafico 8. Peso hectolítrico de la producción de trigo para métodos de fertilización nitrogenada	49
Grafico 9. Número de granos por espiga para métodos de fertilización nitrogenada	52
Grafico 10. Rendimiento en grano de la producción de trigo para métodos de fertilización nitrogenada	55
Grafico 11. Curva de beneficios netos	58

INDICE DE ANEXOS

CONTENIDO	PÁGINA
ANEXO 1 Registro de Temperatura (°C) y Precipitación (mm) durante el ciclo del cultivo de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	69
ANEXO 2 Croquis del ensayo.....	69
ANEXO 3. Análisis del suelo antes de la siembra del cultivo de trigo	70
ANEXO 4. Tabulación de datos para altura de plantas a los 34 días después de la siembra para análisis en el SAS	71
ANEXO 5. Tabulación de datos para altura de plantas a los 108 días después de la siembra para análisis en el SAS	72
ANEXO 6. Tabulación de datos para número de macollos por planta en el cultivo de trigo para análisis en el SAS	73
ANEXO 7. Tabulación de datos para peso de 1000 granos de la producción de trigo para análisis en el SAS	74
ANEXO 8. Tabulación de datos para peso hectolítrico de la producción de trigo para análisis en el SAS	75
ANEXO 9. Tabulación de datos para número de granos por espiga para análisis en el SAS.....	76
ANEXO 10. Tabulación de datos para rendimiento en grano de la producción de trigo para análisis en el SAS	77
ANEXO 11. Tratamiento de la semilla de trigo antes de la siembra.....	78
ANEXO 12. Tratamientos para métodos de fertilización delimitados	78

ANEXO 13. Aplicación del fertilizante nitrogenado (urea).....	79
ANEXO 14. Medición de altura de plantas del cultivo de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	80
ANEXO 15. Peso hectolítrico de la producción de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	81
ANEXO 16. Conteo de 1000 granos para calcular el peso en g.....	81
ANEXO 17. Control fitosanitario del cultivo de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	82

RESUMEN

Determinar el mejor método de fertilización nitrogenada es importante para la producción de trigo (*Triticum aestivum* L.), que permitirá obtener el rendimiento máximo por unidad de superficie. El estudio realizado en el Centro Tecnológico Agropecuario de Bolivia de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (CETABOL – JICA), tiene el objetivo de evaluar diferentes métodos de fertilización nitrogenada en la producción de trigo y conseguir buenos rendimientos en grano y que sea rentable. Para esta investigación se utilizaron 7 diferentes métodos de fertilización nitrogenada los cuales consisten en fraccionar el nitrógeno requerido por la planta de trigo y aplicar en las diferentes fases del ciclo del cultivo y hacer una comparación con un testigo, para esto se empleó un modelo estadístico de bloques completos al azar con 3 repeticiones, la siembra se realizó la primera quincena de mayo donde se utilizó un sistema de labranza conservacionista como es la siembra directa. Entre todas las variables en las que se encontró diferencias significativas en cuanto a los resultados obtenidos en comparación a otros tratamientos fueron el rendimiento en grano, el peso hectolitrico y el número de granos por espiga entre los de importancia agronómica. En la variable rendimiento en grano el tratamiento T6 fue el tratamiento que dio mejores rendimientos donde se aplicó de manera fraccionada el total del requerimiento en nitrógeno para conseguir una buena producción de trigo, 20% de N durante la siembra, 40% en la fase del macollamiento y el restante 40% en la fase de embuche del cultivo; con respecto al peso hectolitrico donde los tratamientos T7 (50% de N durante la siembra y 50% de N en la etapa de macollamiento) y T6 (20% de N durante la siembra, 40% de N en etapa de macollamiento y el otro 40% en la etapa de embuche), fueron los tratamientos que presentaron los mayores valores de medias con 85.82 kg/hl y 84.91 kg/hl; por otro lado otra de las variables que presentó diferencias significativas fue el número de granos por espiga donde el T6 (20% de N durante la siembra, 40% de N en la etapa de macollamiento y el otro 40% en la etapa de embuche), con 53 granos por espiga, y fue superior a los otros tratamientos. Así también se realizó un análisis económico a través del presupuesto parcial, empleado en diferentes métodos de fertilización nitrogenada en la producción de trigo se establece que económicamente el mejor método de aplicación del fertilizante es el T6 que viene a ser el más recomendable para la producción del trigo en grano ya que este tratamiento presentó un porcentaje superior al 100% en la Tasa de Retorno Marginal y no así el resto de los tratamientos. Concluyendo que utilizando el método de fertilización nitrogenada de manera fraccionada en tres fases del ciclo del cultivo, en menor cantidad durante la siembra y la misma cantidad durante el macollamiento y embuche del cultivo de trigo es aprovechado de mejor manera por la planta de esta forma se logra conseguir buenos rendimientos en grano.

SUMMARY

Determining the best method of nitrogen fertilization is important for wheat production (*Triticum aestivum* L.), which will allow to obtain the maximum yield per unit area. The objective of this study was to evaluate different methods of nitrogen fertilization in the production of wheat and to obtain good grain yields and to be profitable. The study carried out at the Agricultural Technological Center of Bolivia of the International Cooperation Agency of Japan (CETABOL - JICA) For this research were used 7 different nitrogen fertilization methods which consists of fractionating the nitrogen required by the wheat plant and applying in the different phases of the crop cycle and make a comparison with a control, for this was used a statistical model of Complete blocks randomly with 3 replicates, the sowing of realized the first half of May where a conservationist tillage system like direct sowing was used. Among all the variables in which significant differences were found in the results obtained in comparison to other treatments were the grain yield, the hectolitic weight and the number of grains per spike among those of agronomic importance. In the grain yield variable the T6 treatment was the treatment that gave better yields where the total nitrogen requirement was applied in a fractional way to obtain a good wheat yield, 20% N during sowing, 40% in the Tillering and the remaining 40% in the cropping stage of the crop; (50% N during sowing and 50% N at tillering) and T6 (20% N during sowing, 40% N at tillering stage and the other 40% in the embuche stage), were the treatments that presented the highest values of means with 85.82 kg / hl and 84.91 kg / hl; On the other hand, another of the variables that presented significant differences was the number of grains per spike where T6 (20% of N during sowing, 40% of N in the tillering stage and the other 40% in the embouching stage) , With 53 grains per spike, and was superior to the other treatments. Thus also an economic analysis was carried out through the partial budget, used in different methods of nitrogen fertilization in wheat production, it is established that economically the best method of fertilizer application is T6, which is the most recommended for the production of Grain wheat as this treatment presented a percentage higher than 100% in the Marginal Return Rate and not the rest of the treatments. In conclusion, using the nitrogen fertilization method in a fractional way in three phases of the crop cycle, in a smaller amount during the sowing and the same amount during the tillering and embedding of the wheat crop, it is better utilized by the plant in this way Manages to obtain good yields in grain.

I. INTRODUCCIÓN

El trigo en Bolivia -en todas sus formas- constituye parte de la dieta alimentaria nacional, este grano contiene un alto porcentaje de proteínas (9.38 g en 100 g de trigo) y carbohidratos (77.17g en 100 g de trigo), es un complemento magnifico para el organismo y tiende a consolidarse como un cereal central dentro de la canasta familiar. Sin embargo existe déficit en la producción nacional de trigo (OAP – MDRyT, 2012).

La producción de trigo en Bolivia alcanza apenas los 165 mil toneladas. El departamento de Santa Cruz aporta con el 72% de la producción nacional, donde el 90% de esta producción es destinado a molienda para toda Bolivia mientras que los otros departamentos (La Paz, Potosí, Cochabamba, Chuquisaca y Tarija) destinan solo el 32% de la producción dejando el restante 36% para autoconsumo, 12% para provisión de semillas y un 20% para usos agrícolas (ANAPO, 2015).

En invierno del 2009 en el departamento de Santa Cruz se han sembrado 92.250 ha de trigo; con un rendimiento promedio de 1.98 t ha^{-1} de las cuales, en la zona de Okinawa en esta época se sembró el 21.3% de la superficie total sembrada del departamento con un rendimiento promedio de 2.46 t ha^{-1} (CAICO 2009).

La fertilización química es una de las técnicas más influyentes para obtener buenos rendimientos, en la zona la disponibilidad de nitrógeno y fósforo en el suelo aparecen como las principales limitantes nutricionales para el cultivo de trigo y como consecuencia de esto, en estos últimos años aumentó el uso de fertilizantes.

Pardo (2008), realizó un ensayo en el departamento de Santa Cruz sobre fertilización química según balance nutricional en el cultivo de trigo demostró que la fertilización con nitrógeno en base en un inicio no demostró diferencia en el cultivo, en la segunda fertilización se evidenciaron diferencias en altura de plantas a los 60, 90 días después de la siembra, notándose el color, área foliar, materia seca, calidad del grano, rendimiento peso hectolitrico todas estas características se manifestaron con

una tendencia similar, es decir que en los tratamientos que se le adicionó una característica más era relativamente mayor, en conclusión se puede decir que un equilibrio de los nutrientes y la adición nutricional de nitrógeno afecta de manera positiva en el trigo.

Investigaciones realizadas por CETABOL (2006) durante cuatro campañas de invierno, mostraron que el nitrógeno (N) y el fósforo (P) son los nutrientes del suelo con mayor deficiencia en la zona, la aplicación de nitrógeno mostró respuestas significativas en la producción de grano, con un incremento del 22% con relación al testigo, no obstante con la aplicación de P solo se obtuvo respuestas no significativas en la producción de grano.

1.1. Planteamiento del problema

El trigo es un cultivo del cual Bolivia no es autosuficiente, ya que la demanda es de aproximadamente de 700 mil toneladas y la producción nacional representa cerca de un 35%, de los cuales Santa Cruz produce más del 70%, el saldo proviene de la importación de trigo (grano y harina) de países vecinos como Argentina principalmente, significando con ello una importante erogación de divisas para el país (ANAPO, 2015).

Uno de los principales problemas que tienen los productores de trigo en la zona es la fertilidad de los suelos y que debido a esto no se consigue buenos rendimientos en producción, por tanto se hace necesario buscar formas adecuadas de fertilización para incrementar estos rendimientos y así fomentar la producción de este cereal a los agricultores de esta región y el país.

Sin embargo en el transcurso de los años el uso de grandes cantidades de fertilizantes químicos y la labranza convencional ha ocasionado una serie de problemas físicos en el suelo como ser la destrucción de la estructura del suelo, problemas de encostramiento, compactación de suelos, pérdida progresiva de la materia orgánica, incremento de los procesos de erosión eólica e hídrica y reducción de la productividad del suelo por tanto es recomendable incentivar a productores a

cambiar a un sistema de abonamiento orgánico y a sistemas conservacionistas (ANAPO, 2004).

1.2. Justificación

El presente trabajo está dirigido a los agricultores que se dedican a la producción de trigo como uno de sus principales cultivos, quienes buscan incrementar los rendimientos de su producción y tener un mejor ingreso económico reduciendo los costos de producción.

En la zona de Okinawa 2 la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo juega un rol muy importante porque ayuda en el macollamiento y también en el crecimiento de las hojas, aumentando el área foliar, y por ende ayudando a que la planta de una mejor producción de grano, por esta razón el método de fertilización a aplicar por medio de la dosificación en porcentaje de nitrógeno es clave para mejorar los rendimientos en grano.

Por otro lado los efectos del fraccionamiento de los fertilizantes nitrogenados contribuirán a mejorar la eficiencia de la fertilización nitrogenada en la zona, para otorgar mayor flexibilidad al manejo en términos de riesgo, dosis y calidad del grano y así reducir las pérdidas potenciales en zonas como esta.

La eficiencia de uso de los fertilizantes nitrogenados depende de la interpretación de los análisis de suelos, del método y momento de aplicación; por este motivo se realizó una evaluación de los diferentes métodos de fertilización nitrogenada orientada a mejorar los rendimientos en la producción de trigo.

Así también a través de la siembra directa que es una técnica que reduce al mínimo la preparación del terreno aprovechando al máximo los residuos de cultivos anteriores en cuanto a humedad para la nueva siembra, con lo que se coadyuvara al control de la erosión del suelo.

1.3. Objetivos del Trabajo Dirigido

1.3.1 Objetivo general

- ✓ Evaluación de los métodos de fertilización nitrogenada en la producción de trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo siembra directa en la zona de Okinawa 2 - Santa Cruz.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Establecer el mejor método de aplicación del fertilizante nitrogenado en base al rendimiento en grano de trigo por unidad de superficie.
- ✓ Determinar la respuesta de la fertilización nitrogenada sobre las características agronómicas del trigo.
- ✓ Realizar un análisis económico del ensayo.

1.4. Metas del trabajo dirigido

- ✓ Comparar siete métodos de aplicación del fertilizante nitrogenado en urea y un testigo bajo siembra directa para que el cultivo de trigo tenga un mayor aprovechamiento del nitrógeno y que haya mayores rendimientos en cuanto a la producción en un ensayo realizado en la colonia Okinawa 2 del departamento de Santa Cruz, durante la campaña de invierno de la gestión 2010.

II. MARCO TEORICO

2.1. Contexto Normativo

El cultivo de trigo es un rubro estratégico, por la importancia económica y seguridad alimentaria para el país en todas sus formas- constituye parte de la dieta alimentaria nacional, este grano contiene un alto porcentaje de proteínas y carbohidratos y tiende a consolidarse como un cereal central dentro de la canasta familiar. Sin embargo existe déficit en la producción nacional de trigo, a esto el Estado realiza estrategias de apoyo e incentivos para los productores y mejorar la producción nacional.

Así también de acuerdo a la Constitución Política del Estado (2009), apoyándose en los artículos referidos a la Seguridad alimentaria apoya este rubro.

Artículo 405. El desarrollo rural integral sustentable es parte fundamental de las políticas económicas del Estado, que priorizará sus acciones para el fomento de todos los emprendimientos económicos comunitarios y del conjunto de los actores rurales, con énfasis en la seguridad y en la soberanía alimentaria, a través de:

1. El incremento sostenido y sustentable de la productividad agrícola, pecuaria, manufacturera, agroindustrial y turística, así como su capacidad de competencia comercial.
2. La articulación y complementariedad interna de las estructuras de producción agropecuarias y agroindustriales.
3. El logro de mejores condiciones de intercambio económico del sector productivo rural en relación con el resto de la economía boliviana.
4. La significación y el respeto de las comunidades indígena originario campesinas en todas las dimensiones de su vida.
5. El fortalecimiento de la economía de los pequeños productores agropecuarios y de la economía familiar y comunitaria.

Artículo 406.

I. El Estado garantizará el desarrollo rural integral sustentable por medio de políticas, planes, programas y proyectos integrales de fomento a la producción agropecuaria, artesanal, forestal y al turismo, con el objetivo de obtener el mejor aprovechamiento, transformación, industrialización y comercialización de los recursos naturales renovables.

II. El Estado promoverá y fortalecerá las organizaciones económicas productivas rurales, entre ellas a los artesanos, las cooperativas, las asociaciones de productores agropecuarios y manufactureros, y las micro, pequeñas y medianas empresas comunitarias agropecuarias, que contribuyan al desarrollo económico social del país, de acuerdo a su identidad cultural y productiva.

Artículo 407. Son objetivos de la política de desarrollo rural integral del Estado, en coordinación con las entidades territoriales autónomas y descentralizadas:

1. Garantizar la soberanía y seguridad alimentaria, priorizando la producción y el consumo de alimentos de origen agropecuario producidos en el territorio boliviano.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Importancia del cultivo de trigo

Según Echeverría y García (2005), el trigo pan (*Triticum aestivum* L.) es el cultivo de mayor importancia en el mundo con aproximadamente 209 millones de hectáreas y una producción de 556 millones de toneladas en el año 2003. En el Siglo XX, la producción de trigo en el mundo creció sostenidamente pasando de 100 millones a más de 500 millones de toneladas. Este incremento se sostuvo a partir de una gran expansión en el área sembrada durante la primera mitad del siglo y un incremento sustancial en los rendimientos a partir de 1955.

La importancia del trigo radica en su contribución a la alimentación, lo que garantiza la persistencia de su producción, por tanto debe priorizarse el autoconsumo sobre su demanda de mercado. No existe un único patrón tecnológico de producción, ni

uniformidad en la selección de variedades, como tampoco en la lógica de la comercialización (OAP – MDRyT, 2012).

Según ANAPO (2008), el cultivo de trigo es el principal rubro de alimentos para fomentar su producción en el país, debido a su importancia para mejorar la seguridad alimentaria de la población boliviana y disminuir los niveles de dependencia de la importación de trigo, proveniente de países vecinos.

El mismo autor menciona que debido a su importancia social y económica, el trigo es uno de los cultivos potenciales para incrementar su producción en el departamento de Santa Cruz, además constituye una de las principales alternativas de rotación de cultivos de invierno, para los agricultores que realizan un manejo sostenible de sus suelos.

2.2.2. Características de la planta

Según Unterladstaetter (2005) el trigo como otros cereales es una planta estacional, (anual), herbácea, monocotiledónea que pertenece a la familia de las gramíneas y poáceas.

De acuerdo a Rimache (2008), señala que en el ciclo vegetativo del trigo se distinguen tres periodos:

- Periodo vegetativo, que comprende desde la siembra hasta el comienzo del encañado.
- Periodo de reproducción, desde el encañado hasta la terminación del espigado.
- Periodo de maduración, que comprende desde el final del espigado hasta el momento del recojo.

- **Germinación (4 días después de la siembra).** El periodo de germinación y arraigo del trigo es muy importante para la futura cosecha de grano. El grano de trigo necesita para germinar humedad, temperatura adecuada y aire a su alrededor. La

temperatura óptima de germinación es de 20-25°C, pero puede germinar desde los 3-4°C hasta los 30-32°C. El aire es necesario para activar los procesos de oxidación, por tanto la capa superficial del terreno debe estar mullida; la humedad del trigo no debe sobrepasar el 11%, cuando se sobrepasa este porcentaje de humedad la conservación del grano se hace difícil.

