

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



TESIS DE GRADO

**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**

Javier Rodrigo Juárez Andrade

La Paz, Bolivia

2011

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

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE TRES VARIETADES DE TRIGO
(*Triticum aestivum* L.) BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN ZONA DE
CABECERA DE VALLE DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

*Tesis de grado presentada como
requisito parcial para optar el título
de Ingeniero Agrónomo*

JAVIER RODRIGO JUÁREZ ANDRADE

Asesores:

Ing. Ph. D. David Cruz Choque

Ing. M. Sc. Erik Murillo Fernández

Ing. René Calatayud Valdez

Tribunal Examinador:

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores

Ing. M. Sc. Hugo Bosque Sánchez

Ing. M. Sc. Celia Fernández Chávez

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador

*Entonces recordamos que tenemos amigos cerca...
En los cuales nos afirmaremos de sus hombros al caer...
A veces nos sentimos solos rodeados de riquezas...
Pero nos olvidamos de nuestra propia naturaleza...*

Agradecimientos

Mi gratitud para el Ing. Erik Murillo, Ing. René Calatayud y al Dr. David Cruz por el respaldo, la confianza y la fe en esta investigación.

Al Ing. Hugo Bosque por la revisión oportuna del documento desde el perfil hasta la conclusión del mismo. Y a la ingeniera Celia Fernández por el apoyo incondicional en la última y más importante fase del trabajo.

Mi reconocimiento al Ing. Germán Gallardo por su apoyo logístico y consejo pertinente. A todo el personal de la Unidad de Producción del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Y al personal de Laboratorio del INIAF La Paz.

Muchas gracias a Mónica, Patricia, Lourdes, Angélica, Fanny, Lucy, Gladys, Luis Eugenio y Liz durante el desarrollo del cultivo hasta el día de hoy.

A Ramiro y Juan José por la incondicional amistad demostrada en todas las etapas del trabajo y a Ever por poner especial dedicación en la estadística del trabajo y darme la orientación necesaria.

A mis padres y hermanos, mi familia que ha estado a mi lado... siempre.

Y para todos aquellos que me dieron la fuerza necesaria para continuar hasta llegar a la meta...

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2. 1. Objetivo general.....	2
2. 2. Objetivos específicos	2
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
3. 1. Definición.....	3
3. 2. Descripción botánica.....	3
3. 3. Exigencias climatológicas	4
3. 4. Exigencias de suelo	4
3. 5. Requerimientos nutricionales y fertilización.....	5
3. 6. Siembra	6
3. 7. Densidad de siembra	6
3. 8. Enfermedades	8
3. 9. Plagas.....	9
3. 10. Importancia del trigo en el Mundo	9
3. 11. Situación del trigo en Bolivia	10
3. 11. 1. Área Tradicional.....	10
3. 11. 2. Área Oriental.....	11
3. 12. Problemática actual	11
3. 13. Tipos y clases de trigo	12
3. 14. Variedades.....	13
3. 14. 1. Variedad Redención.....	14
3. 14. 2. Variedad Gaucho	14
3. 14. 3. Variedad Elite.....	15
3. 15. Experiencias de ensayos de trigo en el departamento de La Paz	15
3. 16. Calidad de trigo.....	16
4. LOCALIZACIÓN	18
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
5. 1. Materiales	19
5. 1. 1. Material de campo	19

5. 1. 2. Material genético.....	19
5. 1. 3. Material de laboratorio	19
5. 1. 4. Material de gabinete.....	19
5. 2. Métodos	20
5. 2. 1. Método de campo	20
1° Preparación de semilla	20
2° Preparación de terreno	22
3° Proceso de siembra.....	22
4° Fertilización nitrogenada.....	22
5° Control fitosanitario.....	23
6° Control de plagas	23
7° Control de malezas.....	23
8° Cosecha	24
5. 3. Diseño experimental	25
5. 4. Factores de estudio	25
5. 5. Modelo lineal.....	26
5. 6. Croquis del experimento	26
5. 7. Variables a medirse	27
5. 7. 1. Variables fenológicas	27
5. 7. 2. Variables agronómicas.....	27
5. 7. 3. Parámetros de calidad	28
5. 8. Análisis estadístico	29
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
6. 1. Variables Fenológicas.....	30
6. 1. 1. Días a la emergencia	30
6. 1. 2. Días a la floración	32
6. 1. 3. Días de madurez.....	33
6. 2. Variables Agronómicas	34
6. 2. 1. Número de plantas por metro cuadrado	34
6. 2. 2. Altura de planta (cm).....	36
6. 2. 3. Número de macollos por planta	39
6. 2. 4. Longitud de espiga (cm).....	42
6. 2. 5. Número de espigas por metro cuadrado	44
6. 2. 6. Número de granos por espiga	46

6. 2. 7. Rendimiento de grano (kg/ha).....	49
6. 3. Parámetros de calidad	52
6. 3. 1. Porcentaje de grano menudo	52
6. 3. 2. Porcentaje de grano defectuoso.....	54
6. 3. 3. Peso de 1000 semillas (g).....	57
6. 3. 4. Peso hectolítrico	60
6. 3. 5. Contenido de proteína.....	61
7. CONCLUSIONES	62
8. RECOMENDACIONES	64
9. BIBLIOGRAFÍA.....	65
ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Promedios Días emergencia.....	31
Gráfico 2. Promedios N° plantas/m ²	35
Gráfico 3. Promedios Altura de planta (cm)	38
Gráfico 4. Promedios N° macollos/planta.....	40
Gráfico 5. Promedios Longitud de espiga	43
Gráfico 6. Promedios Número de espigas/m ²	45
Gráfico 7. Promedios N° granos/espiga	47
Gráfico 8. Promedios Rendimiento (kg/ha)	50
Gráfico 9. Promedios Porcentaje de grano menudo.....	54
Gráfico 10. Promedios Porcentaje de grano defectuoso	56
Gráfico 11. Promedios peso 1000 granos [g]	58