La facultad germinativa del trigo se mantiene de 4-10 años, aunque el período de utilización no debe sobrepasar los dos años, ya que a medida que transcurre el tiempo, disminuye la capacidad germinativa.

Una vez que se forman las raíces primarias y alguna hoja verde, la planta ya puede alimentarse por sí misma, al agotarse las reservas del grano; en este momento termina el periodo de germinación.

- Ahijamiento o macollamiento (25 días). El tallo del trigo es una caña (con nudos y entrenudos), cada nudo tiene una yema que origina una hoja. Cuando los entrenudos se alargan al crecer (encañado), se observa que cada hoja nace a distinta altura en nudos sucesivos.

El alargamiento de los entrenudos ocurre en su parte baja, pero este crecimiento no se produce hasta más tarde, en la fase de encañado. Pero durante un largo periodo, las zonas de los tallos que están en contacto con la tierra, crecen de otro modo dando lugar a raíces adventicias hacia abajo y nuevos tallos secundarios hacia arriba llamados "hijos"; se dice entonces que el trigo "ahija" o "amacolla", denominándose "padre" a la planta principal que salió del grano, "hijos" a las secundarias y siguientes y "macolla" al conjunto de todas ellas.

El segundo nudo del trigo siempre se encuentra a uno o dos centímetros bajo el suelo, independientemente de la profundidad de siembra, este nudo se denomina "nudo de ahijamiento", pues en él es donde se forman los "hijos" anteriormente citados. No existe un límite de ahijamiento definido, ya que una sola planta puede tener incluso 400 hijos, pero normalmente las plantas bien ahijadas tendrán hasta 20 hijos.

- **Encañado (35 días).** Tiene lugar una vez que comienzan a elevarse las temperaturas, los nudos pierden la facultad de emitir hijos y comienzan a alargarse los entrenudos del tallo. El encañado consiste, por tanto, en el crecimiento del tallo por alargamiento de los entrenudos.

La caña sigue alargándose durante el espigado y hasta el final de la madurez, alcanzando longitudes diferentes según las variedades. La altura del tallo no tiene relación con la producción de grano, pero sí con la de paja, que es mayor en variedades más altas.

La caña no queda al descubierto todavía en esta fase, pues no sale de entre las hojas hasta el espigado. En esta fase queda rodeada por la vaina. El grosor de la caña varía según las variedades, siendo frecuente que las cañas gruesas se den en variedades de poco ahijamiento. Las variedades de caña gruesa no siempre son más resistentes al encamado.

- **Embuchamiento (45 días).** La espiga evidente envuelto dentro de la hoja superior formando la llamada hoja bandera.

- **Espigado (50 días).** Cuando la espiga empieza a apuntar entre las hojas comienza la fase de "espigado". En este momento comienzan a ser peligrosas las heladas tardías de primavera.

Los estambres se secan, se caen y el ovario fecundado va creciendo, convirtiéndose en un grano de trigo verde, hinchado y lleno de un líquido lechoso, a partir de este momento comienza la madurez del trigo.

El periodo de "espigado" es el de máxima actividad fisiológica, con una transpiración y una extracción de humedad y alimentos del suelo que llegan al máximo. Los azúcares de las hojas inferiores van emigrando a los granos de trigo que se forman mientras las hojas se van secando. La cantidad de agua necesaria para transportar a los granos de trigo las sustancias de reserva, hace que las raíces dessequen la tierra con facilidad, por ello el riego en esta fase resulta muy importante.

- **Maduración (110 días).** El periodo de maduración comienza en la “madurez láctea” cuando las hojas inferiores ya están secas, pero las tres superiores y el resto de la planta está verde, seguidamente tiene lugar la “madurez pastosa”, en la que solo se mantiene verdes los nudos y el resto de la planta toma su color típico de trigo seco, tomando el grano su color definitivo.

A los tres o cuatro días del estado pastoso llega el cereal a su “madurez completa”. Por último se alcanza la “madurez de muerte”, en el que toda la paja está dura y quebradiza; así como el grano, saltando muy fácilmente de las glumillas y raquis.

2.2.3. Origen de la variedad Paraguá

Según ANAPO (2004), indica que la cruce de Paraguá-CIAT, fue realizada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México.

Fue introducida por el Programa Trigo-CIAT en 1999, mediante el vivero 19 LACOS (líneas avanzadas del Cono Sur) y se registró con el código SV 99113. Cruza: CEP 17/ITP35. Liberada el 2002. Presenta las siguientes características:

- ✓ **Ciclo:** Rango de 75-79 días desde la siembra hasta la floración (promedio de 77 días). A los 115-120 días alcanza la madurez fisiológica (promedio 115 días).
- ✓ **Planta:** Altura promedio de 81 cm (en un rango de 76-90cm).
- ✓ **Espiga:** De 7 cm longitud promedio.
- ✓ **Grano:** Peso hectolítrico promedio de 78 kg/hl. Ha
- ✓ **Rendimiento:** El rendimiento promedio, en 2 años de ensayos con alta presión de enfermedades, especialmente la piricularia (Saavedra, San Pedro y Okinawa1, invierno 2002-2003), es de 2238kg/ha.

2.2.4. Requerimientos edafoclimáticos

2.2.4.1. Temperatura

Palacio (2006), determina que la temperatura base para el cultivo del trigo es de 0 a 5 °C y el promedio óptimo está entre 20 a 25 °C, es una planta de día largo, con respuesta cuantitativa al fotoperiodo y la mayor parte de las variedades de invierno requieren un periodo de vernalización.

Según Carretero *et al.* (2007), afirman que el cultivo necesita una cantidad de calor para cumplir su ciclo vegetativo y que va de 1900 a 2400 °C en trigos de invierno y de 1200 a 1600 °C en trigos de primavera. Siendo perjudiciales las temperaturas elevadas en primavera al final de la maduración.

CETABOL-CAICO (2008), menciona que la temperatura ideal para el crecimiento y desarrollo del cultivo de trigo está entre 10 y 24 °C, una temperatura promedio de 21.3°C estos datos son promedio en los últimos siete años (2000 – 2006) y en los meses de mayo-julio, cuando está implantado el cultivo.

2.2.4.2. Precipitación

Según CETABOL-CAICO (2008), indica que se demostró que el trigo puede desarrollarse bien con 300 ó 400 mm de lluvia, en esta zona la cantidad de agua caída en la época de invierno es de 382.8 mm promedio de 38 años (1969-2006) en lo que se cubre la demanda del cultivo.

El rendimiento de trigo es dependiente del agua que se pueda almacenar en el suelo, pero otros factores importantes que limitan el rendimiento son las altas temperaturas en el periodo de floración y llenado de grano. Por lo tanto, es necesario ajustar el almacenamiento de agua en el suelo, la fecha y densidad de siembra, la elección de cultivares de alto rendimiento y el buen comportamiento sanitario, fertilización y manejo integrado de plagas (INTA, 2007).

2.2.4.3. Suelo

Por ser el trigo un cultivo de invierno donde las lluvias son escasas, es importante usar suelos que acumulan suficiente agua, estos suelos deben tener una textura mediana o ligeramente pesada (franco arenoso, franco limoso, franco arcillo arenoso y franco arcillo limoso), deben tener capacidad de almacenamiento de agua que no tenga limitaciones para la infiltración del agua y el enraizamiento y sin limitaciones de nutrientes para obtener una buena producción del cultivo trigo (ANAPO, 2008).

Según CAICO (2008), señala que esta variedad de trigo requiere de suelos profundos, para el buen desarrollo del sistema radicular. Al ser poco permeable los suelos arcillosos conservan demasiada humedad durante los inviernos lluviosos, sin embargo los suelos arenosos requieren de abundante lluvia por su escasa capacidad de retención, en general se recomienda que los suelos para la producción de trigo dispongan de un buen drenaje.

Es medianamente tolerante a suelos salinos, su rendimiento es afectado cuando la conductividad eléctrica es mayor a 6 mmhos/cm, considera el pH del suelo óptimo de 5,5 a 7 aunque puede tolerar más. Los mejores rendimientos son obtenidos en suelos arcillo-limosos o arcillosos bien provistos de calcio, con buen poder absorbente y no muy aireados (Carrasco y Baez, 2005).

2.2.5. Tratamiento de semilla

ANAPO (2004), señala que el tratamiento de semilla constituye una medida valiosa por su simplicidad de ejecución, bajo costo relativo y eficacia, bajo varios aspectos una de ellas es el hecho de controlar plagas y enfermedades en la fase que antecede a la implantación de un cultivo o durante la siembra, hace que el tratamiento de semillas sea considerado en la agricultura moderna una de las medidas más recomendadas, posibilitando un menor uso de defensivos químicos y consecuentemente, evitando problemas graves de contaminación ambiental.

El tratamiento de semillas puede ser entendido como cualquier operación que envuelva las semillas, sea por el manejo o incorporación de productos químicos o

bióticos a su superficie o interior de la semilla, o por la utilización de agentes físicos, buscando la mejoría o garantía del desempeño de la misma en condiciones de cultivo; específicamente para el control de patógenos, el tratamiento de semillas puede ser practicado utilizándose métodos químicos, físicos, biológicos o mediante la combinación de ellos (CIAT - ANAPO 2008).

2.2.6. Época de siembra

Según CIAT - ANAPO (2008), la época de siembra recomendada es el mes de mayo, para todas las zonas trigueras del departamento de Santa Cruz; sin embargo la época óptima de siembra es del 10 al 20 de mayo, ya que siembras muy tempranas tienen mayores posibilidades de sufrir el ataque de piricularia y helmintosporiosis debido fundamentalmente a la alta humedad y altas temperaturas que predominan en los meses de marzo y abril, que ocasionan menor macollaje y espigas pequeñas, por otro lado siembras tardías después del 10 de junio tienen mayores probabilidades de sufrir el ataque de roya de la hoja, luego las temperaturas altas durante el llenado de grano tiene como consecuencia granos desuniformes, resultando el grano "chuso" con bajo peso hectolítrico.

2.2.7. Siembra directa

Según EMBRAPA (1998), indica que la siembra directa es la mejor alternativa para la situación de degradación generada por el cultivo convencional ya que mejora la calidad del suelo permitiendo la sustentabilidad y trae ventajas en términos de tráfico y compactación, organización de trabajo y los costos de preparación de terrenos, tiempo necesario para la siembra y la reducida exposición del suelo a la intemperie.

Cuando se realiza la siembra directa sobre rastrojo existe la tendencia a la inmovilización del nitrógeno por la presencia de los rastrojos y a la vez estos ayudan a captar agua, aumentando su infiltración y evitando las pérdidas por evaporación y a veces han reducido en un 40% de pérdida de agua (EMBRAPA, 1998).

Según Unterladstetter (2005), indica que la siembra directa del trigo sobre rastrojo de soya es necesario el uso de la rueda que comprime la semilla dentro del surco a

2.5-3.5 cm de profundidad, para que la misma tenga un íntimo contacto con el suelo de manera que la germinación sea lo más pareja posible.

Con la práctica de siembra directa logró conseguir un incremento del 40% es decir 2.25 toneladas por hectárea, de rendimiento en el trigo combinada con rotación de cultivo durante los últimos 5 años frente a la siembra convencional, que solo se obtiene 1.2 toneladas de trigo por hectárea (ANAPO, 2015).

2.2.8. Densidad de siembra

La densidad de siembra es una variable importante en la determinación de la capacidad del cultivo para la obtención y utilización de los recursos radiación, agua y nutrientes. Una densidad adecuada es la que maximiza la utilización de los recursos y reduzca los efectos perjudiciales de factores bióticos y abióticos para aumentar el rendimiento y calidad de grano (Satorre y Kruk, 2004).

Las densidades de siembra pueden variar de 250 a 350 semillas viables por metro cuadrado (100 a 150 kg ha⁻¹ de semilla viable), para esto se debe regular la sembradora para obtener las densidades adecuadas (CIAT – ANAPO, 2008).

2.2.9. Espaciamiento

En el cultivo de trigo las distancias entre hileras pueden ser 17,5;19 o 21 cm (Carrasco y Baez, 2005). Ruiz *et al.* (2000), sugieren que el cultivo requiere una profundidad entre 2 a 4 cm. En la siembra en línea se realiza separaciones de 14 a 20 cm.

2.2.10. Requerimiento nutricional del trigo

Por otro lado CETABOL-CAICO (2008), también menciona que los cultivos de alto potencial en rendimiento en lo que es la nutrición como es el trigo entre otros, que necesita absorber importantes cantidades de nutrientes que en muchos casos no son suplidas por el suelo y deben ser provistas mediante la fertilización. Actualmente en la zona los productores usan datos de requerimiento nutricional para el cultivo de trigo como se menciona en tabla 1.

Tabla 1. Requerimiento nutricional por el cultivo de trigo y extracción de nutrientes por el grano

Nutriente	Requerimiento (Kg t⁻¹ grano)	Índice de cosecha	Extracción (kg t⁻¹ grano)
Nitrógeno	30.00	0.66	19.80
Fósforo	5.00	0.75	3.75
Potasio	19.00	0.17	3.23
Calcio	3.00	0.14	0.42
Magnesio	3.00	0.50	1.50
Azufre	4.70	0.25	1.18
Cobre	0.01	0.75	0.01
Manganeso	0.07	0.36	0.03
Zinc	0.05	0.44	0.02

Fuente: Echeverría y García (2005)

Así mismo el OAP – MDRyT (2012), señala que los requerimientos y extracción en grano de los macronutrientes N, P y K para distintos niveles de producción de trigo es el siguiente:

Tabla 2. Requerimientos de fertilización (kg/ha) para el cultivo de trigo

Rendimiento	Absorción en planta			Extracción en		
	N	P	K	N	P	K
3000	90	15	57	60	11	14
5000	150	25	95	100	19	23
7000	210	35	133	140	26	32

Fuente: OAP – MDRyT (2012),

Según Echeverría y García (2005), manifiestan que estos requerimientos y extracciones deben considerarse promedios ya que la concentración de nutrientes en la planta y grano es bastante variable dependiendo de las condiciones de producción, los niveles de rendimiento y la disponibilidad de cada nutriente en el suelo.

Echeverría y García (2005), aseveran que el abastecimiento adecuado de nutrientes durante el periodo de crecimiento de la espiga es un aspecto esencial para lograr un alto número de granos por unidad de área y por lo tanto, altos rendimientos

Los mismos autores mencionan que las deficiencias nutricionales afectan la capacidad de intercepción de radiación y la eficiencia de conversión de la radiación interceptada, afectando la tasa de crecimiento del cultivo.

2.2.11. Nitrógeno

Ferraris (2009), menciona que el nitrógeno (N) es el principal elemento requerido para la producción de los cereales de invierno, como es el caso del trigo; deficiencias de este nutriente afectan el rendimiento y el contenido de proteína, haciendo que su manejo sea estratégico para la producción del cultivo.

Así también CETABOL-CAICO (2008), asevera que el nitrógeno es considerado el nutriente más importante en la producción vegetal del trigo, debido a que requiere grandes cantidades y frecuentemente se observan deficiencias en suelos agrícolas, una adecuada fertilización nitrogenada favorece el macollamiento y al crecimiento de las hojas aumentando el área foliar.

De la misma forma Silva *et al.* (2011) indican que el nitrógeno es requerido para la producción de materia seca, macollos, y es determinante en el rendimiento y la calidad; durante el proceso de llenado de grano, los carbohidratos, como también el nitrógeno que ha sido absorbido por la planta es removilizado y concentrado en el grano. El nivel de carbohidratos depositados es el que determina el tamaño de grano y rendimiento final, mientras que el contenido final de proteína en el grano está determinado por la dilución de nitrógeno con carbohidratos dentro del grano, y por lo tanto es muy dependiente de la disponibilidad de nitrógeno.

Echeverría y García (2005), mencionan que el metabolismo del nitrógeno esta estrechamente relacionado con la fotosíntesis ya que la cantidad de materia seca producida por el cultivo se incrementa linealmente con la disponibilidad de nitrógeno. El incremento de biomasa está asociado al mayor desarrollo de hojas, tallos más

altos y un mayor número de macollos fértiles a madurez y el número de granos es el componente del rendimiento más afectado cuando el nitrógeno es limitante debido a la reducción de área foliar.

Chilon (1997), señala que el nitrógeno es absorbido en forma nítrica como en forma amoniacal siendo ambos metabolizados por la planta; sin embargo, es la forma nítrica la que es absorbida preferentemente en suelos ácidos.

Según Apaza (2008), señala que el exceso de nitrógeno en la planta, aumenta la concentración de fitohormonas (auxinas) e inhibe el crecimiento radicular, aumenta la succulencia y las plantas son susceptibles al acame, al ataque de plagas y enfermedades. También inhibe diferencialmente en las fases fonológicas es así que promueve un crecimiento excesivo.

Por el contrario, una deficiente disponibilidad de nitrógeno reducirá el margen en relación a un cultivo bien fertilizado; la dosis y el momento de la fertilización nitrogenada son las mejores herramientas para producir un alto rinde por hectárea (Oropesa, 2012).

2.2.12. Importancia de la fertilización química en el cultivo de trigo

El rendimiento del cultivo de trigo en una región determinada es la resultante de la interacción entre factores ecológicos, tecnológicos y genéticos. En muchos casos, los rendimientos potenciales del cultivo no se alcanzan debido a la oferta reducida de recursos (Echeverría y García, 2005).

Darwich (2005) indica que la fertilización tiene como objetivo reponer al suelo los nutrientes que han sido extraídos por los cultivos a través de sus años de uso, la utilización de fertilizantes en las cantidades adecuadas dará el mayor retorno pero sin disminuir la fertilidad del suelo, es un aspecto de gran importancia económica para el agricultor.