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Malezas detectadas durante del desarrollo del cultivo.....	24
Cuadro 2. Porcentaje de grano defectuoso.....	56
Cuadro 3. Grado NB 016 para Porcentaje grano defectuoso	57
Cuadro 4. Grado NB 016 para Peso Hectolítrico (kg/Hl)	60
Cuadro 5. Contenido de Proteína (%).....	61
Cuadro 6. Enfermedades detectadas durante el desarrollo del cultivo.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Densidad de siembra corregida (kg/ha).....	21
Tabla 2. Análisis de Varianza Días a la emergencia	30
Tabla 3. Prueba Duncan Días emergencia (factor variedad)	30
Tabla 4. Prueba de efecto simple (interacción variedad*densidad).....	31
Tabla 5. Análisis de Varianza Días a la floración	32
Tabla 6. Análisis de Varianza Días a la madurez.....	33
Tabla 7. Análisis de Varianza para N° plantas/m ²	34
Tabla 8. Prueba Duncan N° plantas/m ² (factor densidad)	34
Tabla 9. Prueba de Efecto simple (interacción variedad*densidad)	36
Tabla 10. Análisis de Varianza Altura de planta (cm).....	37
Tabla 11. Prueba Duncan Altura de planta [cm] (factor variedad)	37
Tabla 12. Análisis de Varianza N° macollos/planta	39
Tabla 13. Prueba Duncan N° macollos/planta (factor variedad)	39
Tabla 14. Prueba Duncan N° macollos/planta (factor densidad)	40
Tabla 15. Análisis de Varianza Longitud de espiga (cm).....	42
Tabla 16. Prueba Duncan Longitud de espiga [cm] (factor variedad).....	42
Tabla 17. Análisis de Varianza N° de espigas/m ²	44
Tabla 18. Prueba Duncan N° de espigas/m ² (factor variedad)	44
Tabla 19. Prueba Duncan N° de espigas/m ² (factor densidad).....	45
Tabla 20. Análisis de Varianza Número de granos/espiga	46
Tabla 21. Prueba de Efecto simple (interacción variedad*densidad).....	48
Tabla 22. Análisis de Varianza Rendimiento (kg/ha).....	49
Tabla 23. Prueba Duncan Rendimiento [kg/ha] (factor variedad)	49
Tabla 24. Prueba Duncan Rendimiento [kg/ha] (factor densidad)	50
Tabla 25. Análisis de Varianza Porcentaje de grano menudo	52
Tabla 26. Prueba Duncan Porcentaje de grano menudo (factor variedad).....	53
Tabla 27. Prueba Duncan Porcentaje grano menudo (factor densidad).....	53
Tabla 28. Análisis de Varianza Porcentaje de grano defectuoso.....	54
Tabla 29. Prueba Duncan Porcentaje grano defectuoso (factor variedad)	55
Tabla 30. Prueba Duncan Porcentaje grano defectuoso (factor densidad).....	55
Tabla 31. Análisis de Varianza Peso de 1000 semillas (g).....	57
Tabla 32. Prueba Duncan Peso de 1000 semillas [g] (factor variedad)	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 1. Preparación del terreno.....	72
Figura 2. Trazado de surcos	72
Figura 3. Parcela a 6 días de emergencia.....	73
Figura 4. Parcela a los 41 días	73
Figura 5. Parcela a los 66 días	74
Figura 6. Parcela a los 66 días	74
Figura 7. Variedad Redención (130 días).....	75
Figura 8. Variedad Gaucho (130 días).....	75
Figura 9. Variedad Elite (130 días).....	75
Figura 10. Parcela a los 180 días	76
Figura 11. Parcela a los 180 días	76
Figura 12. Volumen de espigas secas	77
Figura 13. Volumen de espigas pisadas	77
Figura 14. Volumen de grano limpio	77
Figura 15. Morfología del trigo	79
Figura 16. Resultado del análisis de semillas 1.....	80
Figura 17. Resultado del análisis de semillas 2.....	81
Figura 18. Resultado del análisis físico químico Variedad Gaucho	82
Figura 19. Resultado del análisis físico químico Variedad Elite.....	83
Figura 20. Resultado del análisis físico químico Variedad Redención.....	84

RESUMEN

La densidad de siembra óptima para el cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) permite obtener el rendimiento máximo por unidad de superficie, sin generar efectos negativos en la calidad del grano. El estudio realizado en el Centro Experimental de Cota Cota, tenía el objetivo de determinar el comportamiento agronómico de tres variedades de trigo harinero sometidas al incremento de la densidad de siembra, considerando algunos aspectos de calidad del grano para semilla y harina. Para esta investigación, las variedades de trigo utilizadas fueron comparadas con una variedad local mejorada y sembradas a densidades de 100, 130 y 160 kg/ha. Empleando un modelo de bloques completos al azar con arreglo bifactorial y 4 repeticiones, la siembra se realizó manualmente en surcos el mes de diciembre y la cosecha se efectuó durante los meses de abril y junio. Entre todas las variables evaluadas en las tres variedades, las que presentaron significancia directamente relacionada al incremento de la población fueron el número de macollos por planta, número de plantas por metro cuadrado, número de espigas por metro cuadrado y el rendimiento expresado en kilogramos por hectárea, destacándose en estos aspectos, la variedad Gaucho con un rendimiento de 1.9 kg/ha. Aunque la cantidad de granos pequeños y defectos en grano se incrementaron al elevarse la población, los índices registrados están dentro de la Norma Boliviana cumpliendo los requisitos de calidad para la comercialización. Posteriormente, los granos producidos en el ensayo se analizaron en laboratorios del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - Departamental La Paz (INIAF La Paz), determinando que el grano producido posee el peso hectolítrico exigido por las molineras, cuyos resultados, en las tres variedades, superaron satisfactoriamente el estándar establecido. La última prueba se realizó en el Instituto Nacional de Laboratorios en Salud (INLASA), determinando que todas las variedades en estudio contienen el porcentaje de proteína requerido por las industrias harineras y panificadoras. Concluyendo que el incremento de la densidad de siembra hasta 160 kg/ha, aún es considerada óptima para el cultivo de las tres variedades de trigo que fueron parte de esta investigación.

ABSTRACT

The optimum seeding rate for wheat (*Triticum aestivum* L.) will give the maximum yield per unit area, without causing negative effects on grain quality. The study conducted at the Cota Cota Experimental Center, aimed to determine the agronomic performance of three varieties of bread wheat subjected to increasing plant density considering some aspects of grain quality for seed and flour. For this investigation, the wheat varieties used were compared to an improved local variety and planted at densities of 100, 130 and 160 kg/ha. Using a model of a randomized complete block under Bifactorial adjustment with four replications, planting is done manually in furrows the month of December and the harvest was done during the months of April and June. Among all variables, those that had significance directly related to population growth were: the number of tillers per plant, number of plants per square meter, number of spikelets per square meter and yield in kilograms per hectare, emphasizing the these aspects, the variety Gaucho with a yield of 1.9 kg/ha. Although the amount of small grains and defects in grain increased with rising population, the rates recorded are within the Bolivian Standard quality meets the requirements for commercialization. Subsequently, the grain produced in the test were analyzed in laboratories of Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal Departamental La Paz (INIAF La Paz), which determined the test hectoliter weight required by the millers, whose results in the three varieties, to satisfy the standard set. The last test took place at the Instituto Nacional de Laboratorios en Salud (INLASA), determining that all the varieties under study contain the protein required by the flour mills and bakeries industries. Concluding that, the increase of plant density to 160 kg/ha, is still considered optimal for the cultivation of three varieties of wheat that were subject to this investigation.

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la Asociación de Productores de Oleaginosas y Trigo (ANAPO) el trigo fue cultivado por primera vez en Egipto, aunque el uso de este cereal para la alimentación es más antiguo que su cultivo. Su importancia se refleja en cada país del mundo y es conocido como el grano de oro, nombre asignado no solamente al color del grano, sino por el valor del mismo en la alimentación.

Introducido por los españoles en la conquista, la producción de trigo en Bolivia comenzó con el coloniaje, con el inicio de la explotación minera, época en que el país aún se autoabastecía; luego, se cambió el rubro de la agricultura por la minería y se inicia la compra y la donación de alimentos de Argentina. Además que la creciente concentración de población en centros mineros, presiona al Estado de Bolivia a una mayor dependencia alimentaria del exterior.

La producción nacional se establece en la zona tradicional (principalmente en los departamentos de Chuquisaca, Cochabamba, Tarija y Potosí) y su posterior expansión a la zona oriental (Santa Cruz), cada una presenta diferentes problemas que afectan el rendimiento final del cultivo. De acuerdo a referencias estadísticas, la producción de trigo en Bolivia, durante la campaña 2008, ha sobrepasado las 190 mil toneladas (INE - MDRyT, 2009).

Por otra parte, el consumo de trigo y sus derivados (harinas principalmente) ha superado la cantidad de 480 mil toneladas anuales, además, entre el año 2010 y mayo de 2011 registró la importación de más de 3 millones de toneladas de trigo en grano y harina (IBCE, 2011).

La alimentación en el área occidental del país está principalmente en base al consumo de trigo. Cabe destacar que la ciudad de La Paz tiene el consumo más elevado del país en pan y variados productos elaborados con harina de trigo.

Irónicamente dentro de la ciudad existen empresas harineras, de industrialización y de panificación, que compran la materia prima de diferentes fuentes, porque la producción nacional no satisface su demanda en calidad ni en cantidad.

El trigo es el cereal más importante en la alimentación de la sociedad y la harina de trigo no puede ser sustituida por ninguna otra harina debido a sus cualidades panificadoras únicas, por tal razón el avance hacia el logro de la seguridad alimentaria en Bolivia debe considerar la producción de trigo; por lo cual, el presente trabajo prosigue las investigaciones anteriormente realizadas que tratan de aumentar las oportunidades para el cultivo de variedades de trigo en el área occidental de Bolivia.

El área de estudio fue Centro Experimental de Cota Cota, debido a que puede existir la continuidad en la investigación, estableciéndose como un cultivo regular en las prácticas universitarias.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General.

- ❖ Evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo tres densidades de siembra en la zona de Cabecera de Valle (Cota Cota, La Paz).

2.2. Objetivos Específicos

- ❖ Evaluar el comportamiento fenológico y agronómico de tres variedades de trigo de ciclo corto.
- ❖ Determinar la densidad de siembra óptima para lograr la máxima producción, sin afectar la calidad del grano.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Definición

Se define como trigo, al grano de todas las especies del género *Triticum*, siendo las especies de uso comercial más comunes la *Triticum aestivum* L. (trigo harinero) y la *Triticum durum* (trigo macarronero) (IBNORCA, 1991).

3.2. Descripción botánica

De acuerdo a Carrasco y Báez (2005), el trigo (*Triticum aestivum* L.) es un cereal de la familia de las gramíneas (*Poaceae*). Es una planta anual herbácea que crece hasta 1,2 metros de altura.

Los tallos son erectos y huecos por dentro, excepto en el nudo; las hojas nacen en los nudos, al igual que el resto de las gramíneas presentan dos partes: la vaina que rodea al pecíolo y protege el meristemo, y el limbo que tiene forma alargada y nervios paralelos.

Las flores se reúnen en espigas, cada espiga consta de un eje principal o raquis sobre las que se distribuyen lateralmente las espiguillas. Éstas constan de un eje principal del que nacen filamentos terminados en glumas que encierran las flores hasta que maduran. Además de las glumas, las flores se encuentran protegidas por brácteas: palea (interior) y lema (exterior), esta última finaliza con una arista que confiere al trigo un aspecto plumoso.

Las flores son poco vistosas, no presentan pétalos ni sépalos, cada flor femenina consta de un ovario del que salen dos estilos terminados en dos estigmas plumosos. Las flores masculinas presentan tres estambres (Anexos - figura 15). La fecundación y maduración del óvulo produce el grano de trigo, un fruto tipo cariósipide.

3.3. Exigencias climatológicas

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.

La temperatura mínima de crecimiento oscila de 3 a 4 °C, óptima de 25 °C y máxima de 30 a 32 °C (Carretero *et al.*, 2007), además afirma 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.

Carretero *et al.* (2007), refiriéndose a la precipitación pluvial, establece el rango óptimo de 500 - 600 mm, aunque el cultivo se desarrolla a partir de los 300 mm, recalcando que son mejores los años de más lluvia en primavera.

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).

3.4. Exigencias de suelo

El cultivo prospera en suelos de textura media a pesada, de buena estructura y con buen drenaje. En terrenos ligeros padece estrés hídrico en la maduración del grano. En suelos muy arcillosos, con mala estructura e insuficiente aireación hay asfixia radicular en época de lluvias limitando su desarrollo (Carrasco y Báez, 2005).

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 Báez, 2005).

ANAPO (2004), considera que para el cultivo de trigo los suelos deben presentar las siguientes características: textura mediana a ligeramente pesada, con capacidad de almacenamiento de agua y sin limitaciones de nutrientes. El rango óptimo del pH está entre 6,0 y 6,5.

3.5. Requerimientos nutricionales y fertilización

Celentano y Montero (2004), resaltan la importancia de sembrar el trigo en áreas de buena fertilidad natural y química, y si es necesario, reforzar con una buena dosis de fertilizante nitrogenado durante el macollaje, momento oportuno para mejorar el rendimiento y la calidad.

El contenido de nutrientes considerados adecuados para trigo, según Malavolta *et al.* (1989), son: Nitrógeno 3,0 - 3,3; Fósforo 0,20 - 0,30 y Potasio 2,30 - 2,50 g/kg. Estos mismos valores son manejados por la ANAPO (2004).

EMAPA (2007), determina que el requerimiento del cultivo en la región occidental es de 70 kg/ha de nitrógeno, 100 kg/ha de fósforo y 80 kg/ha de potasio; considerando el sistema de producción en la región, en la cual se practica la incorporación de abono orgánico del hato ganadero, y la adición de urea (46-00-00) como único fertilizante químico que el agricultor está dispuesto a adquirir.

Bothan *et al.* (1999), el aprovechamiento de nitrógeno por la planta está en relación directa con las precipitaciones y la disponibilidad de agua del suelo, y una de las formas de mejorar la utilización del N del fertilizante es adicionarlo en aplicaciones parciales, dependiendo de las etapas de mayor requerimiento del cultivo.

El azufre es un nutriente esencial para el crecimiento del trigo junto con el N y P. Los requerimientos dependen de la aplicación de N y de los balances N/S en el suelo y la planta. La planta de trigo utiliza el S para la síntesis de aminoácidos, necesario para la producción de proteínas. Las deficiencias en nitrógeno y azufre tienden a intensificarse desde el macollamiento a la madurez, produciendo macollos frágiles; no así la de fósforo (Ramussen, 1996).

La relación entre la concentración de nutrientes en los tejidos vegetales y los rendimientos es positiva hasta un cierto valor de concentración (umbral), a partir del cual el rendimiento no sigue aumentando (Munson y Nelson, 1990). Como última observación, Palacio (2006), recuerda que una buena condición nutricional del cultivo favorece la tolerancia a ciertas enfermedades de hoja.

3.6. Siembra

En el trigo las distancias entre hileras pueden ser 17,5; 19 o 21 cm (Carrasco y Báez, 2005). Ruíz *et al.* (2000), sugiere que el cultivo requiere una profundidad entre 2 a 4 cm. En la siembra en línea se realiza separaciones de 14 a 20 cm. Además INTA (2006), menciona que la elección de la fecha de siembra variará en función de su ciclo.