Indudablemente la fertilización química es uno de los factores que juega un rol muy importante en el aumento del rendimiento del cultivo de trigo, en niveles racionales determinados técnicamente (Apaza, 2008)

Para Conti (2000), la fertilización es indispensable para todo cultivo agrícola, pero es solo uno más entre los factores de producción; ésta solo puede cumplir su objetivo solo cuando se combina con un adecuado laboreo, siembra, cuidado del cultivo, empleo de semillas certificadas y otras medidas productivas y fitosanitarias.

Chilón (1997), asevera que es importante la fertilización nitrogenada en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, las plantas como respuesta a este tipo de fertilización se caracteriza por poseer una buena cantidad de clorofila que es indispensable para que se realice la función fotosintética, buena síntesis y asimilación de productos orgánicos y una optima velocidad de crecimiento.

De la misma forma CIAT-ANAPO (1996), asevera que el análisis de suelo es un instrumento que permite la elaboración de una recomendación adecuada que ofrece menos riesgos, especialmente si otros factores fueron considerados en la decisión sobre las dosis de fertilizante a aplicar.

2.2.13. Absorción del nitrógeno por la planta de trigo

En el suelo la principal fuente de nitrógeno (N) para los cultivos es la Materia Orgánica (MO), a través del complejo proceso de mineralización se genera amonio (NH_4^+) y nitratos (NO_3^-) donde de esta forma son absorbidos y asimilados. Desde el momento de la siembra, el suelo presenta una cantidad de N que llamamos N disponible y una cantidad de N que se transformará en disponible que proviene de la mineralización de la MO que llamamos N potencialmente disponible. Por otro lado los nitratos (NO_3^-), por tener cargas negativas igual que las arcillas, se repelen, fijándose en solución, consecuentemente las pérdidas de N será mayor por arrastre que por lixiviación (CETABOL-CAICO, 2008).

Echeverría y García (2005), señala que la absorción de nitrógeno en la planta de trigo alcanza un máximo desde el final del periodo de macollaje y comienzos de

elongación del tallo hasta la antesis, para luego ir disminuyendo, comienza un proceso de re-translocación del nitrógeno en raíces, tallos y hojas hacia la espiga y los granos, que puede cubrir del 50% al 100% del nitrógeno acumulado en granos y la acumulación de nitrógeno en floración representa el 70-75% de la acumulación total a madurez fisiológica, mientras que la acumulación de materia seca es del 40-45% del total.

2.2.14. Momento de fertilización

Chilon (1997), señala que el efecto total del fertilizante no solo depende de las cantidades adecuadas y de su correcta aplicación sino también del momento de aplicación, este último es de importancia para suelos de bajo contenido de elementos nutritivos, así como para aquellos cultivos cuya necesidad nutritiva está limitada a un determinado periodo de tiempo.

CETABOL-CAICO (2008), señala que el requerimiento del nitrógeno por el cultivo de trigo es baja al inicio, este se incrementa a partir de la fase de macollamiento, debido a esto la primera fertilización nitrogenada (cobertura 1), es recomendable aplicar al voleo el 50% del total al inicio en esta fase (25-35 días aproximadamente) y dependiendo de la variedad del cultivo para cubrir su requerimiento de nitrógeno. La segunda fertilización (cobertura 2), se debe aplicar al inicio de la fase del primordio floral (embuche) el 50% restante del nitrógeno esta etapa se presenta a los 36-45 días después de la siembra dependiendo de la variedad del cultivo, hasta esa fase se debe adicionar el 100% del fertilizante nitrogenado.

Melgar (2006) mencionado por Oropesa (2012), señala que la partición de la dosis, aun cuando no haya una definición clara sobre la dosis total, es la base de un manejo eficiente y destinado a lograr el máximo rinde económico y de calidad superior, por esa razón, la decisión más difícil ronda en la cantidad a aplicarse tanto en la siembra, en la presiembra, y previo a la elongación del tallo. La guía que brinda el balance es un buen punto de partida, pudiendo decidirse aplicar una cantidad a la siembra entre el 30% y el 70% del total estimado por el balance, variando la fracción

según el grado de aversión al riesgo, o a otros factores subjetivos. La aplicación posterior dependerá de las condiciones operativas y de la fuente disponible.

2.2.15. Nitrógeno en la zona de Okinawa

CETABOL-CAICO (2008), manifiesta que el nitrógeno en el suelo es variable en la zona, dependiendo de la textura, años de uso de cada lote y manejo principalmente, la cantidad varía de 22.4 a 76.4 mg Kg⁻¹ a una profundidad de 0-20 cm. El análisis de 172 muestras de suelo en la zona de Okinawa indica que el 16.9% presenta valores inferiores a 33.0 mg Kg⁻¹ de nitrógeno, es decir por debajo del nivel criterio, esta referencia de clasificación que se presenta en tabla 3.

Tabla 3. Clasificación e interpretación del nitrógeno disponible en el suelo según el método extracción con solución reguladora de fosfatos.

Clasificación	N disponible (mg Kg ⁻¹)	Condición del suelo
Muy bajo	< 16.0	Incorporar al suelo bastante MO
Bajo	16.0 – 32.0	Incorporar al suelo MO
Moderado	33.0 – 56.0	Incorporar al suelo MO para mantenimiento
Alto	57.0 – 80.0	Disponibilidad de N en el suelo
Muy alto	> 80.0	Alta disponibilidad de N en el suelo

Fuente: CETABOL – CAICO (2008)

2.2.16. Urea

Según Domínguez (1997), es un producto orgánico de síntesis, que tiene un contenido de nitrógeno de 46%, todo en forma ureica o amidica, esta se transforma en la forma amoniacal por la acción de la enzima ureasa es un periodo de 3 a 10 días en condiciones normales de humedad y temperatura. La solubilidad también es muy alta (1.033 g/l a 20°C), este producto no saliniza el agua, por lo que resulta muy apropiado en el caso de aguas o suelos salinos, otra característica es que no acidifica el agua.

El mismo autor señala que es de gran solubilidad y la falta de retención por el suelo puede provocar pérdidas importantes por lixiviación o lavado si no se controlan debidamente las condiciones de su aplicación en el riego.

Duran (2001), menciona que la urea es recomendable en suelos de pH ácido a medianamente ácido, también es recomendable en todo tipo de cultivo a excepción de las leguminosas que pueden fijar nitrógeno atmosférico, en los cereales se aplica durante la siembra y macollamiento, al voleo, en surco a chorro continuo.

2.2.17. Rendimiento en grano del cultivo de trigo

CIAT (1998), indica que el rendimiento en grano tiene mucha importancia ya que determina los ingresos totales del productor. En el rendimiento influyen todas las condiciones ambientales que afecten al crecimiento de la planta así como la herencia de la misma. La capacidad intrínseca de rendimiento puede quedar expresada por características morfológicas de la planta, como el macollamiento, la longitud y densidad de espiga, el número de granos por espiguilla o el tamaño del grano, sin embargo, ninguno de estos componentes físicos puede considerarse como índice de rendimiento.

En Bolivia la superficie sembrada en la gestión de 2014 fue de 115.000 hectáreas con un rendimiento promedio de 2.45 toneladas hectárea y una producción de 281.800 toneladas, siendo la mejor producción alcanzada en los últimos 10 años, sin embargo Bolivia se encuentra con rendimientos muy bajos en el cultivo de trigo, respecto a países de la región, por ejemplo Chile, Paraguay, Perú, Brasil y Argentina tienen un promedio superior a las 3 toneladas por hectárea, porque los productores hacen un buen manejo del cultivo (ANAPO 2014)

Tabla 4. Evolución de la superficie, rendimiento, producción y precio del trigo gestión 1990 - 2014

GESTIÓN	SUPERFICIE (Ha)	RENDIMIENTO (t/Ha)	PRODUCCIÓN (t)	PRECIO (\$us/t)
1990	30.219	1,62	48.952	180
1991	36.614	1,32	48.400	175
1992	63.614	1,52	96.693	180
1993	35.115	0,96	33.710	180
1994	53.550	1,41	75.435	175
1995	53.000	0,73	38.690	195
1996	73.860	1,36	100.450	215
1997	112.250	1,07	120.414	210
1998	90.000	0,93	83.675	160
1999	37.750	1,00	37.750	160
2000	32.000	1,62	51.996	160
2001	52.000	1,10	57.200	160
2002	31.000	1,56	48.400	190
2003	26.600	1,33	35.500	175
2004	25.400	2,09	52.960	170
2005	44.000	1,73	76.120	165
2006	58.700	1,72	100.810	160
2007	55.200	1,86	102.740	250
2008	74.000	1,90	137.480	320
2009	92.250	2,09	192.887	(240-300)
2010	107.221	1,67	179.179	(280-340)
2011	68.323	1,09	70.083	(400-420)
2012	68.000	2,03	137.515	(400-445)
2013	93.000	1,24	115.285	(430-490)
2014	115.000	2,45	281.800	(430-490)

Fuente: ANAPO - Departamento Técnico y Servicios (2014)

2.2.18. Enfermedades

Gilchcrist *et al.* (2005), mencionan que el trigo es atacado por la roya del tallo causada por *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, roya lineal (amarilla o estriada) causada

por *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* y roya de la hoja causada por *Puccinia triticina* (antes *P. recondita* f. sp. *tritici*). La roya del tallo es más frecuente en climas cálidos

Las enfermedades comunes que pueden alcanzar mayor severidad en estos sistemas son la roya de la hoja (*Puccinia recondita* f.sp. *tritici*), la mancha de la hoja o septoriosis (*Septoria tritici*), la mancha bronceada o amarilla (*Drechslera triticirepentis*) y el golpe blanco o fusariosis de la espiga (*Fusarium graminearum*) (Palacio, 2006).

Además ANAPO (2004), considera que las principales enfermedades del trigo son: la Piricularia o Bruzone (*Pyricularia grisea*), la mancha marrón o helmintosporiosis (*Bipolaria sorokiniana*) y la roya de la hoja (*Puccinia recondita*).

2.2.19. Plagas

ANAPO (2004), divide las plagas que atacan los cultivos de trigo en plagas principales y plagas secundarias. En el primer grupo se encuentran el gusano militar (*Spodoptera frugiperda*) y el pulgon verde (*Schizaphis graminum*); entre las plagas secundarias se destacan el gusano de la espiga (*Pseudaletia sequax*), gusano tierrero (*Agrotis* spp.), pulgon del tallo y la raíz (*Rhopalosiphum* sp.) y el chinche de la espiga (*Thianta perditor*).

III. SECCION DIAGNOSTICA

3.1. Materiales y Métodos

3.1.1. Localización y ubicación

El presente trabajo se realizó en el Centro Tecnológico Agropecuario de Bolivia de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (CETABOL-JICA) ubicado en la colonia de Okinawa 2, el mismo que se encuentra situado a una distancia de 80 Km de la ciudad de Santa Cruz en la provincia Warnes, cantón Tocomechi del Departamento de Santa Cruz. (Gráfico 1).

Geográficamente Okinawa 2 se encuentra a una altura de 370 m.s.n.m. y su ubicación geográfica es 17°12' latitud sur y 62°50' longitud oeste.

3.1.2. Características del lugar

3.1.2.1. Clima

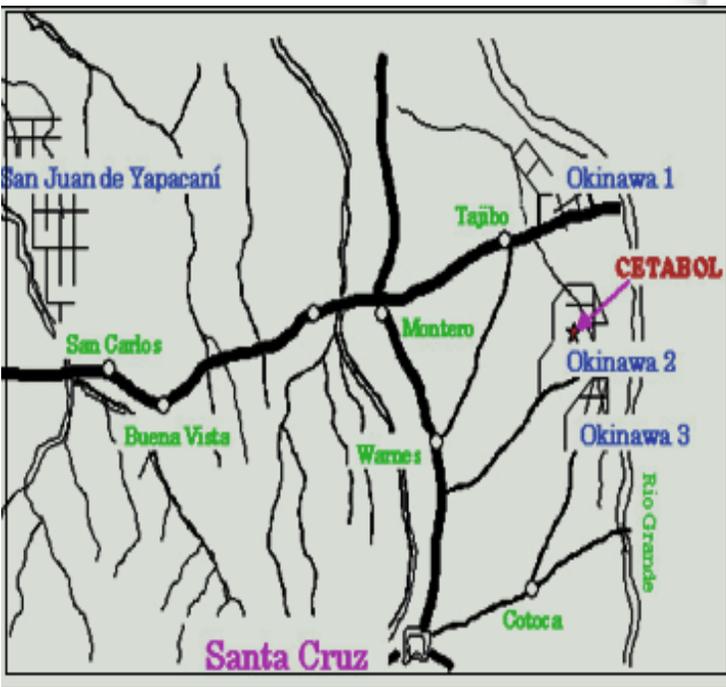
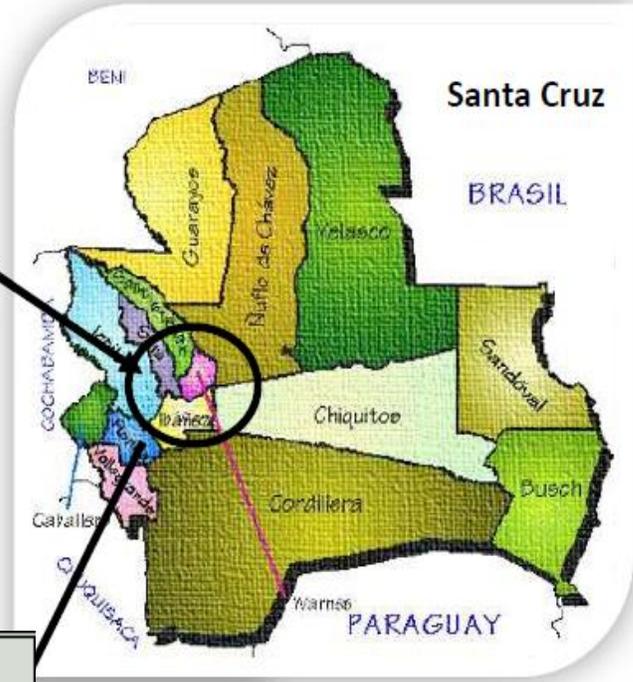
La zona presenta una precipitación, promedio de 1293,9 mm por año con una precipitación mínima de 47 mm en el mes de Julio y una máxima de 198 mm en el mes de enero (CETABOL-JICA, 1996).

La temperatura media anual es de 23,8°C con una mínima media anual de 18.7°C y una máxima media anual de 29,6°C y una humedad relativa anual de 74% (CETABOL-JICA, 2001).

3.1.2.2. Suelos

Según CETABOL (2002), los suelos de Okinawa – II son de textura predominante franco arenosos. Estos suelos son de pH neutro a alcalino, que influyen significativamente en las propiedades de estos suelos, ya que tienden a acumular sales de magnesio y sodio; como también influye en la concentración de fósforo, geológicamente corresponde a la llanura de formación aluvial por el depósito de sedimentos del subandino transportados por los principales ríos

Gráfico 1. Localización Geográfica del ensayo



3.1.3. Materiales

3.1.3.1. Biológico

- ✓ Semilla de trigo variedad Paraguá

3.1.3.2. Químico

- ✓ Urea

3.1.3.3. Fitosanitarios

- ✓ Insecticida y Herbicidas necesarios para el control de plagas y malezas

3.1.3.4. De campo

- ✓ Estacas
- ✓ Pitas
- ✓ Cinta métrica

3.1.3.5. De gabinete

- ✓ Planillas
- ✓ Balanza de precisión
- ✓ Contador de granos
- ✓ Medidor portátil de humedad

3.1.4. Metodología

3.1.4.1. Procedimiento del trabajo

a. Establecimiento del área de estudio

El área donde se establecieron las parcelas de estudio ocupó una extensión total de 2555.5 m², esta superficie se caracterizó por tener rastrojos de soya resultantes de la gestión agrícola anterior (campaña de verano).

b. Muestreo y análisis del suelo

Para determinar la fertilidad existente en el terreno de estudio antes de la siembra, se tomaron 20 muestras del suelo al azar por el método del zig-zag cuarteando hasta obtener un kilogramo de suelo (Chillón, 2013, comunicación personal), a una profundidad de 20 cm, para conseguir las muestras se tuvo cuidado de no sacar en lugares que no sean representativos de la unidad de muestreo como ser en lugares que se acumulan los residuos, cerca de las cortinas rompe vientos, cerca de sectores inundados y otros, posteriormente la muestra fue enviado para su análisis al laboratorio de CETABOL-JICA, ubicado en la colonia de Okinawa 2, donde se hizo un análisis principalmente del pH, C.E., textura del suelo, M.O., C.I.C, disponibilidad de los principales nutrientes para el cultivo de trigo como el N, P y bases intercambiables como Ca, Mg, Na, K (Ver anexo 3).

c. Tratamiento fitosanitario de la semilla

El tratamiento fitosanitario para la semilla se realizó 24 horas antes de la siembra del trigo, con el fungicida Vitavax (Carboxin 20% +thiram 20% **SC**), en una solución de 200 ml * 100 kg de semilla.

d. Preparación de la cama de siembra

Previo a la siembra de trigo se realizó la preparación de la cama, donde se aplicaron mezclas de herbicidas (Fluroxipir+2-4D en dosis de 0.3 lt/ha), para evitar la propagación de malezas.

e. Siembra

La siembra fue realizada en la segunda quincena del mes de mayo del 2010, de forma directa (siembra sobre rastrojo) y mecanizada. Para ello se calibro la sembradora a una densidad de 140 kg/ha de semilla con una caída a chorrillo de 75 semillas por metro lineal y una distancia entre surcos de 20 cm.

f. Aplicación del fertilizante

La aplicación del fertilizante se realizó de acuerdo al requerimiento de nitrógeno de la planta de trigo en diferentes métodos de aplicación para esto se usó la urea como fuente de nitrógeno, se realizó la aplicación del fertilizante al voleo en cobertura, dependiendo del método de fertilización se realizó en tres etapas de la planta durante la siembra, macollamiento y en embuche, también se contó con un testigo donde no se aplicó fertilizante

g. Prácticas culturales

Para el control de malezas, insectos y enfermedades durante el ciclo del cultivo, se realizó prácticas culturales, que a continuación se detallan.

h. Control de malezas

El 1er control de malezas se realizó antes de la siembra con el herbicida STARANE (principio activo Fluroxypir 20% EC) + ARCO 2-4D (principio activo 2-4D dimetilamonio) en dosis de 0.3 lt/ha, para evitar que las malezas compitan con el trigo emergente

El 2do control fue realizado a los 22 días después de la siembra, se realizó con el herbicida ARCO 2-4D (principio activo 2-4D dimetilamonio) para malezas de hoja ancha como ser Chiori (*Amaranthus* sp.) Quinoa Blanca (*Chenopodium album*).

i. Control de plagas

Para el control de plagas, se aplicaron tres aspersiones preventivas con insecticida en la fase vegetativa y reproductiva para el control de insectos raspadores, cortadores de hojas y también cortadores de espigas.

Las plagas que atacaron el cultivo de trigo fueron: el Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y Barrenador del tallo (*Mocis latipes*), para los cual se usaron insecticidas como ser Lorsban 4E (principio activo clopirifos 48%), Cypermetrina (principio activo Cypermetrina 25%) y Curacron técnico (principio activo Profenofos).

j. Control de enfermedades

En dos oportunidades se realizaron aplicaciones de fungicida contra roya de la hoja causada por el hongo *Puccinia triticina* se hizo la aspersión del fungicida Tebucur (principio activo Tebuconazole 25%) a una dosis de 0.50 lt/ha.

3.1.4.2. Procedimiento Experimental

a. Diseño Experimental

De acuerdo a los objetivos planteados y características del trabajo el ensayo se efectuó bajo el diseño de bloques al azar (DBA) con 8 tratamientos y 3 repeticiones.

- **Modelo lineal estadístico**

Según Calzada (1998) corresponde a un Diseño de Bloques al azar.

$$Y_{ij} = m + b_j + a_i + ee_{ij}$$

Y_{ij} = Promedio del i-ésimo tratamiento en la j-ésimo bloque

m = Media general

b_j = Efecto de j-esimo bloque

a = Efecto de i-esimo tratamiento (fertilización nitrogenada)

ee_{ij} = Error experimental

De esta forma la parcela de estudio se dividió en 8 tratamientos con 3 bloques cada una, donde se aplicó 8 diferentes métodos de aplicación del requerimiento en nitrógeno de la planta de trigo.

Para este estudio se aplicó el 100% de requerimiento de nitrógeno (N) en kg/ha para todos los métodos o tratamientos a excepción del testigo, tomando en cuenta tres diferentes fases del cultivo de trigo como ser siembra, macollamiento y embuche, de esta manera el 100% del requerimiento del cultivo en nitrógeno vendría a ser 93 kg de N/ha, y por parcela para 71.3 m² vendría a ser 662 gr.

Tabla 5. Formulación de tratamientos en porcentaje y kg de N por ha

MÉTODOS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA Ó TRATAMIENTOS	FASES DEL CULTIVO DE TRIGO PARA LA APLICACIÓN DEL NITROGENO		
	SIEMBRA	MOCOLLAMIENTO	EMBUCHE
T1	0%	0%	0%
T2	100 % = 93 kg N	0%	0%
T3	0%	100% = 93 kg N	0%
T4	0%	0%	100%= 93 kg N
T5	10% = 9.3 kg N	40% = 37.2 kg N	50% = 46.5 kg N
T6	20% = 18.6 kg N	40% = 37.2 kg N	40% = 37.2 kg N
T7	50% = 46.5 kg N	50% = 46.5 kg N	0%
T8	0%	50% = 46.5 kg N	50% = 46.5 kg N

Para un mejor entendimiento y manejo en presente documento solo se manejó en porcentaje la cantidad de fertilizante que se debe aplicar y no así en kg/ha, de la siguiente manera.

Tabla 6. Formulación de tratamientos en porcentaje %

Tratamientos ó Métodos de fertilización nitrogenada		
T ₁	0%	
T ₂	100% - 0% - 0 %	
T ₃	0% - 100% - 0 %	
T ₄	0% - 0 % - 100%	
T ₅	10% - 40% - 50 %	
T ₆	20% - 40% - 40%	
T ₇	50% - 50% - 0 %	
T ₈	0% - 50% - 50 %	

b. Características del área experimental

Tabla 7. Características del área de estudio

Número de tratamientos	8
Número de repeticiones	3
Número de bloques	3
Área Total del experimento	2555.5 m ²
Área de pasillos	11.8 m
Área de la unidad experimental	71.3 m ²
Número de unidades experimentales	24
Ancho de las unidades experimentales	4.6 m
Efecto de bordura	0.5 m
Ancho de los pasillos	2.5 m y 0.6 m

3.1.4.3. Variables de respuesta

a. Altura de plantas

Durante la época vegetativa se registro la tasa de crecimiento a los 34 y a los 108 días después de la siembra tomando 10 plantas elegidas al azar por cada unidad experimental utilizando una regla graduada en centímetro midiendo desde la base del suelo hasta el ápice de la hoja para los 34 días y para los 108 días desde la base del suelo hasta el cuello de la planta donde empieza la espiga.

b. Número de macollos por planta

Se hizo el conteo del número de macollos por planta de cada unidad experimental tomando 10 plantas elegidas al azar; esto se realizó a los 108 días después de la siembra.

c. Número de granos por espiga

Se obtuvo 30 plantas al azar de cada unidad experimental y se realizó el trillado y venteado de los mismos y posteriormente se procedió al conteo de granos con la contadora de granos sacando un promedio por cada espiga.

d. Peso de 1000 granos

Con las muestras obtenidas de las 30 espigas se realizó el conteo de 1000 granos con el contador de granos y utilizando la balanza de precisión se obtuvo el peso de los 1000 granos de trigo.

e. Peso hectolítrico

El peso hectolítrico fue evaluado con la ayuda de un recipiente de volumen conocido y una balanza de precisión y el grano limpio de la muestra del rendimiento en grano de cada unidad experimental.

f. Rendimiento en grano de la producción de trigo

Para evaluar el rendimiento final del cultivo se hizo la cosecha del trigo en 2 puntos de la unidad experimental, cada punto tenía un área de 5 m² posteriormente se procedió al trillado y luego al pesado y los datos obtenidos fueron ajustados al 13% de humedad y así se obtuvo los rendimientos de todo el ensayo.

g. Análisis de los costos parciales de la producción

El análisis de costos parciales de producción incluye solamente los costos afectados con el cambio tecnológico propuesto, en este ensayo lo que se hizo es realizar una comparación y demostrar si la alternativa tecnológica de la aplicación de los diferentes métodos de fertilización nitrogenada tiene ventajas económicas contra la

práctica tradicional del agricultor según CIMMYT (1988), de acuerdo a las siguientes formulas:

Beneficio bruto

$$BB = R \times P$$

Donde: BB= Beneficio Bruto (Bs/ha)

R= Rendimiento promedio por tratamiento (t/ha)

P= Precio del producto ajustado (Bs)

Beneficio neto o utilidad del cultivo

$$BN = BB - TC$$

Donde: BN=Beneficio neto (Bs/ha)

BB=Beneficio Bruto (Bs/ha)

TC= Total costos variables de producción (Bs)

Tasa de retorno marginal (T.R. M = %)

$$(BN1 - BN2 / CV1 - CV 2) * 100$$

IV. SECCIÓN PROPOSITIVA

4.1. Análisis de Resultados

4.1.1. Condiciones Meteorológicas

Los datos de temperatura y precipitación fueron registrados en la estación meteorológica de CETABOL – JICA, ubicado en la zona de Okinawa 2 mismo lugar donde se realizó el ensayo que fue durante la campaña de invierno del año 2010 desde el mes de mayo hasta el mes de septiembre.

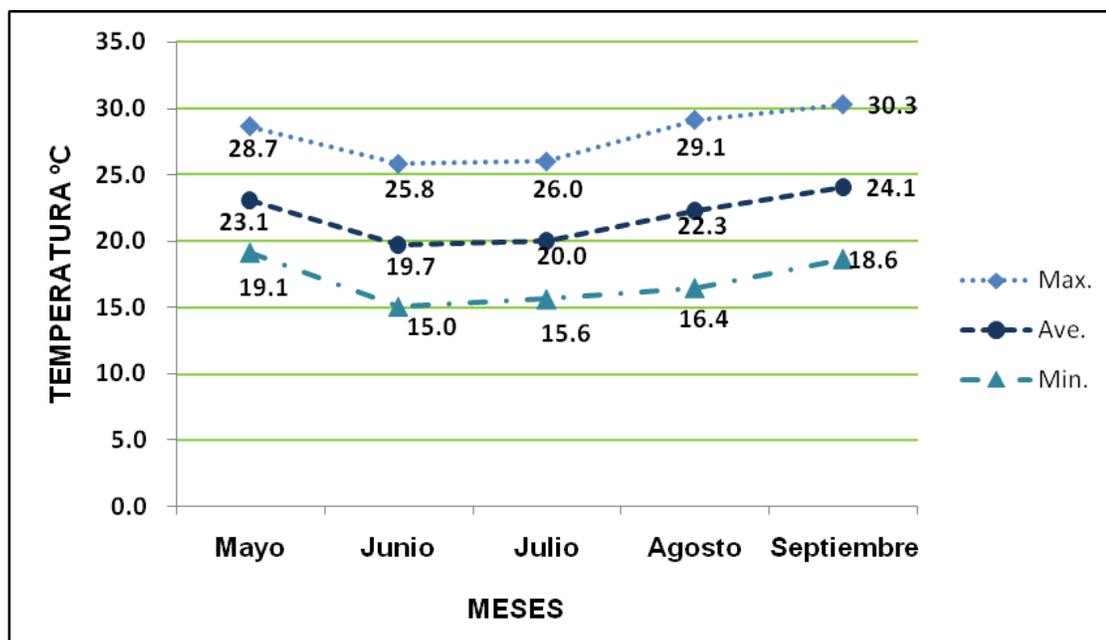
4.1.1.1. Temperatura

En el gráfico 2 se presenta los registros de temperatura máxima, mínima y media registrada durante el ciclo del cultivo de trigo. Se puede observar que la máxima media fue de 28.00 °C, la media de la temperatura mínima fue de 16.98 °C, y la media de la temperatura media fue de 21.86 °C.

En los meses de Mayo y Agosto presentó una temperatura más elevada a comparación del resto de los meses con una temperatura de 32.2 y 34.0 y la mínima absoluta en los meses de mayo y Junio con temperaturas de 11.4 y 12.6.

Según CETABOL-CAICO (2008), la temperatura promedio para el cultivo de trigo esta por los 21.3 °C, entonces se podría decir que durante el ensayo las temperaturas obtenidas estaban dentro del promedio indicado para el cultivo de trigo.

Gráfico 2. Datos de temperatura máxima, mínima y media mensual (°C) registradas durante el ciclo del cultivo de trigo

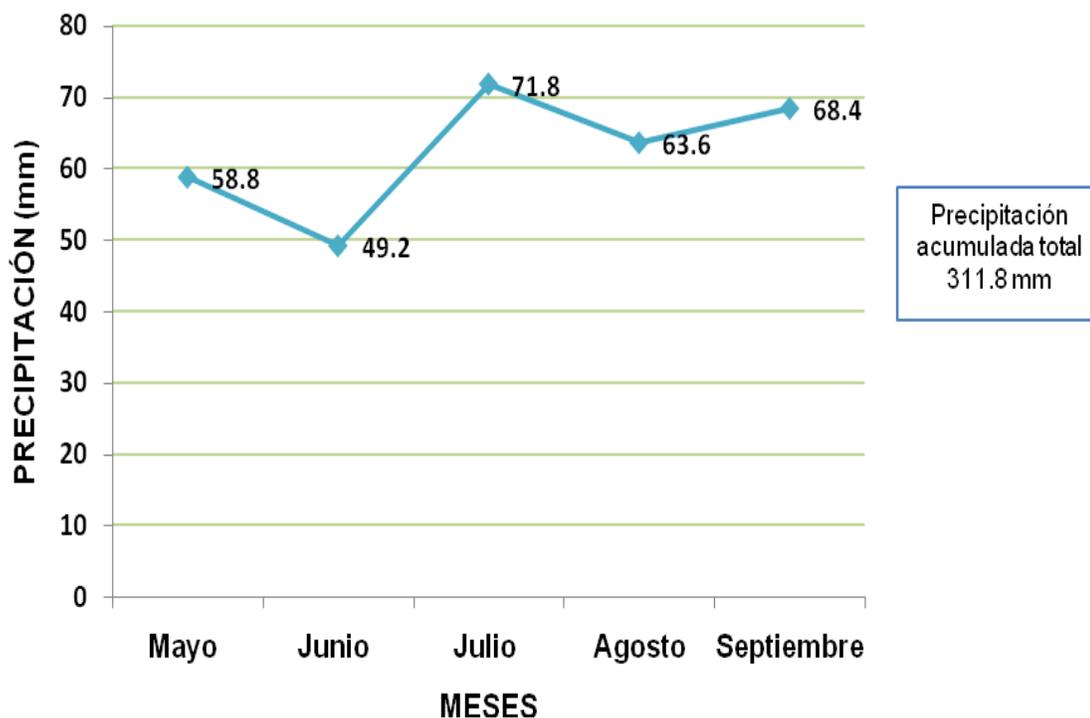


4.1.1.2. Precipitación

El gráfico 3 muestra la cantidad de precipitación que cayó durante los meses que duro el ensayo. La mayor precipitación se registró durante el mes de julio con 71.8 mm y el mes que menos precipitación cayó en junio del 2010 con 49.2 mm obteniendo una precipitación total de 311.8 mm, lo que nos señala que esta dentro del rango requerido para cubrir las necesidades hídricas de la planta por lo tanto no hubo un déficit hídrico ya que esta entre los 300 a 400 mm de agua durante todo su ciclo, (CETABOL-CAICO, 2008).

Rimache (2008), señala que el déficit hídrico es el primer factor limitante de la productividad en la sierra, en consecuencia la caída pluviométrica, la evapotranspiración y la capacidad de almacenamiento de agua de los suelos son factores que determinan los rendimientos alcanzables y por tanto la demanda de nitrógeno.

Gráfico 3. Datos de Precipitación (mm) registradas durante el ciclo del cultivo de trigo invierno



4.1.2. Análisis físico químicas de suelo del área de estudio

CIAT-ANAPO (1996), asevera que el análisis de suelo es un instrumento que permite la elaboración de una recomendación adecuada que ofrece menos riesgos, especialmente si otros factores fueron considerados en la decisión sobre las dosis de fertilizante a aplicar.

4.1.2.1 Análisis físico del suelo

El cuadro 1 muestra los resultados del análisis físico-químico de los suelos utilizados durante el ensayo.

Cuadro 1. Análisis físico del suelo antes de la siembra del cultivo de trigo

PARAMETRO	RESULTADOS
Profundidad	0-20 cm
Arcilla	12.7%
Limo	25.2%
Arena	62.1%
Textura	Franco arenosa (FA)
Dap.	1.35 t/m ³

El análisis físico muestra que tiene una textura franco arenoso, ANAPO (2008), indica que el cultivo de trigo prefiere suelos franco arenosos entre otros para su buen rendimiento, desde este punto de vista el lote del ensayo es apto para el cultivo de trigo

4.1.2.2 Análisis químico del suelo

En el cuadro 2 se puede observar que el nitrógeno disponible es de 25.43 mg/kg, al respecto CETABOL-CAICO (2008), indica que de 16.00 a 32.00 mg/kg se considera que los suelos tienen un bajo contenido de Nitrógeno disponible, por tanto la cantidad del mismo presente en los suelos analizados es bajo para la producción de trigo y por eso se requiere la incorporación de fertilizantes nitrogenados.

Los resultados del análisis dieron como resultado un pH de 6.96 y 43.60 $\mu\text{mho/cm}$ en la Conductividad Eléctrica (CE), lo cual indica que estos datos están en el rango requerido para el cultivo de trigo. Carrasco y Baez (2005), al respecto señalan que el cultivo de trigo es medianamente tolerante a suelos salinos, su rendimiento es afectado cuando la conductividad eléctrica es mayor a 6 mmhos/cm, considera el pH del suelo óptimo de 5,5 a 7 aunque puede tolerar más. Los mejores rendimientos son obtenidos en suelos con buen poder absorbente y no muy aireados

Por otro lado el análisis de materia orgánica registra que los suelos antes de la siembra presentaban un contenido de 14.24 g/kg o 1.4%.