ANAPO (2004), recomienda que la profundidad de siembra puede variar de 3 a 5 cm de la superficie del suelo. Y prioriza la siembra en surcos en línea, para la buena uniformidad de la semilla. El trigo normalmente usa 17 cm, pero no se debe pasar de 20 cm para obtener un mínimo de 200 plantas por metro cuadrado.

3.7. 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).

La densidad aplicada en determinada área modifica la disponibilidad de los recursos agua, luz y nutrientes; a medida que los individuos se aproximan las interacciones se hacen más negativas durante el desarrollo (Maurtua y Banzato, 2002).

Además, Maurtua y Banzato (2002) también aseguran lo importante que es determinar la densidad de siembra óptima económica, es decir aquella densidad por encima de la cual el rendimiento extra obtenido iguala o es levemente inferior al costo extra de las semillas utilizadas.

Como menciona Vega y Andrade (2000), las plantas al igual que otros organismos tienen interacciones negativas cuando compiten por un recurso esencial que es limitado, esta competencia conduce a una reducción del desarrollo.

El aumento de la densidad de plantación, conlleva cambios en las condiciones microclimáticas y de manejo del cultivo que, entre otros factores, puede influir en la incidencia de las enfermedades y presencia de plagas. Es importante señalar que, el trigo debe sembrarse a una densidad al menos de 170 a 180 kg/ha, ya que la disminución de plantas por diferentes factores (climáticos, plagas o enfermedades) puede ser considerable (INTA, 2005).

Ruíz *et al.* (2000), recomienda para el cultivo a secano densidades de 60 a 200 kg/ha y con regadío de 90 a 250 kg/ha. En zonas fértiles 200 kg/ha en secano y 250 en regadío. Se utiliza menos semilla en zonas áridas, en siembras tempranas, en terrenos bien preparados y con sembradoras de precisión. La densidad de siembra más recomendada para los ciclos cortos, para lograr el óptimo rendimiento en secano, sería entre 200 a 250 plantas/m², lo que significa aproximadamente 120 kg/ha de semilla (INTA, 2006).

Lacaste *et al.* (2004), mencionan que determinar la densidad óptima de siembra en los cereales se emplea tradicionalmente para aumentar la competencia del cultivo frente a las malas hierbas y disminuir de esa forma el daño que éstas causan en los rendimientos de los cultivos.

Por los conocimientos anteriores, se resume que las densidades mayores producen incrementos en la producción (rendimiento en kg/ha), pero dejan de considerarse óptimas cuando las altas densidades tienen efectos negativos en la calidad del grano, como menor tamaño, crecimiento no uniforme, mayor tiempo de maduración y/o menor peso hectolítrico. También se considera que la densidad más apropiada es aquella que logre el mayor rendimiento de grano sin que el precio de la semilla afecte el beneficio económico de la producción.

3.8. Enfermedades

Gilchcrist *et al.* (2005), menciona 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 y la roya lineal lo es en áreas más frías. Un clima intermedio favorece la roya de la hoja, que es la más difundida y destructiva de las tres enfermedades hoy en día.

Los carbones que afectan el trigo son: *Tilletia tritici* (sin. *T. caries*) y *T. laevis* (sin. *T. foetida*), causantes del carbón común; *Tilletia controversa*, causante de carbón del enanismo; *Tilletia indica*, causante del carbón parcial; *Ustilago tritici*, causante del carbón volador, y *Urocystis agropyri*, causante del carbón de bandera.

Las enfermedades foliares son las principales restricciones bióticas que reducen el rendimiento en los plantíos productivos de trigo (Annone *et al.*, 1994). Y por su frecuencia de aparición y severidad se destacan la roya de la hoja (*Puccinia recondita*), la mancha de la hoja (*Septoria tritici*) y la mancha amarilla (*Drechslera tritici-repentis*) entre otras (Annone *et al.*, 1994; Carmona, 2001).

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 tritici-repentis*) y el golpe blanco o fusariosis de la espiga (*Fusarium graminearum*) (Palacio, 2006).

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*).

3.9. 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 pulgón verde (*Schizaphis graminum*); entre las plagas secundarias se destacan el gusano de la espiga (*Pseudaletia sequax*), gusano tierrero (*Agrotis* spp.), pulgón del tallo y la raíz (*Rhopalosiphum* sp.) y el chinche de la espiga (*Thianta perdidor*).

También considera plagas menores a los animales que atacan el cultivo durante el periodo de maduración del grano, como ser aves y roedores, y las plagas de almacén, como el gorgojo negro (*Sitophilus orizae*), gorgojo café (*Rhizoperta dominica*) y la polilla de almacén (*Sitotroga cerealella*).

3.10. Importancia del trigo en el Mundo

Entre los cereales, el trigo está considerado como un alimento base de alto valor nutritivo, debido a su composición química en cuanto a la relación proteína, almidón y materia grasa (CIMMYT, 2006). Estas características, junto a la adaptabilidad a diversos climas y suelos, hacen del trigo un cultivo de primera necesidad.

La producción mundial de trigo en millones de mega gramos en el 2002 alcanzó a más de 572 mil Mg, tomando a los continentes de Asia con 252 mil Mg, Europa con 213 mil Mg, Oceanía con más de 9 mil Mg, África con 16 mil Mg, Norte y Centro América con 18 mil Mg, en el que Bolivia registra 143 Mg (FAO, 2002).

Con referencia al modo de consumo, AAPROTRIGO (2004), definió el porcentaje de destino de uso; del total de trigo producido en Brasil y Argentina, el 50% de las harinas producidas tiene como destino la panificación, 16% para la elaboración de galletas, 12% harinas domésticas, 19% para pastas y 3% para otros fines.

3.11. Situación del trigo en Bolivia

En Bolivia los usos son similares a los mencionados anteriormente, pero estos porcentajes no están definidos, además que en la zona tradicional se debe considerar el consumo del grano pelado en comidas típicas (trigo y triguillo), la elaboración de tostados y en wiñapu como materia prima para la elaboración de chicha.

La máxima producción de trigo en Bolivia fue 2.09 ton/ha, lograda en Okinawa el año 2004, dato registrado por la Cooperativa Agroindustrial Integral de Colonias Okinawa Ltda. (CAICO). De acuerdo con el Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el cultivo del Trigo (PROTRIGO, 1998), Bolivia cuenta con dos áreas claramente identificadas: área tradicional y área oriental.

3.11.1. Área Tradicional

El área tradicional (valles interandinos), denominada así porque desde épocas prehispánicas se siembra cereales en muchas de estas regiones, conformado por los valles y cabeceras de valles de los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca, Tarija, Potosí, e involucrando actualmente a La Paz. El departamento de La Paz en el periodo de 1989 hasta 1994 poseía una superficie cultivada mayor a 2 mil ha/año.

Además PROTRIGO (1998), asegura que el trigo es el alimento básico para los agricultores de los valles interandinos de La Paz, destinado principalmente al autoconsumo familiar debido a que la producción tradicional emplea especies de trigo susceptibles a enfermedades y con condiciones medio ambientales favorables para el desarrollo de los patógenos, disminuyendo los rendimientos y calidad del grano.

En la zona tradicional la producción alcanza una tonelada por hectárea, con una cosecha al año. El rendimiento promedio del trigo es de 0.7 toneladas por hectárea al año en el departamento de La Paz (INE - MDRyT, 2009).

3.11.2. Área Oriental

Corresponde al área de los llanos orientales del departamento de Santa Cruz, donde el cultivo del trigo es una actividad reciente, desarrollado en los años 60 e impulsado desde entonces por diferentes organizaciones que adaptaron el cultivo a la zona, actualmente alcanzó una superficie cultivada mayor a 42 mil ha/año.

AAPROTRIGO (2004), afirma que las propiedades de los trigos de clima templado son superiores a los trigos de clima tropical, porque estos tienen baja aptitud panadera. En la zona oriental el promedio de producción es 1.33 ton/ha, con dos cosechas por año.

3.12. Problemática actual

Las pocas variedades desarrolladas para la zona tradicional, que son tolerantes a diferentes enfermedades no fueron difundidas adecuadamente, estando a punto de desaparecer. Entre éstas EMAPA (2007), cita a Redención, Pelón y Charcas.

PROTRIGO (2005), menciona que en la actualidad, la situación del trigo en La Paz es irrelevante en diferentes aspectos, es difícil encontrar semilla de trigo en el mercado local, incluso en centros de distribución de germoplasma, sin disponibilidad oportuna para la época de siembra, ni se cuenta con la cantidad de semilla demandada; sin considerar que las variedades criollas no están clasificadas ni ofrecen ninguna garantía. Respecto al acopio de la producción, el grano producido es almacenado sin distinción alguna.

De acuerdo a declaraciones provenientes del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, publicadas en julio del 2008, por la agencia de noticias ABI, la única semilla que se mejoró en Bolivia, fue la que se utiliza para el cultivo tropical, de manera que toda la semilla destinada a las tierras altas, zona triguera de antaño, sólo trabaja con semilla tradicional, no mejorada. El problema de la producción del país no se trata de la falta de recursos, experiencia, capacidad o ausencia de tierras, sino de semillas.

3.13. Tipos y clases de trigo

Aunque antiguamente, el trigo como harina era utilizado indistintamente para la elaboración de pan y pastas, existe dos tipos de trigo para usos específicos: el trigo blando para panificación y el trigo duro para fideos (IBNORCA, 1991).

La norma boliviana también clasifica a los trigos tomando en cuenta la textura en: trigo duro, está formado por todas las variedades de trigo color ámbar, es decir que contienen de 60 a 75% de granos vítreos. Trigo semiduro contiene al menos de 40% a 60% de granos vítreos. Trigo blando, contiene menos de 40% de granos vítreos.

Según Cuniberti (2003), la clasificación de la producción de trigo en clases, por grupos de variedades y proteínas, contribuye a mejorar la rentabilidad del productor. Además permitirá satisfacer las demandas de la industria.

3.14. Variedades

Salisbury (1994), se refiere que el rendimiento de muchas especies se ha visto mejorado incrementando el índice de cosecha (rendimiento respecto al rendimiento de la parte aérea), pero los resultados por mejorar la eficiencia fotosintética de las hojas tuvieron pocos resultados, pero los esfuerzos de cruza han incrementado los asimilados destinados a los órganos de almacenamiento cosechado. A esto, ANAPO (2004) y Salisbury (1994), señalan que se obtienen mayores rendimientos de grano de ejemplares enanos o semienanos, porque la planta envía más fotosintatos al grano que al tallo.

INTA (2006), afirma que la producción de trigo ha crecido en los últimos años tanto en superficie como en rendimiento y los principales factores han sido la incorporación de nuevo material genético, fertilización y siembra directa.

PROTRIGO (2005), reconoce que algunas variedades criollas pierden terreno año tras año frente a otras nuevas variedades de mayor rendimiento, pero de muy mala calidad para la panificación.

Se ha identificado que en los valles interandinos de La Paz, entre el 60 al 70% de la zona todavía cultiva variedades criollas como Puca Muru, Th'aplaco, Barba Negra y otros, que son de ciclo tardío, susceptibles a enfermedades y de baja productividad (PROTRIGO, 1998). Además el Proyecto PADER (2006), nombra las variedades más usadas en Potosí, que son México y Australiano.

Las variedades como Tarata-80, Kite, Bow "S", Totorá-80, IBTA Waylla, Tepoca-89, Soller, Agua Dulce y Pilancho, que se sometieron a diferentes estudios de introducción y adaptabilidad en diferentes regiones de La Paz, obtuvieron mayor rendimiento frente a los trigos criollos, aunque la adaptabilidad de cada una de las variedades fue diferente en cada zona geográfica (Mamani, 1999; Ochoa, 2002 y Condori, 2005).

3.14.1. Variedad Redención

El testigo Redención es una variedad de ciclo corto y grano duro destinado a la obtención de harina, resistente a diferentes enfermedades y principalmente con buenas características agronómicas y de producción, siendo liberada hace no más de diez años pero poco difundida en el país, de venta en diferentes semilleras pero en pequeñas cantidades; según EMAPA (2007).

La variedad Redención se caracteriza por ser una planta de porte vegetativo alto erecto (90 cm), macollaje bueno, presenta el típico color amarillo-dorado al madurar la espiga, pero de grosor considerable por producir granos grandes (>2,5 mm) (EMAPA, 2007).

3.14.2. Variedad Gaucho

De acuerdo a las especificaciones de la distribuidora Prodesem (2005), la variedad Gaucho posee un porte vegetativo semirrecto, macollaje regular (2), altura de planta de 70 a 90 cm, tamaño de espiga muy larga (>8 cm), color de la espiga a la madurez blanco, número de granos promedio por espiga 40, largo de la hoja bandera 23 cm y ancho 10 mm.

Puede presentar riesgo sanitario medio para roya, mancha amarilla y fusarium, y bajo para septoria. Calidad industrial de granos del grupo 2 (trigo para panificación tradicional de calidad media), peso de 1000 granos de 28 a 39 gramos, peso hectolítrico de 72 a 82⁽¹⁾. Y con muy buenas aptitudes para la siembra directa. Variedad obtenida por el Pro INTA en Argentina.

¹ Variación registrada en diferentes zonas climáticas de Argentina mediante investigaciones del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

3.14.3. Variedad Elite

Prodesem (2005) presenta las características de ésta, como una variedad de porte vegetativo erecto, capacidad de macollaje buena (3), altura de planta 85 cm, tamaño de espiga larga (>6 cm), color de la espiga a la madurez blanco, variedad de ciclo corto.

Riesgo sanitario bajo para roya, mancha amarilla y fusarium. Calidad industrial de grano del grupo 2 (trigo para panificación tradicional), peso hectolítrico 62 a 72, peso de 1000 granos de 40 a 42 gramos. Variedad de origen argentino obtenida por Pro INTA.

3.15. Experiencias de ensayos de trigo en el departamento de La Paz

Según Mamani (1999), en la evaluación de 15 variedades de trigo en el Altiplano Central y Norte de Bolivia, indica que los resultados obtenidos tanto en rendimiento como en calidad de grano son bastante alentadores para continuar con el trabajo de investigación.

A su vez Ochoa (2002), realizando el estudio de introducción de 15 variedades de trigo en dos comunidades de la Provincia Inquisivi del departamento de La Paz, menciona que los rendimientos obtenidos en las dos comunidades son superiores al rendimiento departamental y nacional, permitiendo predecir que en un futuro se reemplazará las variedades locales por variedades estudiadas y recomendadas.