Cuadro 2. Análisis químico del suelo antes de la siembra del cultivo de trigo

PARAMETRO	RESULTADOS	CALIFICACIÓN
Profundidad	0-20 cm	
Conductividad eléctrica 1:5	43.60 $\mu\text{mho/cm}$	Sin problemas de sales
pH 1:5	6.96	Neutro (Ideal para el cultivo de trigo)
Capacidad de Inter. Cation. (CIC)	9.06 cmolc/kg	Moderado
Nitrógeno disponible	25.43 mg/kg	Bajo
Fosforo disponible	8.58 mg/kg	Bajo
Materia Orgánica M.O.	14.24 g/kg	Bajo
BASES INTERCAMBIABLES		
Calcio	6.91 cmolc/kg	Moderado
Magnesio	0.78 cmolc/kg	Bajo
Sodio	0.18 cmolc/kg	Bajo
Potasio	0.76 cmolc/kg	Alto

4.1.3. Altura de planta a los 34 días

A continuación se presenta el análisis de varianza para altura de plantas evaluado a los 34 días después de la siembra del cultivo de trigo para mostrar estadísticamente las diferencias significativas o no significativas que existen entre bloques y entre tratamientos (cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza para altura de planta a los 34 días después de la siembra de trigo

FV	GL	SC	CM	Fc	F_{5%}	
Bloque	2	10.640	5.320	0.38	3.63	NS
Tratamiento	7	198.146	28.306	2.03	2.66	NS
Error	14	195.145	13.938			
Total	23	403.933				

NS; No significativo

CV = 12.07%

Media general = 30.93 cm

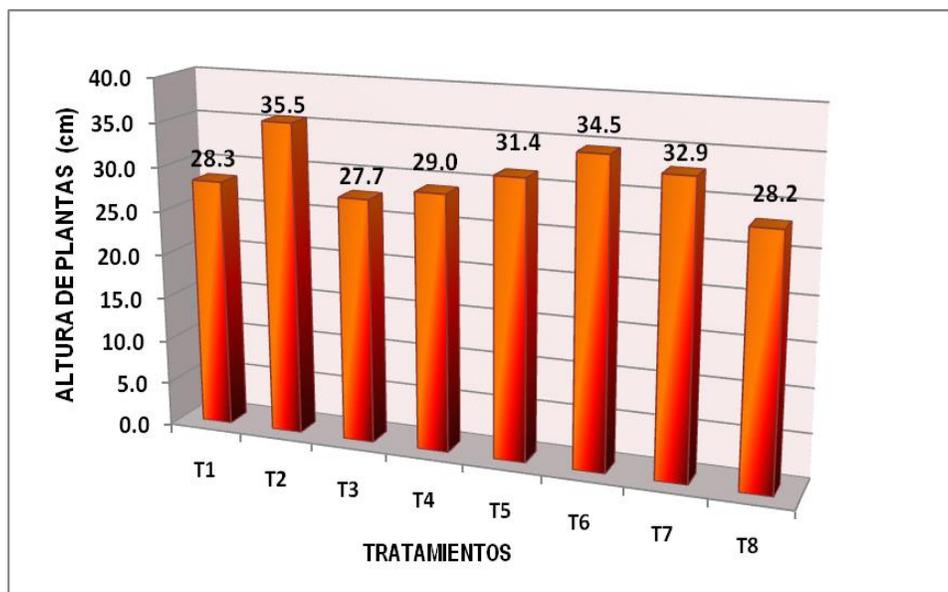
El análisis estadístico en el cuadro 3 muestra que no existen diferencias significativas para ninguno de los factores en estudio. Así mismo muestra que no hay diferencias significativas entre bloques por lo que se puede afirmar que las condiciones de experimentación fueron homogéneas para todo el experimento.

Al mostrar diferencias no significativas entre tratamientos este resultado nos indica que la fertilización realizada a los tratamientos T2, T3, T5, T6, T7 y T8 durante la siembra no afectó el crecimiento ya que todas las plantas de trigo de todos los tratamientos crecieron al mismo ritmo.

Por otro lado se puede decir que los datos obtenidos fueron bien manejados ya que el coeficiente de variación es de un 12.07% y que está dentro del rango permitido para trabajos de campo según señala (Calzada, 1982).

El gráfico 4 muestra los promedios obtenidos de la altura de plantas a los 34 días después de la siembra, si bien no existen diferencias significativas entre tratamientos se puede ver diferencias en promedios donde el tratamiento T2 presenta la mayor altitud con 35.5 cm lo que indica que aplicando el 100% del N durante la siembra ayuda al crecimiento de la planta de trigo a diferencia del tratamiento T3 que presento la más baja altura con 27.7 cm.

Gráfico 4. Altura de plantas a los 34 días después de la siembra para métodos de fertilización nitrogenada



4.1.4. Altura de plantas a los 108 días

El cuadro 4 muestra el análisis de varianza para altura de plantas a los 108 días donde señala que se obtuvo significancia estadística para los tratamientos y no así entre bloques entonces se puede afirmar que las condiciones donde se realizó el experimento fue homogéneo.

Cuadro 4. Análisis de varianza para altura de planta a los 108 días después de la siembra

FV	GL	SC	CM	Fc	F _{5%}	
Bloque	2	6.960	3.480	2.19	3.63	NS
Tratamiento	7	33.379	4.768	3.00	2.66	*
Error	14	22.259	1.589			
Total	23	62.599				

*; Significativo al nivel 5%

NS; No significativo

CV = 11.60 %

Media general = 79.92 cm

Así mismo el coeficiente de variación indica que el manejo de las unidades experimentales ha sido relativamente bueno pues se hace evidencia que la variabilidad de las unidades experimentales no supera el parámetro establecido para ensayos de campo que es el 30%.

4.1.4.1. Comparación de medias para altura de plantas a los 108 días del cultivo de trigo para métodos de fertilización nitrogenada

La comparación de medias para altura de plantas evaluado a los 108 días para métodos de fertilización, se realizó mediante la prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística, expuesta en el cuadro 5.

Cuadro 5. Comparación de medias de altura de planta a los 108 días para métodos de fertilización nitrogenada

Tratamiento	Medias (cm)	Prueba de Duncan (0.05)
T ₈	81.6	a
T ₇	81.0	a
T ₆	80.6	a
T ₅	80.4	a b
T ₃	80.3	b c
T ₂	78.7	b c
T ₄	78.4	b c
T ₁	78.3	c

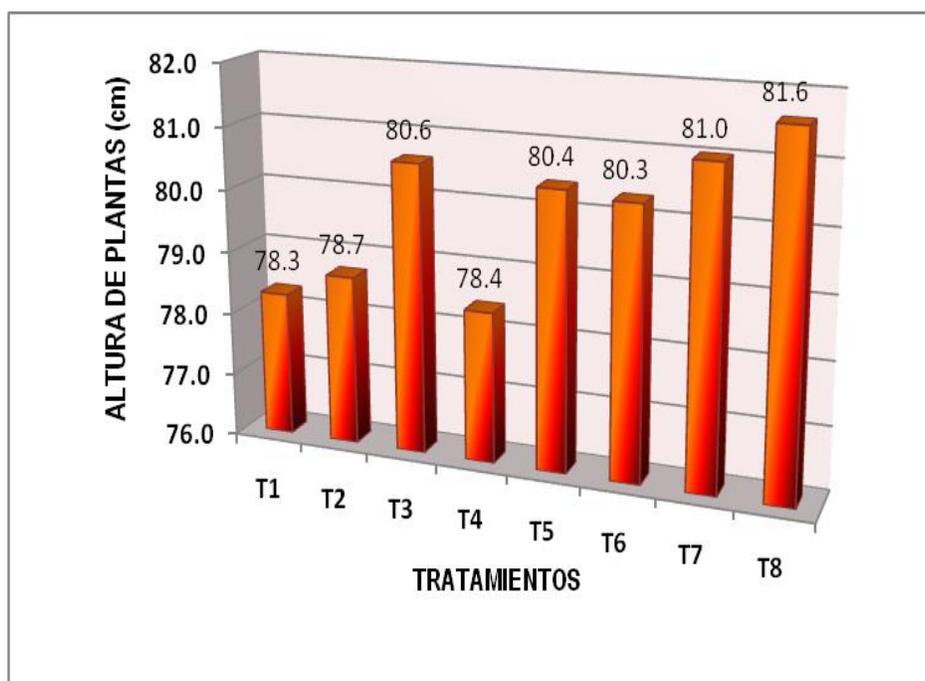
Promedios seguidos por la misma letra no son significativos

Una vez realizada la prueba de Duncan (5%), se determinó que el tratamiento que permite obtener una altura mayor es el T₈ con 81.6 cm esto quiere decir que aplicando el 50% del requerimiento de nitrógeno durante la fase de macollamiento y el otro 50% del requerimiento de la planta durante la fase de embuche, la planta de trigo aprovecha mejor el nitrógeno y se obtienen resultados mayores en altura, mientras que cuando no se aplica nitrógeno en estas fases del cultivo o cuando no se aplica en la proporción correcta los resultados son inferiores entre 78.4 y 78.3 cm

Evidentemente se puede ver que las diferencias se atribuyen a las características proporcionadas por el nitrógeno a las plantas que son favorecidas en la altura de plantas.

De la misma forma Moreno y Plana (1997) aseveraban que la altura de plantas es variable, que depende de la variedad del suelo, fertilización, clima influenciado por la precipitación en su diferente tasa de crecimiento vegetativo de la planta existiendo una directa relación entre cantidad de precipitación y altura de planta.

Gráfico 5. Altura de plantas a los 108 días después de la siembra para métodos de fertilización nitrogenada



Echeverría y García (2005), indica que la eficacia del nitrógeno de los fertilizantes nitrogenados depende del método y del momento de aplicación. Cuando el nitrógeno es incorporado, todos los fertilizantes nitrogenados presentan eficiencias de uso similares.

Al respecto de los resultados obtenidos por ANAPO (2007), indican que para la época de invierno la altura promedio para la variedad Paragua del cultivo de trigo es 80 a 82 cm dependiendo de la calidad de la semilla de las características físico-químicas y biológicas del suelo y clima.

4.1.5. Número de macollos por plantas

De acuerdo al análisis de varianza realizado para la variable de número de macollos no se encontró diferencias significativas para ninguno de los factores de estudio, no existe diferencias entre bloque lo cual nos afirma que las condiciones donde se realizó la investigación fue homogéneo.

Cuadro 6. Análisis de varianza para número de macollos por planta

FV	GL	SC	CM	Fc	F_{5%}	
Bloque	2	0.063	0.031	0.59	3.63	NS
Tratamiento	7	0.593	0.084	1.57	2.66	NS
Error	14	0.756	0.054			
Total	23	1.413				

NS; No significativo

CV = 8.71%

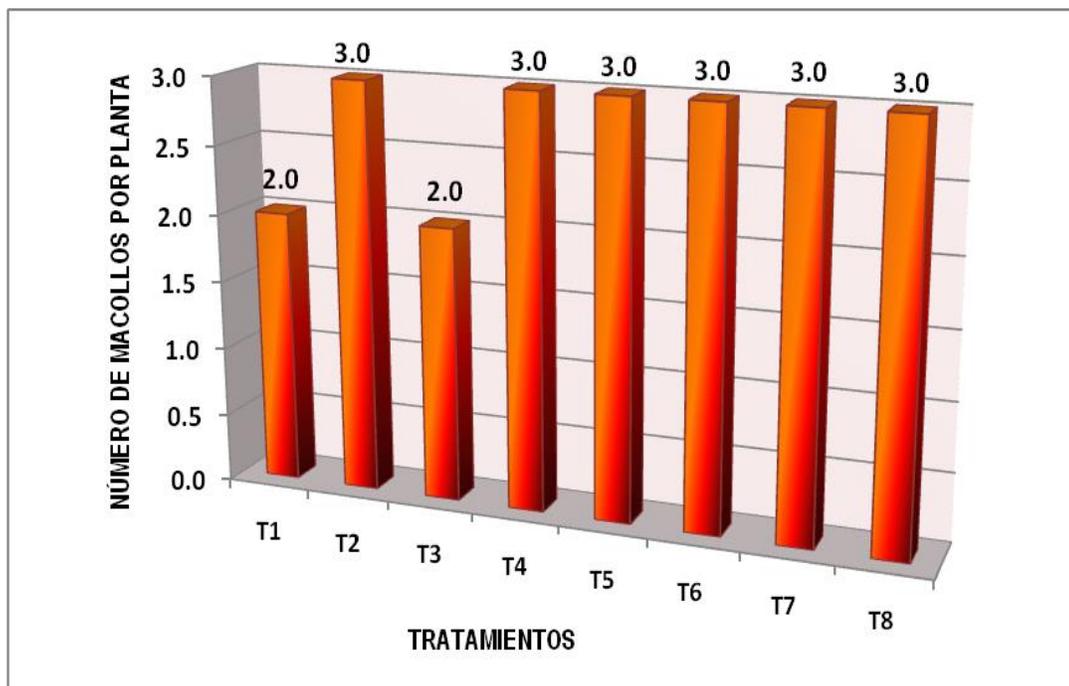
Media General = 3.0 macollos

Así mismo en el cuadro 6 se observa que no existe diferencias estadísticas entre tratamientos esto nos muestra que la fertilización realizada a los diferentes tratamientos no afecto en la cantidad de macollos de la planta de trigo, realizado esta evaluación se confirmo que esta variedad en su mayoría solo produce de 2 a 3 macollos, así también ANAPO (2008) menciona que la variedad Paragua no produce más de 3 macollos por planta a diferencia de otras variedades de trigo (gráfico 6)

Además López (2000), en un estudio de densidad de siembra y su influencia sobre componentes del rendimiento de trigo realizado en Santa Cruz, indica que el número de macollos por planta depende de la variedad, el clima, la nutrición de la planta, densidad de siembra y profundidad de siembra

Por otro lado se puede observar que los datos obtenidos durante la evaluación fueron bien manejados ya que el análisis de varianza nos da un 8.71% de coeficiente de variación y está dentro del rango aceptable para evaluaciones de campo.

Gráfico 6. Número de macollos por planta para métodos de fertilización nitrogenada



De acuerdo a los resultados obtenidos se puede ver que con la aplicación de la fertilización nitrogenada se consigue el mismo número de macollos por planta, a diferencia del T1 y el tratamiento T3, al respecto Estivares (2005) en un ensayo sobre fertilización foliar y fosfatada en dos variedades de trigo en el departamento de Santa Cruz, consiguió un promedio de 3 macollos por planta respectivamente, resultados que son similares a los obtenidos en el ensayo, así mismos INTA (2006), sostiene que la capacidad macolladora del trigo esta condicionada tanto por factores genéticos y la densidad de siembra.

4.1.6. Peso de 1000 granos

Para poder conocer si en los tratamientos se presentaron diferencias estadísticas para la variable peso de 1000 granos, se hizo el análisis de varianza al 5% de probabilidad (cuadro 7)

Cuadro 7. Análisis de varianza para peso de 1000 granos de la producción trigo

FV	GL	SC	CM	Fc	F_{5%}	
Bloque	2	2.556	1.278	0.62	3.63	NS
Tratamiento	7	6.940	0.991	0.48	2.59	NS
Error	14	28.711	2.051			
Total	23	38.208				

NS; No significativo

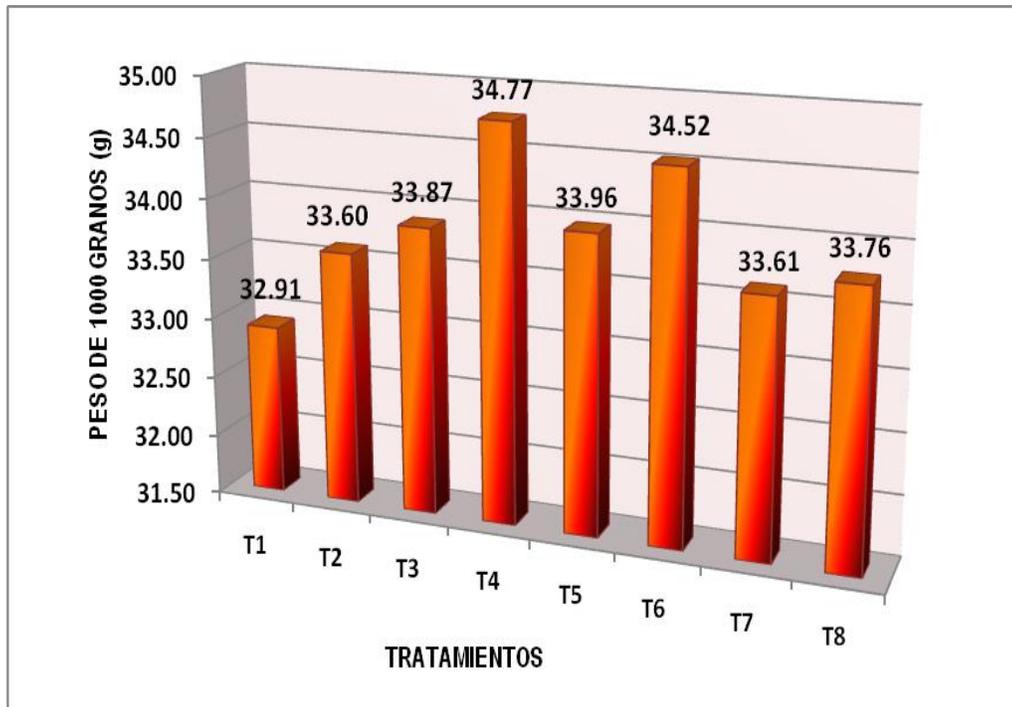
CV = 4.36%

Media general = 33.88 g

El análisis de varianza detectó que no existen diferencias significativas para las fuentes de variación de los tratamientos y los bloques, esto demuestra que la fertilización nitrogenada realizada con urea no influyo en el peso de las 1000 granos cuantificados de cada tratamiento.

El coeficiente de variación de la variable peso de 1000 granos es de 4.36%, indica que los datos obtenidos y la metodología aplicada en la recolección de los mismos fueron confiables, ya que tiene un valor menor al 30%, porcentaje considerado como límite para trabajos de campo; según Calzada (1982)

Gráfico 7. Peso de 1000 granos de la producción trigo para métodos de fertilización nitrogenada



Si bien no se consiguieron resultados significativos en el peso de 1000 granos el gráfico 7 nos muestra los promedios conseguidos en el ensayo realizado, los tratamientos que mayores valores alcanzaron fueron el tratamiento T4 con 34.77g donde se aplicó el 100% del requerimiento en nitrógeno durante la fase de embuche, seguido por el tratamiento T6 con 34.52 g donde se aplicó 20% de N durante la siembra, 40% de N durante el macollamiento y el otro 40% de N en embuche, el tratamiento que menor valor en promedio consiguió fue el tratamiento T1 con 32.91 gr donde no se realizó ninguna fertilización nitrogenada, lo que muestra que con la aplicación de la fertilización nitrogenada se pudo conseguir casi los mismos valores en el peso de 1000 granos mientras que sin la aplicación del fertilizante nitrogenado los valores son inferiores.

Normalmente no hay gran relación entre el rendimiento y el peso de los granos, ya que esta característica está más bien determinada por la genética de la variedad (INTA, 2005).

4.1.7. Peso hectolítrico

El análisis de varianza para peso hectolitrico se muestra en el cuadro 8 efectuado el mismo se detectaron diferencias significativas al 5% de probabilidad para los diferentes tratamientos, y no se encontraron diferencias significativas de probabilidad para los bloques.

Cuadro 8. Análisis de varianza para peso hectolítrico de la producción de trigo

FV	GL	SC	CM	Fc	F_{5%}	
Bloque	2	0.930	0.465	0.36	3.63	NS
Tratamiento	7	24.959	3.566	2.80	2.59	*
Error	14	17.838	1.274			
Total	23	43.727				

*; Significativo al nivel 5%

NS; No significativo

CV = 1.34%

Media General = 84.273 kg/hl

El coeficiente de variación es de 1,34% que fue ínfimo y se encuentra por debajo del rango admisible, este valor nos indica que los datos obtenidos y la metodología empleada en la recolección de los mismos fueron confiables.

4.1.7.1. Comparación de medias para el peso hectolítrico de la producción de trigo para métodos de fertilización nitrogenada

La comparación de medias para el factor tratamientos, se realizó mediante la prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística, expuesto en el cuadro 9 donde se puede evidenciar las medias del peso hectolítrico por tratamientos, y de acuerdo a la clasificación de Duncan el tratamiento T7 con 85.823 kg/hl donde se aplicó el 50% de N durante la siembra y el otro 50% de N en la fase de macollamiento, seguido por el tratamiento T6 con 84.916 kg/hl donde se aplicó 20% de N durante la siembra, 40% de N durante el macollamiento y el otro 40% de N en embuche, a diferencia del resto de los tratamientos que presentaron promedios menores en particular el

promedio más bajo presento el testigo T1 con 82.032 kg/hl, esta diferencia puede atribuirse especialmente a que en el testigo no se hizo la aplicación de fertilizante.

Cuadro 9. Comparación de medias para peso hectolítrico de la producción de trigo para métodos de fertilización nitrogenada

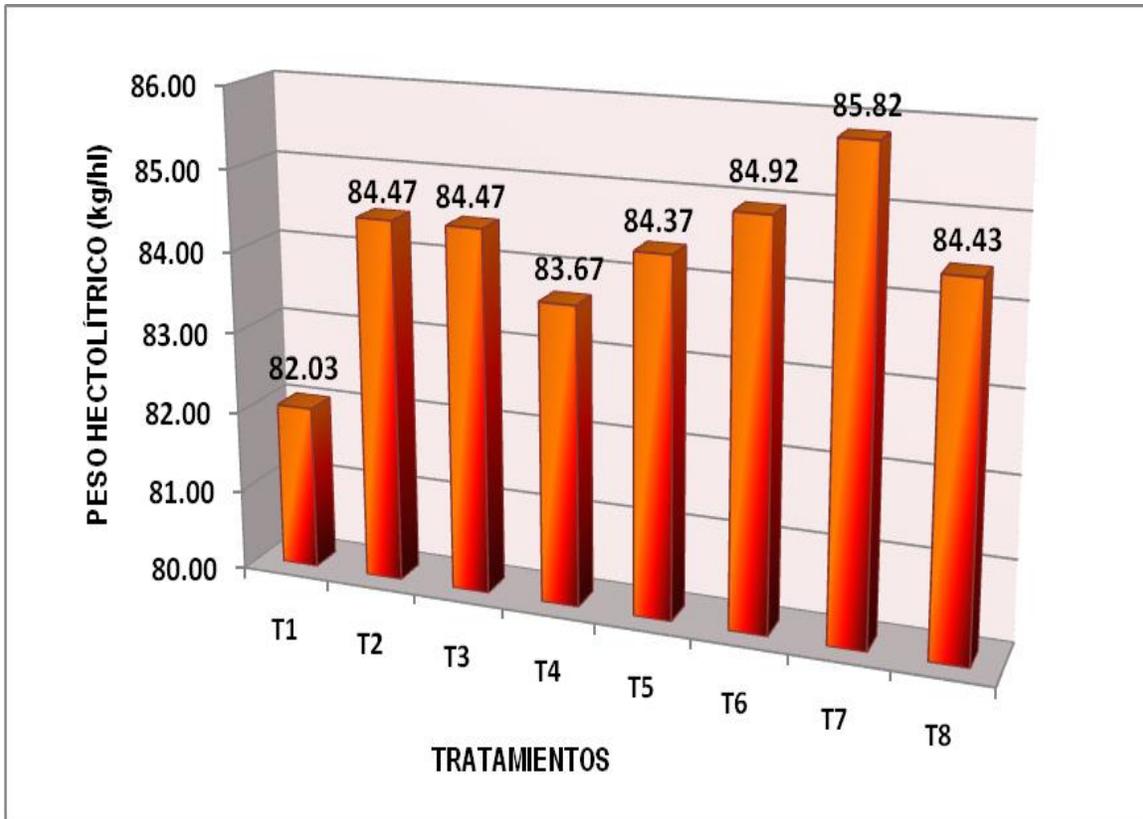
Tratamiento	Medias (kg/hl)	Prueba de Duncan (0.05)
T₇	85.823	a
T₆	84.916	a
T₂	84.472	b
T₃	84.468	b
T₈	84.434	b
T₅	84.372	b
T₄	83.666	c
T₁	82.032	c

Promedios seguidos por la misma letra no son significativos

De acuerdo a SAGARPA (2003), mencionado por Juárez (2011), en un estudio realizado en los valles de La Paz sobre el comportamiento agronómico de tres variedades de trigo bajo tres densidades, menciona que el peso hectolítrico es un factor importante desde el punto de vista de calidad, ya que generalmente un peso hectolítrico alto refleja un buen rendimiento harinero, los granos de menor tamaño tienen mayor peso hectolítrico y producirán mayor cantidad de harina.

ANAPO (2004), menciona que siembras tardías después del 10 de junio tienen mayores probabilidades de sufrir el ataque de roya de la hoja, luego las temperaturas altas durante el llenado de grano tiene como consecuencia granos desuniformes, resultando en el grano "chupado" con bajo peso hectolítrico.

Gráfico 8. Peso hectolítico de la producción de trigo para métodos de fertilización nitrogenada



Mollericona (2013), en un trabajo realizado en Santa Cruz realizó un ensayo con diferentes niveles de fertilizante nitrogenado foliar y urea en el cultivo de trigo consiguió un 88.81 kg/hl con fertilización aplicada al voleo en la fase de macollamiento y embuche aplicando 75 kg de N por ha.

IBNORCA (1991), mencionado por Juárez (2011) señala que según la norma 016, el grano trigo puede pertenecer a tres diferentes grados (1, 2 y 3), con valores de 76, 77 y 79 kg/Hl respectivamente, los granos con valores inferiores son considerados de mala calidad. En este sentido se puede decir que los resultados obtenidos están dentro del rango de calidad requerido.

Por otro lado INTA (2010), también realizaron ensayos en fertilización nitrogenada en trigo donde la fertilización se realizó en su totalidad a la siembra con una dosis de 90

kg de N por ha donde hubo respuestas significativas en el peso hectolítrico con 83 kg/hl, esto se debe a que durante la siembra desde el punto de vista ambiental las lluvias ocurridas en los meses anteriores permitieron iniciar la siembra del cultivo con el perfil del suelo cargado de humedad, lo que hizo que la fertilización sea bien aprovechada por la planta.

4.1.8. Número de granos por espiga

El análisis de varianza realizado para número de granos por espiga, identifico diferencias significativas al 5% para tratamientos, mientras que para bloques no se encontraron diferencias significativas. (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de varianza para número de granos por espiga de trigo

FV	GL	SC	CM	Fc	F_{5%}	
Bloque	2	13.389	6.695	1.31	3.63	NS
Tratamiento	7	142.833	20.405	3.98	2.59	*
Error	14	71.727	5.123			
Total	23	227.950				

*; Significativo al nivel 5%

NS; No significativo

CV = 4.59%

Media General = 48 granos/espiga

El coeficiente de variación fue de 4.59 %, este valor nos indica que los datos obtenidos y la metodología empleada en la recolección de los mismos fueron confiables, estando dentro del rango admitido.

4.1.8.1. Comparación de medias para el número de granos por espiga de la producción de trigo para métodos de fertilización nitrogenada

De acuerdo a la clasificación de Duncan al 5% de probabilidad (Cuadro 11), el tratamiento que presento mayor valor es el T6 con 50 granos por espiga, donde se aplicó 20% de N durante la siembra, 40% de N durante el macollamiento y el otro

40% de N en embuche, seguido por el tratamiento T4 con 49 granos por espiga, donde se aplicó el 100% del requerimiento en nitrógeno durante la fase de embuche, en el resto de los tratamientos no se encontraron diferencias entre sí, pero el testigo si mostro un bajo número de granos por espiga fue de 41.

Cuadro 11. Comparación de medias para número de granos por espiga para métodos de fertilización nitrogenada

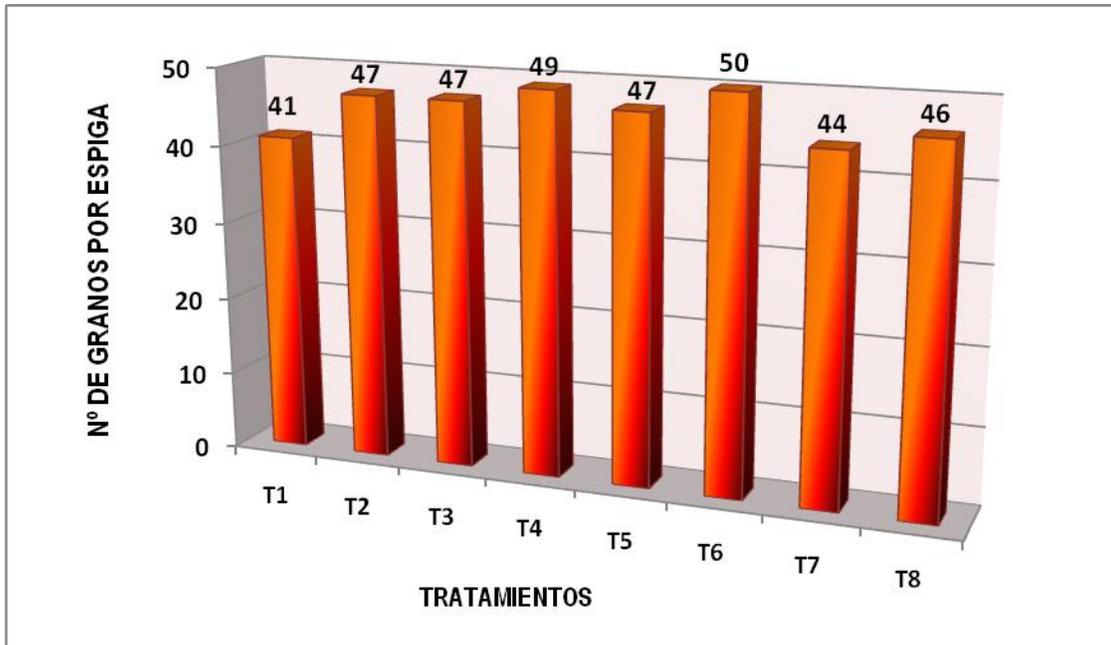
Tratamiento	Promedio (granos)	Prueba de Duncan (0.05)
T ₆	50	a
T ₄	49	a
T ₂	47	a
T ₃	47	a
T ₅	47	a
T ₈	46	a b
T ₇	44	c
T ₁	41	c

Promedios seguidos por la misma letra no son significativos

Según Echeverría y García (2005), afirma que en trigo se han encontrado evidencias de que las deficiencias de nitrógeno durante el periodo de determinación del número de granos no solo afecta a este ultimo por un menor crecimiento del cultivo, sino también por una menor fertilidad de las espigas

INTA (2006), menciona que el rendimiento del cultivo depende del número de granos que producen las espigas en una unidad de superficie, siendo esta la variable que explica mejor las variaciones en el rendimiento.

Gráfico 9. Número de granos por espiga para métodos de fertilización nitrogenada



Abastecer adecuadamente de nutrientes de manera fraccionada durante el periodo de siembra en menor cantidad 20%, 40% en el macollamiento y el otro 40% embuche es un aspecto esencial para lograr un alto número de granos por unidad de área y por lo tanto altos rendimientos. Los resultados obtenidos por Gonzales (2006), en su estudio utilizando las variedades de BR-18, Ichilo, Pailón y Paragua encontraron números de granos por espiga con valores promedios 45, 47, 48 y 48 con fertilización de nitrógeno.

Miralles y González (2008) sostienen que el número de granos es el componente principal de las variaciones en el rendimiento.

Por otro lado López (2000), menciona que la baja humedad en el cultivo, durante la etapa terminal de la formación de la espiga incide en la reducción del número de granos por espiga; las deficiencias nutricionales afectan la capacidad de intercepción de radiación y la eficiencia de conversión de la radiación interceptada, afectando al tamaño y forma del grano.

4.1.9. Rendimiento en grano de la producción de trigo

El análisis de varianza (cuadro 12) realizado para la variable rendimiento, identifico que si existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, mientras que para bloques no muestra diferencias significativas esto indica que las condiciones en las que se desarrollo el experimento fue homogéneo.

El coeficiente de variación fue de 5.84%, este valor indica que los datos obtenidos y los procedimientos empleados en la recolección de los mismos fueron confiables

Cuadro 12. Análisis de varianza para rendimiento de la producción de trigo

FV	GL	SC	CM	Fc	F_{5%}	
Bloque	2	6938.125	3469.062	0.20	3.63	NS
Tratamiento	7	389747.809	55678.258	3.16	2.59	*
Error	14	247026.133	17644.724			
Total	23	643712.007				

*; Significativo al nivel 5%

NS; No significativo

CV = 5.84 %

Media general = 2273.561 kg/ha

4.1.9.1. Comparación de medias para rendimiento en grano de la producción de trigo para métodos de fertilización nitrogenada

La comparación de medias para los tratamientos, se realizó mediante la prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística, expuesto en el cuadro 13, los tratamientos que presentaron mayor rendimiento fueron el T6 con 2425.3 kg/ha seguido por el tratamiento T8 con 2358.3 kg/ha, mientras que el tratamiento que obtuvo el menor rendimiento en producción fue el testigo tratamiento T1 con 1984.6 kg/ha.

Al respecto CIAT (2014), señala que los buenos rendimientos de trigo depende de condiciones de suelo clima y fertilización en campo; para el de 2014 se obtuvo un rendimiento de 2.45 tn/ha que fue uno de los mejores años para la producción de trigo en Boliva (ANAPO 2014).

El tratamiento T6 fue el tratamiento que dio mejores rendimientos donde se aplicó de manera fraccionada el total del requerimiento en nitrógeno para conseguir una buena producción de trigo fue 20% de N durante la siembra, 40% en la fase del macollamiento del cultivo y el restante 40% en la fase de embuche.

Al respecto Melaj *et al.* (2000), reportaron mayores rendimientos y recuperación de nitrógeno aplicado al macollaje que aplicando a la siembra, en siembra directa o labranza convencional también señala que es aconsejable la aplicación dividida de nitrógeno, sobre todo para siembras tempranas, lo que demuestra también que la aplicación de nitrógeno durante la siembra no influye en gran manera en el rendimiento en grano como el T2 que solo se obtuvo 2204.4 kg/Ha que no diferencia significativamente del testigo que dio un rendimiento en grano de 1984.6 kg/ha

Cuadro 13. Comparación de medias para variable rendimiento de la producción de trigo para métodos de fertilización nitrogenada

Tratamiento	Media (kg/ha)	Prueba de Duncan (0.05)
T ₆	2425.3	a
T ₈	2358.3	a
T ₃	2343.6	a
T ₅	2332.5	a
T ₄	2308.6	a
T ₇	2231.1	a
T ₂	2204.4	b
T ₁	1984.6	b

Promedios seguidos por la misma letra no son significativos

Así mismo Mollericona (2013), que realizó un ensayo en fertilización nitrogenada foliar y con urea aplicada a las fases de macollamiento y embuche consiguió mejores rendimientos con un nivel de fertilización de 64 kg de N por hectárea sin la aplicación de fertilizante foliar obtuvo rendimientos de 2.37 tn/ha en grano

También Echeverría y García (2005), indica que en el momento de aplicación, los requerimientos de nitrógeno son mayores a partir del fin de macollaje, por lo que el nutriente debe estar disponible para ser absorbido por el cultivo en ese momento

De tal forma podemos ver que aplicando el nitrógeno de manera fraccionada en menor proporción durante la siembra (20%) y más en la fase de macollamiento (40%) y durante el embuche (40%) el nitrógeno es mejor asimilado por la planta, para dar un mejor rendimiento en la producción.

Gráfico 10. Rendimiento en grano de la producción de trigo para métodos de fertilización nitrogenada



Al respecto Rimache (2008), menciona que aunque en los primeros estados de desarrollo de la panta las necesidades de nitrógeno son bajas es conveniente que el suelo este bien provisto de nitrógeno para asegurar su absorción por el sistema radicular limitado de las plantas, la aplicación fraccionada del nitrógeno 30-40% en la siembra, y 60-70% en el macollaje, es recomendable para evitar pérdidas por lixiviación u otros, con la segunda aplicación se garantiza una adecuada provisión de nitrógeno en el suelo en el momento en el que se acelere el ritmo de absorción

4.1.10. Análisis de costos parciales

El análisis de costos parciales para la producción de trigo se presenta en el siguiente cuadro 14, donde se observan los tratamientos y estas son el resultado de los diferentes métodos de fertilización nitrogenada en la producción de trigo aplicando el requerimiento en nitrógeno en diferentes etapas del cultivo.