Según Condori (2005), en el estudio de adaptación de 15 variedades de trigo en Valles Interandinos de tres provincias del departamento de La Paz, afirma que las variedades en estudio fueron superiores en rendimiento frente a las variedades locales, pero permitiendo avizorar que en los valles interandinos de La Paz las variedades estudiadas no son adaptables en condiciones de alta humedad y pronunciada pendiente.

3.16. Calidad del grano de trigo

La calidad es un concepto dinámico, relativo, y variable con el tiempo y los usuarios del producto, según la Secretaría de Agricultura y Ganadería de México (2003), define calidad como "la cualidad de un producto de cumplir o superar las expectativas del cliente", refiriéndose al grano de trigo; éste será de calidad si satisface los requerimientos de todas las personas e instituciones involucradas en su producción y comercialización.

La entidad encargada de la normativa de productos en Bolivia es el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA), que desde 1991 hasta la actualidad maneja la norma NB 016, que establece los parámetros principales que debe cumplir el grano de trigo a 14% de humedad, entre los cuales se consideran el peso hectolítrico y el contenido de defectos totales. Asimismo IBNORCA, complementa la mencionada norma el año 2006 y establece los requisitos de proteína que deben cumplir los granos de trigo para harina, con la Norma Boliviana 680 (IBNORCA, 1991, 2006).

Peso Hectolítrico, IBNORCA (1991), define al peso hectolítrico como la relación que existe entre la masa y la unidad de volumen expresados en kg/Hl. 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.

SAGARPA (2003), menciona que el peso hectolítrico se expresa por el peso de grano por unidad de volumen. En los países que usan el sistema métrico decimal, éste es expresado en kilogramos por hectolitro. 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.

Contenido de proteína, según IBNORCA (1991), el contenido de proteína mínimo del grano, debe estar entre 10 y 11%, si el contenido es menor al 10% este grano se considera de baja calidad, de acuerdo a NB 016.

SAGARPA (2003, 2007), dice que, tanto la cantidad como la calidad de proteína se consideran factores primordiales en la medición del potencial de una harina en relación a su uso final. Según esta clasificación, el valor dado en este país (México) es de mayor o igual a 12.5%. En general, trigos de menos de 11% de proteína no son aconsejables para producir pan.

Técnicamente, la calidad de una variedad de trigo está dada por la cantidad y composición de las proteínas de reserva. Esto hace que la expresión de calidad se modifique entre todas las variedades existentes. Gracias a este parámetro se puede diferenciar en grupos de calidad cada variedad de acuerdo a sus características genéticas (AAPROTRIGO, 2004).

4. LOCALIZACIÓN

El estudio se efectuó en terrenos del Centro Experimental de Cota Cota dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, situado en la provincia Murillo del Departamento de La Paz a 3445 msnm y a 16°32'04" de Latitud Sur y a 68°03'44" de Longitud Oeste. Entre las temperaturas registradas se tiene una máxima de 21,5 °C, una mínima de -0,6 °C y una temperatura media de 11,5 °C y con una precipitación de 488,53 mm/año (C. E. Cota Cota, 2007).

En la topografía del terreno se presentan pendientes regulares a fuertes, con presencia de terrazas para fines agrícolas. Asimismo, en el área de estudio se encuentran especies como: aramo negro, acacia floribunda, malva roja, retama, chillca, eucalipto, también especies de la familia *Poaceae*, *Asteraceae*, *Mimosaceae*, *Salicaceae*, *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Malvaceae* y *Solanaceae*. El suelo se caracteriza por ser de tipo aluvial, de textura franco arcillosa, areno franco y con presencia de grava.



5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material de campo

Para las labores culturales del cultivo se utilizó:

- Picos
- Chontas
- Alambre de púas
- Rastrillo
- Balanzas
- Postes
- Cinta métrica
- Saquillos
- Hoz
- Agrofilm
- Bolsas plásticas
- Cernidor
- Tamiz malla 2 mm
- Tamiz malla 0.5 mm

5.1.2. Material genético

Para la campaña de verano se cultivaron las siguientes variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) de ciclo corto:

- Gaucho (Argentina)
- Elite (Argentina)
- Redención (Bolivia)

5.1.3. Material de laboratorio

Para las pruebas en laboratorio se necesitó el siguiente material:

- Cajas petri
- Algodón
- Cámara Húmeda
- Esterilizador
- Esponjas

5.1.4. Material de gabinete

Para el procesamiento de los datos fue necesario:

- Ordenador
- Programa SPSS
- Material de escritorio
- Calculadora
- Cuaderno de campo

5.2. Métodos

5.2.1. Método de campo

1º Preparación de semilla. Se realizó en laboratorios del INIAF La Paz, en cajas petri y dentro de cámaras semi-húmedas e iluminadas. Los resultados obtenidos fueron utilizados para el cálculo del valor cultural (VC) y la densidad de siembra corregida (DSC).

a) Valor Cultural

El Valor Cultural (VC) es el índice, en porcentaje, utilizado para calcular la cantidad de semillas a ser sembradas por unidad de área (hectáreas), calculada con la siguiente fórmula:

$$VC = \frac{\%Pureza * \%Germinación}{100\%}$$

Fórmula 1. Valor cultural

Por medio del valor cultural se determinaron la cantidad exacta de semillas que se utilizaron en la siembra y el porcentaje de semillas que germinarían en condiciones normales de siembra.

En este caso, las semillas tienen un porcentaje de pureza de 95% y un porcentaje de germinación de 95%, como este último factor varía con el tiempo de conservación, se procedió a la verificación del mismo en laboratorios del INIAF La Paz.

b) Densidad de siembra corregida

La densidad de siembra corregida es la adición de determinada cantidad de semilla a la densidad inicial, la cantidad adicional es dependiente del valor cultural de la semilla (germinación y pureza).

La finalidad de este procedimiento, es lograr el máximo aprovechamiento del área cultivable, obteniendo una población vegetal aproximada al 100% de la deseada, considerando como base 200 a 250 individuos/m², densidad recomendada para los ciclos cortos por INTA (2006).

$$DSC = \frac{100 * DS}{VC}$$

Fórmula 2. Densidad de siembra corregida

En base a los mencionados conceptos, se realizó el cálculo de la densidad de siembra corregida, de acuerdo a la anterior ecuación y a los resultados obtenidos en las pruebas de germinación y los datos de pureza de la semilla, se elaboró la siguiente tabla:

Tabla 1. Densidad de siembra corregida (kg/ha)

VARIEDAD	% PUREZA (*)	% GERMINACION (**)	DENSIDAD DE SIEMBRA CORREGIDA		
			Para 160 (kg/ha)	Para 130 (kg/ha)	Para 100 (kg/ha)
Gaucho	95,00	90,00	187,13	152,05	116,96
Elite	95,00	97,00	173,63	141,07	108,52
Redencion	90,00	93,00	191,16	155,32	119,47

* Datos referenciales del empaque

** Datos obtenidos en laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Las densidades de siembra que se emplearon en esta prueba fueron determinadas por las condiciones de pureza de la semilla y los exámenes de germinación, demostrando por ejemplo, que para obtener una germinación cercana al 100 %, si se emplea la densidad de siembra de 160 kg/ha en la variedad 1 y dadas las características propias de la variedad, la densidad correcta a emplearse será aproximadamente 187 kg/ha; de la misma manera se calculó la densidad corregida para 130 y 100 kg/ha.