Así también se observa el rendimiento ajustado donde se realiza un ajuste del rendimiento medio con un 13% de decremento con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y del agricultor, que podría lograrse con ese tratamiento.

Se puede apreciar que el tratamiento T6 con 2.45 tn/ha tiene el mayor rendimiento seguido por el tratamiento T8 con 2.36 tn/ha, por otro lado los tratamientos con menor rendimientos son T1 y T2 con 1.95 y 2.20 tn/ha.

Cuadro 14. Presupuesto parcial de la producción de trigo con diferentes métodos de fertilización nitrogenada en Bs/ha.

Tratamientos	Rendimiento Ajustado (t/ha)	Beneficio Bruto (Bs/ha)	Costos Variable (Bs /ha)	Beneficio Neto (Bs/ha)
T1 = 0% - 0% - 0%	1.95	4,091.1	1,304.5	2,786.6
T2 = 100% - 0% - 0 %	2.20	4,615.6	1,921.3	2,694.3
T3 = 0% - 100% - 0 %	2.34	4,909.3	1,921.3	2,988.1
T4 = 0% - 0 % - 100%	2.31	4,846.4	1,921.3	2,925.1
T5 = 10% - 40% - 50 %	2.33	4,888.3	2,041.3	2,847.1
T6 = 20% - 40% - 40%	2.45	5,140.1	2,041.3	3,098.8
T7 = 50% - 50% - 0 %	2.23	4,678.5	1,981.3	2,697.3
T8 = 0% - 50% - 50 %	2.36	4,951.3	1,981.3	2,970.0

De la misma forma se presenta los beneficios brutos de campo que se obtuvo de los rendimientos ajustados por el precio de venta del grano; donde se obtuvo un mayor beneficio bruto con el tratamiento que presentó mayor rendimiento el tratamiento T6

donde se aplicó 20% del requerimiento en nitrógeno durante la siembra, 40% durante la fase de macollamiento y el resto del 40% durante la fase de embuche, siendo el precio de venta el mismo para todos los tratamientos.

También se observa el total de los costos variables para cada tratamiento para ello se tomo en cuenta los costos que varían por cada tratamiento que en el caso de los tratamientos sin aplicación de fertilizante se realizó la depreciación de este.

En la columna de los beneficio netos se presenta para cada tratamiento donde se puede apreciar que el máximo beneficio neto se obtuvo con el tratamiento T6 con 3,098.8 Bs/ha y el mínimo beneficio neto se obtuvo con el tratamiento T3 con 2,694.3 Bs/ha.

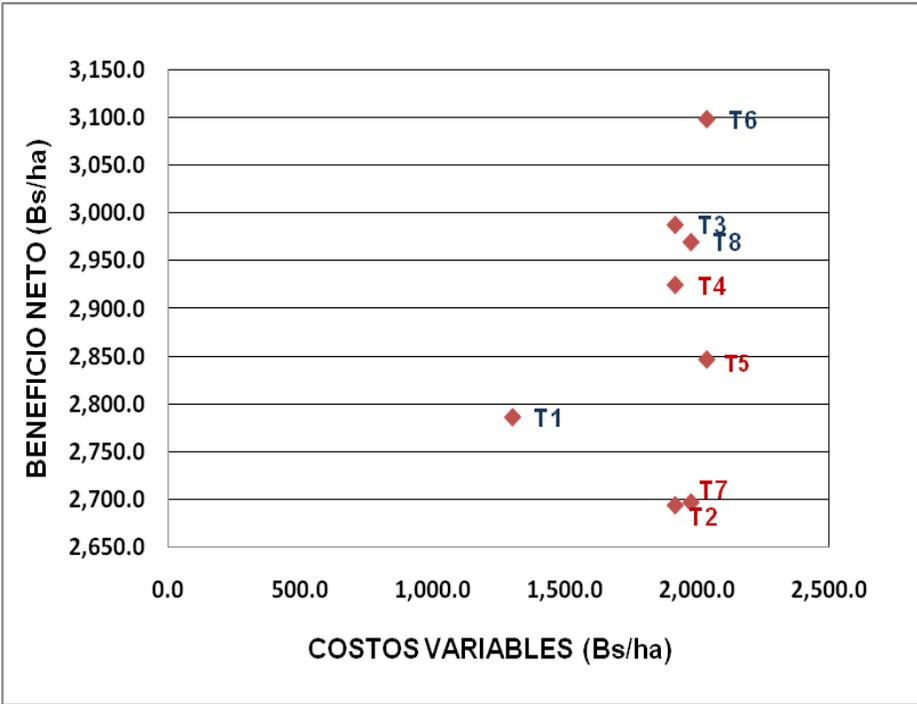
En el cuadro 15 se puede observa a los tratamientos establecidos en orden ascendente de costos totales que varían.

Cuadro 15. Análisis de dominancia para la producción de trigo con diferentes métodos de fertilización nitrogenada en Bs/ha.

Tratamientos	Costos Variable (Bs /ha)	Beneficio Neto (Bs/ha)	Dominancia
T1 = 0% - 0% - 0%	1,304.5	2,786.6	
T2 = 100% - 0% - 0 %	1,921.3	2,694.3	D
T3 = 0% - 100% - 0 %	1,921.3	2,988.1	
T4 = 0% - 0 % - 100%	1,921.3	2,925.1	D
T7 = 50% - 50% - 0 %	1,981.3	2,697.3	D
T8 = 0% - 50% - 50 %	1,981.3	2,970.0	
T5 = 10% - 40% - 50 %	2,041.3	2,847.1	D
T6 = 20% - 40% - 40%	2,041.3	3,098.8	

En el cuadro 15 de análisis de dominancia, se seleccionó los tratamientos de acuerdo al criterio propuesto por el CIMMYT (1988), la misma señala que se considera tratamiento dominado, cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costo variable más bajo. En el análisis de presupuestos parciales se comparan las alternativas de producción con las técnicas tradicionales del agricultor, si el beneficio neto permanece igual o disminuye la nueva tecnología debe ser rechazada porque no es más rentable que la del agricultor.

Gráfico 11. Curva de los beneficios netos



Bajo estas consideraciones se observaron que los tratamientos T2 y T7 son dominados porque y menores costos variables los tratamientos T3, T4, T5. T6 Y T8 tienen mayores beneficios netos ya que los demás tratamientos presentan mayor beneficio neto y menores costos variables.

Cuadro 16. Análisis Marginal de costos variables para la producción de trigo con diferentes métodos de fertilización nitrogenada en Bs/ha.

Tratamientos	Costo Variable (Bs /ha)	Costos Marginales (Bs/ha)	Beneficio Neto (Bs/ha)	Beneficios Marginales (Bs/ha)	Tasa de Retorno Marginal (%)
T1 = 0% - 0% - 0%	1,304.5		2,786.6		
		616.8		201.4	33
T3 = 0% - 100% - 0 %	1,921.3		2,988.1		
		60.0		18.0	30
T8 = 0% - 50% - 50 %	1,981.3		2,970.0		
		60.0		128.8	215
T6 = 20% - 40% - 40%	2,041.3		3,098.8		

En el cuadro 16, donde establece el beneficio que puede obtener el agricultor con una inversión de capital y cuando quiere cambiar una práctica o conjunto de prácticas por otra.

Se puede observar que la Tasa de Retorno Marginal de cambiar el tratamiento T1 (0% de nitrógeno) por el tratamiento T3 (100% de N del requerimiento en la etapa de macollo) es de 33%, que indica que por cada boliviano invertido se puede esperar recobrar el boliviano invertido y obtener 0.33 bolivianos adicionales y así también la tasa de retorno marginal de cambiar del tratamiento T3 (100% de N del requerimiento en la etapa de macollo) por el tratamiento T8 (50% de N en etapa de macollo y el otro 50% de N en etapa de embuche) es de 30% es decir se espera recobrar el boliviano invertido y ganar 0.30 bolivianos adicionales y por ultimo la Tasa Marginal de Retorno de cambiar del tratamiento T8 (50% de N en etapa de macollo y el otro 50% de N en etapa de embuche) por el tratamiento T6 (20% de N durante la siembra, 40% de N durante el macollamiento y el otro 40% de N en embuche) es de 215% lo que indica que por cada boliviano invertido el agricultor obtendrá 2.15 Bs adicionales.

V. SECCIÓN CONCLUSIVA

5.1. Conclusiones

- ✓ La mayor producción en grano se obtuvo con el tratamiento T6 con 2.45 tn/ha donde la aplicación del fertilizante nitrogenado se hizo de manera fraccionada en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de trigo en este caso se aplicó 20% durante la siembra, 40% durante el macollamiento y el otro 20% durante la época de embuche, seguido del tratamiento T8 que obtuvo 2.36 tn/ha donde la aplicación del nitrógeno se hizo 50% en etapa de macollamiento y el otro 50% de en etapa de embuche con relación al tratamiento T1 donde no se aplicó fertilizante en ninguna de las etapas del cultivo.
- ✓ Las variables agronómicas que presentaron diferencias significativas en cuanto a los resultados obtenidos en comparación a otros tratamientos fueron el peso hectolitrico donde los tratamientos T7 (50% de N durante la siembra y 50% de N en la etapa de macollamiento y T6 (20% de N durante la siembra, 40% de N en la etapa de macollamiento y el otro 40% en la etapa de embuche), presentaron mayores promedios con 85.82 kg/hl y 84.91 kg/hl; por otro lado la otra variable que mostro diferencias significativas fue el número de granos por espiga donde tratamiento T6 (20% de N durante la siembra, 40% de N en la etapa de macollamiento y el otro 40% en la etapa de embuche), con 53 granos por espiga fue superior a los otros tratamientos.
- ✓ Los diferentes métodos de fertilización nitrogenada no tuvieron efectos o diferencias significativas en el crecimiento de altura de plantas evaluado a los 33 días después de la siembra, tampoco se encontraron diferencias significativas en el número de macollos y peso de 1000 granos
- ✓ De acuerdo al análisis económico a través del presupuesto parcial, empleando diferentes métodos fertilización nitrogenada en la producción de trigo se establece que económicamente el mejor método de aplicación del fertilizante es el T6 que viene a ser el más recomendable para la producción del trigo en grano ya que este

tratamiento presento un porcentaje superior al 100% en la Tasa de Retorno Marginal y no así el resto de los tratamientos.

5.2. Recomendaciones

- ✓ Es recomendable realizar más trabajos del mismo ensayo tomando en cuenta diferentes dosificaciones que optimizarán los costos de producción.
- ✓ Por los problemas de altas dosis de fertilizantes químicos y el uso frecuente de maquinaria Agrícola, que están deteriorando los suelos se recomienda cambiar al sistema de producción conservacionista y al abonamiento orgánico de forma gradual para recuperar los suelos en producción actual y aquellos suelos abandonados.
- ✓ Para lograr mayor productividad y menores costos de producción se deben realizar más investigaciones en nuevas variedades de trigo, que sean tolerantes a enfermedades, estrés hídrico y humedad.

VI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ✓ Álvarez, R. S. 2000. Fertilización Foliar de trigo y maíz. Cuadernillo de Actualización Técnica No. 63. Puno- Perú. 40-45 pp.
- ✓ ANAPO (Asociación de productores de oleaginosas y trigo). 2004. Guía de recomendaciones Técnicas en el Trigo. Santa Cruz, Bolivia. 73 pp.
- ✓ ANAPO (Asociación de productores de oleaginosas y trigo). 2009. Departamento Técnico y Servicios Estadísticas de la evolución de la superficie, rendimiento, producción y precio del cultivo de trigo. Santa Cruz, Bolivia. 67 pp.
- ✓ ANAPO – CIAT, (Asociación de productores de oleaginosas y trigo – centro de investigación Agrícola Tropical). 1998. Recomendaciones técnicas. Santa Cruz, Bolivia. 48 pp.
- ✓ ANAPO (Asociación de productores de oleaginosas y trigo). 2014. Memoria Anual 2014. Santa Cruz, Bolivia. 90 pp.
- ✓ ANAPO (Asociación de productores de oleaginosas y trigo). 2015. Manual de recomendaciones Técnicas cultivo de Trigo. Santa Cruz, Bolivia. 139 pp.
- ✓ CAICO LTDA. (Cooperativa Agropecuaria Integral Colonias Okinawa). 2009, Resumen de la producción agrícola en la campaña de invierno 2009 y consulta al departamento técnico sobre el precio de grano de trigo. Santa Cruz, Bolivia. 55 pp.
- ✓ Calzada, J. 1998. Métodos estadísticos para la investigación. 5 ed. Ed. Milagros. Lima – Perú. 611 pp.
- ✓ Carrasco, N.; Baez, A. 2005. Trigo: Manual de campo. INTA EEA Integrada Barrow. Buenos Aires – Argentina. 125 pp.
- ✓ Carretero, R.; Serrago, R.; Miralles, D. 2007. Las enfermedades foliares en el cultivo de Trigo. Universidad de Buenos Aires - Argentina. 268 pp.

- ✓ CETABOL (Centro Tecnológico Agropecuario en Bolivia). 2006. Resultados de ensayos de fertilización química en el cultivo de trigo. Inv/06. Santa Cruz - Bolivia. 20 pp
- ✓ CETABOL-CAICO (Centro Tecnológico Agropecuario en Bolivia-Cooperativa Agropecuaria Integral Colonias Okinawa). 2008. Manual Técnico de la Fertilización Química en el cultivo de trigo. Santa Cruz, Bolivia. 26 pp.
- ✓ Chilon, E. 1997. Fertilidad de suelos y Nutrición de las plantas. Calculo dosis de fertilizante. Ed. CIDAT. Primera Edición. 185 pp.
- ✓ CIAT-ANAPO (Centro de Investigación Agrícola Tropical – Asociación de productores de oleaginosas y Trigo). 1996. Recomendaciones técnicas, Santa Cruz, Bolivia. 56 pp
- ✓ CIMMYT (Centro de mejoramiento de Maiz y Trigo) 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Editado en Mexico - Mexico DF. 79 pp.
- ✓ Conti, M. E. 2000. Dinámica de liberación y fijación de potasio en el suelo. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. INPOFOS N° 8. 25-37 pp
- ✓ Darwich, A.N. 2005. Manual de fertilidad de suelos y uso de fertilizantes. 2da edición Pampeana Argentina 189-205 pp.
- ✓ Domínguez, A. 1993. Tratado de Fertilización. Madrid, ES. Ed. Mundi Prensa. 585 pp.
- ✓ Duran, J. O. 2001. Efecto de tres niveles de nitrógeno en el comportamiento agronómico de cultivares de avena forrajera (*Avena sativa* L.). Tesis de grado. UMSA. La Paz-BO, EMI, 5- 25 pp.
- ✓ EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria-Soya). 1998. Resultados de Pesquisa de EMBRAPA Soja 1997. Documento 118. Ed. EMBRAPA Producaó. Brasilia, Brasil. 268 pp.

- ✓ Ferraris, G. y F. Mousegne (eds.). 2008. Efecto de diferentes estrategias de fertilización sobre el rendimiento y la calidad de perfiles de genotipo de trigo pan en el norte, centro y oeste de la provincia de Buenos Aires. Campaña 2006/07 y 2007/08. 61-72 pp. Disponible en www.econoagro.com.
- ✓ FUNDACRUZ. 2006 Manual de difusión Técnica de Soya 2006, Santa Cruz Bolivia. 221 pp.
- ✓ Gandrup, M. E., Garcia, F. O., Fabrizzi, K. P., Echeverria, H. E. (2004), Evaluación de un índice de verdor en hoja para evaluar el status nitrogenado en trigo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) – Revista de Investigación Agropecuaria. (RIA) Vol. 33. Buenos Aires - Argentina. 105 – 121 pp. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86433307>
- ✓ Gilchcrist, L.; Fuentes, G.; Martinez, C.; Lopez, R.; Duveiller, E.; Singh, R.; Henry, M.; Garcia, I. 2005. Guía práctica para la identificación de enfermedades de trigo y cebada. Segunda edición. Argentina. 200 pp.
- ✓ IBNORCA. 1991. Norma Boliviana NB 016. Cereales – Trigo – Clasificación y requisitos. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. 8 pp.
- ✓ INTA. 2005. Resultados de ensayos de fertilización en el área central de la Provincia Córdoba - Campana 2005. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina. 35 pp.
- ✓ INTA. 2006. Comportamiento de cultivares seleccionados por calidad y sanidad en diferentes ambientes de la provincia Córdoba – Campana 2006. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina. 50 - 68 pp.
- ✓ INTA. 2007. Boletín de divulgación técnica No 1 Trigo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Argentina. 3 pp.
- ✓ INTA. 2010. Respuesta del cultivo de trigo a dosis crecientes de nitrógeno. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires

Argentina. Disponible en http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-intamrespuesta_de_trigo_a_dosis_creciente_de_nitrogen.pdf

- ✓ Juárez, A. J .R. 2011. Comportamiento agronómico de tres variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo tres densidades de siembra en zona de Cabecera de valle del departamento de La Paz. Tesis de grado Facultad de Agronomía UMSA. La Paz Bolivia. 95 pp.
- ✓ López, E. M. 2000. Estudios de densidad de siembra y su influencia sobre componentes del rendimiento de trigo (*Triticum aestivum* L.), Tesis de grado Facultad de Ciencias Agrícolas U.A.G.R.M. Santa Cruz – Bolivia. 45 pp.
- ✓ Melaj M., Echeverría H., Studdert G., Andrade F., Barbaro N., López S. 2000. Acumulación y partición de nitrógeno en el cultivo de trigo en función del sistema de labranza y momento de fertilización nitrogenada. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. INTA. Argentina. Disponible en <http://www.elsitioagricola.com/articulos/equipofertilizar/Fertilizacion%20Nitrogenada%20en%20Trigo%20-%20Siembra%20o%20Macollaje.asp>.
- ✓ Melgar, R. 2006. Fertilización en trigo. Buenos Aires Argentina Disponible en: <http://www.elsitioagricola.com/articulos/melgar/Fertilizacion%20en%20Trigo%20-%202006.asp>.
- ✓ Miralles, D.; Gonzalez, F. 2008. El trigo en Argentina: Perspectivas ecofisiológicas del pasado, presente y futuro para aumentar el rendimiento. EEA INTA. Argentina. 11 pp.
- ✓ Mollericona H. P. Efecto de la fertilización nitrogenada y foliar en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la localidad de Okinawa Santa Cruz. Tesis de grado Facultad de Agronomía UMSA. La Paz Bolivia. 95 pp.
- ✓ Moreno, I. y Plana, R. 1997. Comportamiento Fenológico y agrícola de Diez Variedades de trigo para el occidente de Cuba. Cultivos Tropicales. Vol.18 N° 22. 16-18 pp.