2° Preparación de terreno. Debido a que el terreno es arcilloso arenoso, primeramente se procedió al riego profundo (empantanado); posteriormente, se realizó la remoción manual de 20 a 30 cm de profundidad, empleándose herramientas como palas, picos y rastrillos, para después ser mullido, nivelado y finalmente se incorporó el estiércol a razón de 10 tn/ha. El terreno preparado fue un barbecho de 300 m² de superficie, en el que la última siembra fue arveja y cebolla.

3° Proceso de siembra. Se realizó una siembra tardía en fecha 16 de diciembre de 2008), a chorro continuo (la distribución de semilla fue al voleo dentro el surco); la distancia entre surcos fue de 20 cm y a 4 cm de profundidad máxima. Cada unidad experimental tenía un tamaño de aproximadamente 2,40 x 3 metros.

De acuerdo a recomendaciones del INTA (2006), la fecha de siembra seleccionada tuvo como objetivo que la floración del trigo coincidiera con el periodo donde el riesgo de heladas sea mínimo.

Las densidades de siembra fueron elegidas según el criterio de Abbate (2005), depende del ciclo que tenga el cultivar con que se trabaja, mayor será la densidad óptima; y, la meta es que el cultivo cierre el surco cuando empiezan a crecer las espigas, éste es un buen indicador de que la densidad de siembra es correcta.

4° Fertilización nitrogenada. Debe recordarse que el cultivo de trigo requiere fertilización nitrogenada durante gran parte de su desarrollo, sin embargo la mayor demanda se manifiesta a partir del inicio del encañado hasta la antesis. Algunos días después de la espigazón, al momento de la antesis, el cultivo ya absorbió aproximadamente 75% de sus necesidades. El trigo deberá disponer de 25 a 30 kg de nitrógeno por tonelada de grano cosechado (INTA, 2005).

La totalidad de la superficie cultivada recibió fertilización de 5 kg de urea, incorporados al voleo entre surcos al inicio del macollaje, de acuerdo a la recomendación de Bothan *et al.* (1999), que asegura que los mayores rendimientos de trigo se dan porque la aplicación de urea se realizó en el estadio de encañado del trigo.

5° Control fitosanitario. Durante el desarrollo del cultivo se realizaron varias evaluaciones del estado sanitario de los cultivares en los estadios de encañado y durante el llenado de grano. Las evaluaciones comenzaron 20 días después de la germinación repitiéndose cada 20 días hasta la madurez fisiológica.

INTA (2006), sugiere que el método de control más económico y de menor impacto ambiental es la elección de cultivares resistentes o tolerantes, y disponer de información local, respecto al comportamiento sanitario de cultivos anteriores y nuevas variedades.

6° Control de plagas. Por inspección visual, no se detectó insectos ni síntomas de plagas durante la fase vegetativa del cultivo. Sólo se verificó la presencia de plagas durante el llenado y la maduración de granos.

Se identificó principalmente la presencia de aves y roedores antes de la cosecha; durante el almacenaje se presentaron roedores y gorgojo negro (*Sitophilus orizae*). La presencia de estos agentes no provocó daños ni pérdidas a la cosecha obtenida de las muestras.

7° Control de malezas. Según EMAPA (2007), cuando se emplean densidades normalmente usadas (de 70 a 100 kg/ha en Bolivia), el cultivo puede admitir hasta 30% de cobertura de malezas sin causar problemas de reducción de cosecha y enmascaramiento de resultados. Considerando que el incremento de la densidad de siembra del cultivo tiene una leve tendencia a disminuir la densidad de las malezas, como menciona Catullo (1983).

Se procedió al deshierbe manual del terreno entre los 30 y 40 días después de la siembra, cuando las malezas tenían el tamaño adecuado para ser extraídas y durante el periodo de macollaje, posteriores controles se realizaron después de verificar la cobertura de hierbas por estimación visual. Detectando la presencia de las malezas citadas en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Malezas detectadas durante del desarrollo del cultivo

Nombre común	Nombre científico
Abrepuño amarillo	<i>Centaurea solstitialis</i>
Bolsa de Pastor	<i>Capsella bursa-pastoris</i>
Avena negra	<i>Avena fatua</i>
Cerraja	<i>Sonchus oleraceus</i>
Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>
Flor amarilla	<i>Diploaxis tenuifolia</i>
Girasol guacho	<i>Helianthus annus</i>
Mostacilla	<i>Rapistrum rugosum</i>
Lengua de vaca	<i>Rumex crispus</i>
Nabo	<i>Brassica campestris</i>
Nabón	<i>Raphanus sativus</i>
Ortiga	<i>Urtica urens</i>
Quinua silvestre	<i>Chenopodium sp</i>
Raigrás anual	<i>Lolium multiflorum</i>
Trébol de carretilla	<i>Medicago arabica</i>

Fuente: elaboración propia

El control de malezas dejó de efectuarse en el momento de la floración; conforme a las recomendaciones de Lacaste *et al.* (2004) y Satorre y Kruk (2004), quienes indican que desde la antesis, la planta entra al estado más frágil para concluir el desarrollo del grano.

8º Cosecha. La cosecha se realizó en forma manual cuando la planta presentaba el característico color amarillo o blanquecino, el grano ha llegado a su madurez cuando no se deja cortar transversalmente por la uña; el cegado se realizó con hoz, posteriormente, el secado, la trilla, el venteado y limpieza. La FAO (2002) estima el porcentaje de pérdida por cosecha manual hasta el 25%.

Este trabajo se efectuó en el menor tiempo posible y se practicó de acuerdo a la evolución de madurez que presentaba cada unidad experimental. Las muestras fueron llevadas a una carpa localizada en el mismo centro experimental, para prevenir la pérdida de granos durante el secado de la espiga debido a desgrane, daño por aves, roedores o por inclemencias climáticas, como lluvias y granizos.

5.3. Diseño experimental

Reyes (1999), asegura que en el diseño en bloques al azar, la distribución de tratamientos es la de mayor uso en diseños experimentales y es el más ventajoso cuando el número de tratamientos es de tres y no excede los 15. Además indica que el número de bloques debe ser igual al número de repeticiones. Y si los resultados de este diseño logran un grado de precisión satisfactorio no hay necesidad de buscar otros diseños (Cochran y Cox, 1987).

Diferentes investigaciones encontraron que el tamaño óptimo por unidad experimental para el cultivo de trigo es de 5 a 12 metros cuadrados, en los que se recomienda cosechar de 2 a 3 surcos centrales (Reyes, 1999).

De acuerdo a las recomendaciones anteriores, el diseño experimental empleado fue de Bloques Completos al Azar con arreglo bifactorial. El número de tratamientos fue de 9 y el número de repeticiones 4, haciendo un total de 36 unidades experimentales.

5.4. Factores de estudio

El Factor A corresponderá a variedades de trigo de ciclo corto, el cual tuvo tres niveles. El Factor B corresponde a las densidades de siembra (100, 130 y 160 kg/ha).