- ✓ OAP (Observatorio Agroambiental y Productivo) - MDRyT (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras). 2012. Compendio Agropecuario. La Paz-Bolivia. 64 – 70 pp.

- ✓ Oropesa, J.P. 2012. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre rendimiento y calidad en trigo y cebada Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efecto-fertilizacion-nitrogenada.pdf>

- ✓ Palacio, C. 2006. Sanidad de cultivos. Informe técnico sanitario No 3. SIEF. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires - Argentina. 29 pp.

- ✓ Pardo, V. W. 2008. Fertilización química según balance nutricional en el cultivo de trigo *Triticum aestivum* L. Tesis. de Grado. U.A.G.R.M. Santa Cruz - Bolivia. 69 pp.

- ✓ Ruiz, C.; Cotrina, J.; Jan De Neef, O. 2000. Manejo tecnificado del trigo en la sierra. Programa de Desarrollo Rural Sostenible (PDRS). Cooperación República de Perú y República Federal de Alemania. Lima – Perú. 50, 126 – 130 pp.

- ✓ SAGARPA. 2003. Programa de Investigación en Calidad de Trigo en el Instituto de Ciencias Agrícolas. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 1 – 2 pp.

- ✓ Satorre, E.; Kruk, B. 2004. Densidad y arreglo espacial del cultivo en producción de granos. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 279 – 310 pp.

- ✓ Silva, P.; Matus, I.; Madariaga, R.; Acevedo, E. 2011. Criterios Técnicos para el manejo de trigo candeal. Universidad de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago de Chile. 48 pp.

- ✓ Unterladstaetter, R. 2005. Cultivos para los llanos Cálidos de Bolivia. Santa Cruz, Bolivia. 283 pp.
- ✓ Villarroel, J. 1988. Manual práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio. Cochabamba, BO. AGRUCO. UMSS. 34 pp.
- ✓ Vivas H., H. Fontanetto, R. Albrecht y J. Hotian. 2001. Fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre para la producción de trigo en el Departamento San Jerónimo (Santa Fe). Informaciones agronómicas. INPOFOS Cono Sur, Acassuso, Buenos Aires, Argentina. 45-59 pp.

A N E X O S

ANEXO 1 Registro de Temperatura (°C) y Precipitación (mm) durante el ciclo del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.)

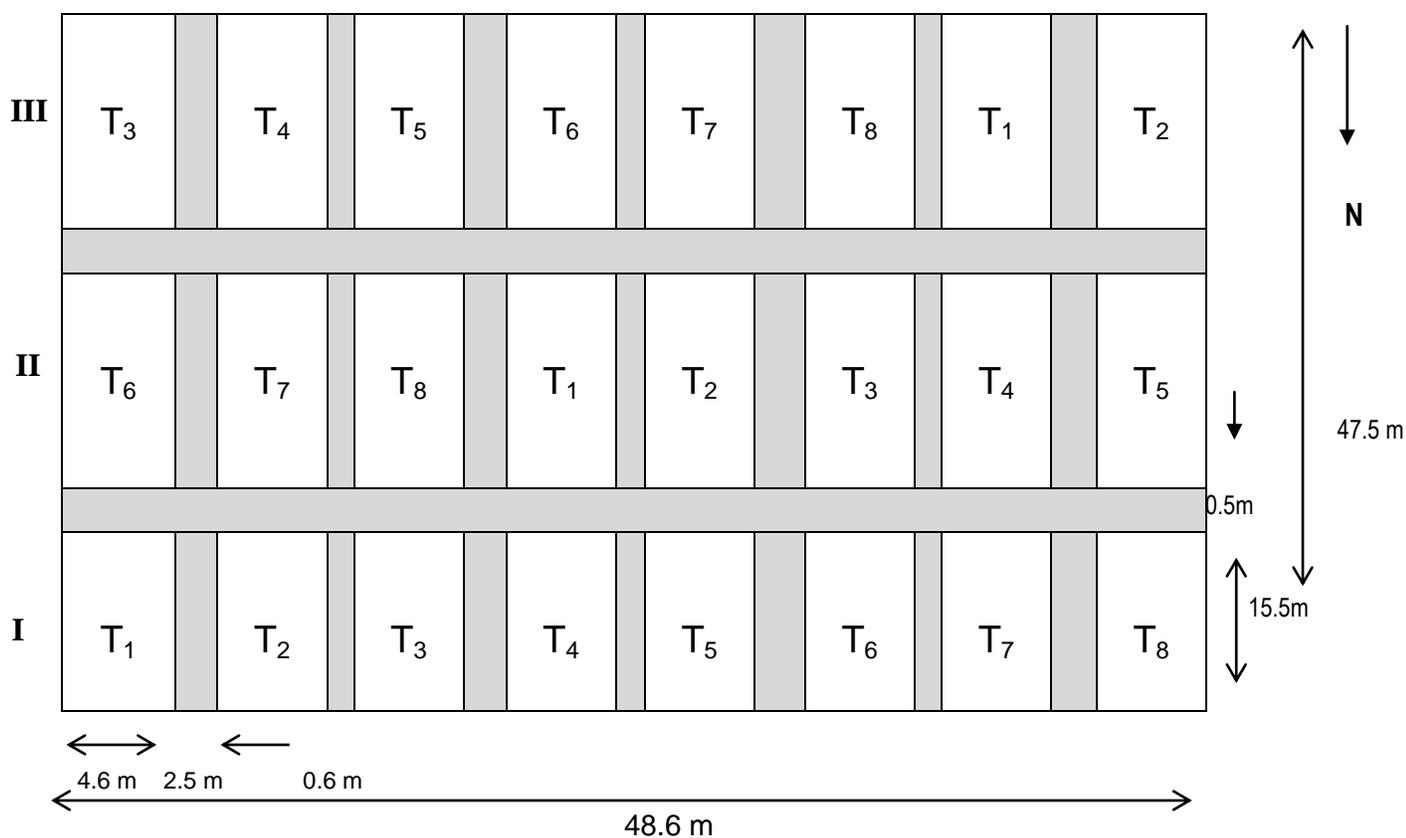
Meses	Temperatura °C			Precipitación (mm)
	Máxima	Media	Mínima	
Mayo	28.7	23.1	19.1	58.8
Junio	25.8	19.7	15.0	49.2
Julio	26.0	20.0	15.6	71.8
Agosto	29.1	22.3	16.4	63.6
Septiembre	30.3	24.1	18.6	68.4
Total	139.9	109.2	84.7	311.8
Media General	27.98	21.84	16.94	6196

ANEXO 2 Croquis del ensayo

Superficie/parcela = 4.6 m*15.5 m = 71.3 m²

Bloque/bloque = 48.6 m* 15.5 m = 753.3 m²

Superficie total del ensayo = 48.6 m * 47.5 m = 2308.5 m² (incluyendo calles)



ANEXO 3. Análisis del suelo antes de la siembra del cultivo de trigo

CETABOL - JICA

CET-SGC-P02-F3

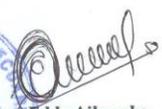
Okinawa II, Warnes, Santa Cruz
 Canilla: 1968; Teléfono: 9318130; Fax: 9318136
 www/cetabol.cotamet.com.bo - adomi@cotamet.com.bo

Resultado de análisis de suelos

Gestión:	2010	Código:	36
Fecha de registro:	17-abr-10	Lote:	R-1C
Remitente:	Eddy Ajuhuacho	Muestra:	
Institución:	CETABOL	Ensayo/Objetivo:	Diagnóstico
Departamento:	Santa Cruz	Cultivo:	Trigo
Lugar:	Okinawa 2	Profundidad (cm):	0-20
Ubicación:	Campo experimental	Fecha de entrega:	24-abr-10

Parámetros	Unidades	Resultados
pH-H ₂ O (1:5)	---	6,96
Conductividad eléctrica; 1:5 (C.E.)	µmho/cm	43,60
Arcilla	g/kg	127
Limo	g/kg	252
Arena	g/kg	621
Textura		FA
Materia orgánica (MO)	g/kg	14,24
Nitrógeno total (N)	g/kg	1,02
Relación C/N	---	8,10
* Nitrógeno disponible	mg/kg	25,43 *
Fósforo Olsen (P)	mg/kg	8,58
Azufre (S)	mg/kg	5,60
Potasio intercambiable (K)	cmolc/kg	0,76
Calcio intercambiable (Ca)	cmolc/kg	6,91
Magnesio intercambiable (Mg)	cmolc/kg	0,78
Sodio intercambiable (Na)	cmolc/kg	0,18
Acidez intercambiable (H + Al)	cmolc/kg	0,00
Aluminio Intercambiable (Al)	cmolc/kg	0,00
Cap. Inter. catiónico efectivo (CIC)	cmolc/kg	9,06
Hierro (Fe)	mg/kg	30,92
Manganeso (Mn)	mg/kg	24,84
Zinc (Zn)	mg/kg	1,81
Cobre (Cu)	mg/kg	0,60
Boro (B)	mg/kg	0,67


Lic. Takashi Bravo
 Laboratorio CETABOL


Ing. Eddy Ajuhuacho
 Asesor en manejo de suelos



ANEXO 4. Tabulación de datos para altura de plantas a los 34 días después de la siembra para análisis en el SAS

```
Data altura 34 dias;  
Input bloque trat rend;  
Cards;  
1 1 31.2  
1 2 34.2  
1 3 24.9  
1 4 27.4  
1 5 29.9  
1 6 29.5  
1 7 32.4  
1 8 34.2  
2 1 25.8  
2 2 33.7  
2 3 29.3  
2 4 33.5  
2 5 35.6  
2 6 38.8  
2 7 34.4  
2 8 23.9  
3 1 28.0  
3 2 38.6  
3 3 29.0  
3 4 26.0  
3 5 28.6  
3 6 35.1  
3 7 32.0  
3 8 26.4  
;  
Proc Glim;  
Class bloque trat;  
Model rend = bloque trat;  
Means trat/LSD;  
Run;
```

ANEXO 5. Tabulación de datos para altura de plantas a los 108 días después de la siembra para análisis en el SAS

```
Data altura 108 dias;  
Input bloque trat rend;  
Cards;  
1 1 78.6  
1 2 78.8  
1 3 81.5  
1 4 78.1  
1 5 78.4  
1 6 78.2  
1 7 80.3  
1 8 81.3  
2 1 78.4  
2 2 77.6  
2 3 81.5  
2 4 79.6  
2 5 81.9  
2 6 81.3  
2 7 82.9  
2 8 82.1  
3 1 77.8  
3 2 79.8  
3 3 78.8  
3 4 77.6  
3 5 81.0  
3 6 81.5  
3 7 79.8  
3 8 81.3  
;  
Proc Glim;  
Class bloque trat;  
Model rend = bloque trat;  
Means trat/LSD;  
Run;
```

ANEXO 6. Tabulación de datos para número de macollos por planta en el cultivo de trigo para análisis en el SAS

```
Data numero de macollos;  
Input bloque trat rend;  
Cards;  
1 1 3.0  
1 2 3.0  
1 3 3.0  
1 4 3.0  
1 5 2.0  
1 6 3.0  
1 7 3.0  
1 8 3.0  
2 1 2.0  
2 2 3.0  
2 3 2.0  
2 4 3.0  
2 5 3.0  
2 6 3.0  
2 7 3.0  
2 8 3.0  
3 1 3.0  
3 2 2.0  
3 3 3.0  
3 4 2.0  
3 5 3.0  
3 6 3.0  
3 7 3.0  
3 8 3.0  
;  
Proc Glim;  
Class bloque trat;  
Model rend = bloque trat;  
Means trat/LSD;  
Run;
```

ANEXO 7. Tabulación de datos para peso de 1000 granos de la producción de trigo para análisis en el SAS

```
Data peso 1000 granos;  
Input bloque trat rend;  
Cards;  
1 1 33.61  
1 2 31.57  
1 3 34.70  
1 4 36.35  
1 5 36.08  
1 6 35.36  
1 7 34.10  
1 8 32.92  
2 1 32.50  
2 2 34.10  
2 3 33.06  
2 4 32.45  
2 5 35.01  
2 6 33.15  
2 7 33.67  
2 8 35.33  
3 1 32.62  
3 2 35.13  
3 3 33.86  
3 4 35.50  
3 5 32.48  
3 6 33.36  
3 7 33.05  
3 8 33.04  
;  
Proc Glm;  
Class bloque trat;  
Model rend = bloque trat;  
Means trat/LSD;  
Run;
```

ANEXO 8. Tabulación de datos para peso hectolítrico de la producción de trigo para análisis en el SAS

```
Data peso hectolitrico;
Input bloque trat rend;
Cards;
1 1 81.027
1 2 85.249
1 3 85.610
1 4 84.314
1 5 85.006
1 6 85.405
1 7 86.020
1 8 83.692
2 1 83.623
2 2 83.186
2 3 83.092
2 4 83.016
2 5 83.017
2 6 85.401
2 7 86.564
2 8 85.753
3 1 81.446
3 2 84.982
3 3 84.702
3 4 83.669
3 5 85.093
3 6 83.942
3 7 84.885
3 8 83.858
;
Proc Glim;
Class bloque trat;
Model rend = bloque trat;
Means trat/LSD;
Run;
```

ANEXO 9. Tabulación de datos para numero de granos por espiga para análisis en el SAS

```
Data numero de granos/espiga;  
Input bloque trat rend;  
Cards;  
1 1 42.17  
1 2 50.53  
1 3 47.73  
1 4 52.27  
1 5 46.43  
1 6 50.00  
1 7 46.63  
1 8 45.00  
2 1 42.63  
2 2 49.30  
2 3 48.80  
2 4 51.47  
2 5 48.23  
2 6 50.37  
2 7 43.93  
2 8 47.60  
3 1 42.50  
3 2 43.80  
3 3 46.80  
3 4 45.00  
3 5 48.33  
3 6 52.53  
3 7 41.90  
3 8 46.57  
;  
Proc Glim;  
Class bloque trat;  
Model rend = bloque trat;  
Means trat/LSD;  
Run;
```

ANEXO 10. Tabulación de datos para rendimiento en grano de la producción de trigo para análisis en el SAS

Data rendimiento en grano;

Input bloque trat rend;

Cards;

1	1	2029.63
1	2	2150.46
1	3	2489.22
1	4	2261.35
1	5	2226.71
1	6	2577.61
1	7	2331.93
1	8	2249.64
2	1	1923.04
2	2	2348.43
2	3	2277.40
2	4	2345.36
2	5	2242.18
2	6	2214.75
2	7	2271.25
2	8	2377.74
3	1	2001.01
3	2	2114.38
3	3	2264.31
3	4	2319.21
3	5	2528.73
3	6	2483.39
3	7	2090.18
3	8	2447.56

;

Proc Glim;

Class bloque trat;

Model rend = bloque trat;

Means trat/LSD;

Run;

ANEXO 11. Tratamiento de la semilla de trigo antes de la siembra



ANEXO 12. Tratamientos para métodos de fertilización delimitados



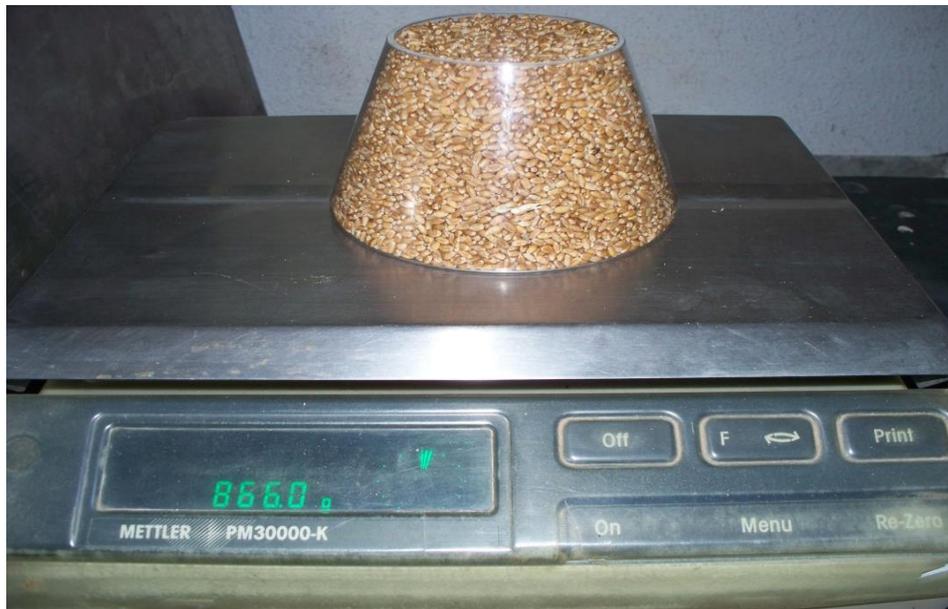
ANEXO 13. Aplicación del fertilizante nitrogenado (urea)



ANEXO 14. Medición de altura de plantas del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.)



ANEXO 15. Peso hectolítrico de la producción de trigo (*Triticum aestivum* L.) .



ANEXO 16. Conteo de 1000 granos para calcular el peso en g.



ANEXO 17. Control fitosanitario del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.)