5.5. Modelo lineal

El modelo lineal aditivo corresponde a:

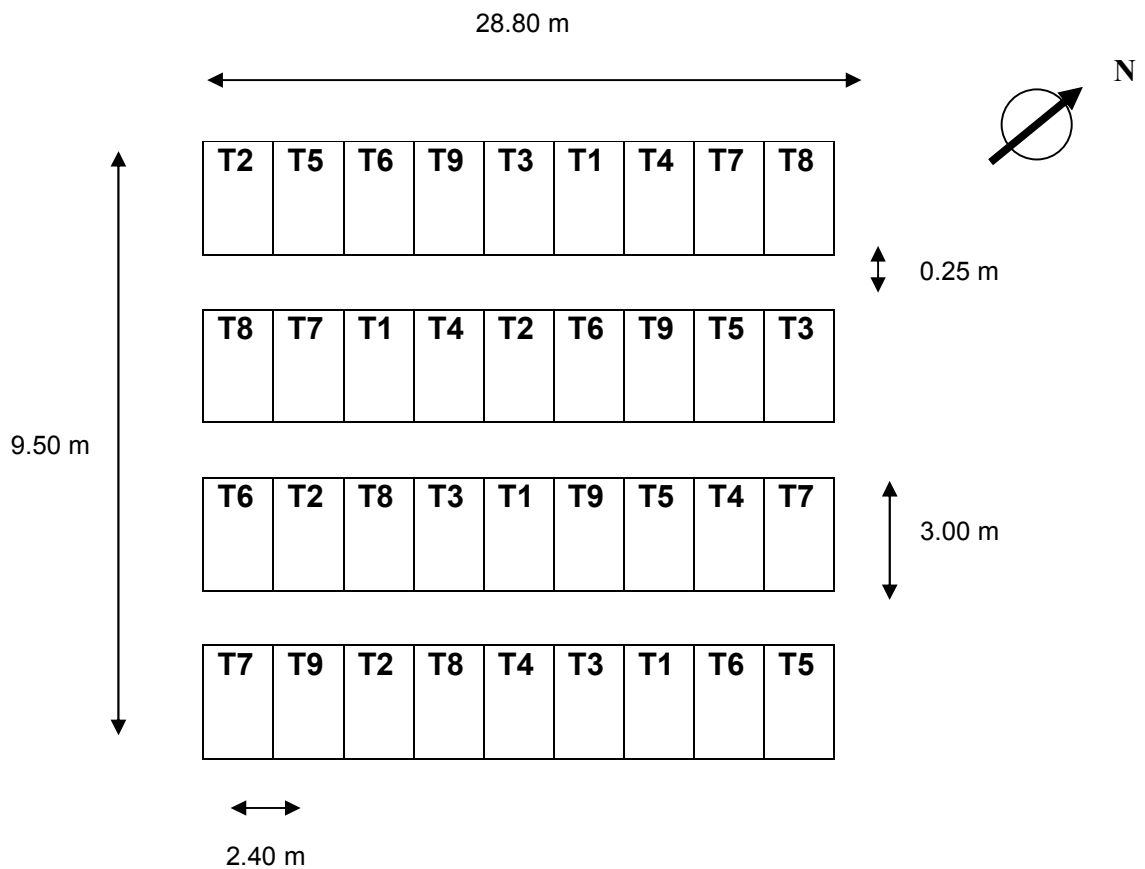
$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + E_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} : Observación correspondiente al tratamiento i (factor A), j (factor B) y bloque k
- μ : Promedio general
- α_i : Efecto del factor A
- β_j : Efecto del factor B
- $(\alpha\beta)_{ij}$: efecto de la interacción
- γ_k : Efecto de los Bloques
- E_{ijk} : Error experimental

5.6. Croquis del experimento

La parcela elegida en cada localidad tuvo las dimensiones de 10 x 30 m, haciendo una superficie total de 300 m² y los tratamientos se distribuyeron de la siguiente manera:



5.7. Variables a medirse

Se midieron solamente las variables de las plantas presentes en los surcos centrales de 1 metro de longitud, evitando el efecto bordura. El estado fenológico de cada cultivar se determinó cuando el 50% de las plantas de cada muestra alcanzaba dicho estado. Las variables están clasificadas de la siguiente manera:

5.7.1. Variables fenológicas

- **Días a la emergencia**, se realizó el levantamiento de datos desde el día de siembra hasta el momento en que más del 50% de la superficie del terreno fue cubierto.
- **Días a la floración**, se contabilizaron los días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que por lo menos el 50% de la población de cada unidad experimental presentó flores.
- **Días de madurez**, se consideran los días desde la siembra hasta el momento en que más del 50% de las plantas de trigo llegan a endurecer sus granos, la planta llega que cambiar de color verde a amarillo.

5.7.2. Variables agronómicas

- **Altura de planta (cm)**, la altura de planta se midió con una regla, desde la base del cultivo hasta la espiga, sin considerar la arista o barba.
- **Longitud de la espiga (cm)**, se determinó el largo de las espigas con la ayuda de un vernier, exceptuando la barba de la espiga.
- **Número de plantas/m²**, los recuentos se efectuaron a los 30, 40 y 60 días después de la siembra, enmarcando una muestra de un metro cuadrado, ubicado en el centro de la unidad experimental en el cual se contabilizó la cantidad de plantas existente en esa superficie.

- **Número de macollos/planta**, dentro del perímetro muestral se eligieron al azar 15 plantas-muestra y se contó la cantidad de macollos de cada una.
- **Número de espigas/m²**, se estimaron marcando un metro cuadrado en el centro de cada unidad experimental y se contabilizó el número de espigas por metro lineal (tres surcos por metro cuadrado).
- **Número de granos/espiga**, se eligieron 20 espigas al azar dentro el área de la muestra y se cuenta el número de granos de cada espiga.
- **Rendimiento de grano (kg/ha)**, se estimó a partir de la extracción de espigas, de muestras de 1 m² de cada unidad experimental y trilladas de forma manual, se pesó el grano obtenido de las 36 muestras al 14% de humedad y se ponderó el rendimiento en kg/ha de cada tratamiento.

Para el pesaje de grano se eliminaron todas las impurezas, el polvo y los residuos de granos quebrados y granos menores a 0.5 mm, a través de una zaranda.

5.7.3. Parámetros de calidad

- **Tamaño de grano (%)**, para determinar los valores de cariopsis, la muestra debe ser pesada, tamizada a través de una malla de 2 mm (método usado por el INIAF Cochabamba), los granos que cayeron (triguillo) deben ser pesados y ponderados con la cantidad inicial.
- **Cantidad de granos defectuosos (%)**, se procedió a pesar una muestra y luego se separó todos los granos que presenten defectos, que comprenden granos partidos, infestados, chuzos, blanqueados y picados.

- **Determinación del peso hectolítrico (kg/Hl)**, para determinar el peso hectolítrico de la muestra, el INIAF exigió una muestra de 500 g por muestra y 500 g de contramuestra, para el posterior pesaje comparativo con un volumen en hectolitros.
- **Determinación del contenido de proteína (%)**, el estudio de esta variable se realizó en instalaciones del INLASA, se requirió entregar una muestra de 1 kg y una contramuestra de 1 kg de grano.

5.8. Análisis estadístico

El análisis de las variables se realizó por medio del procedimiento de análisis de varianza (ANVA), utilizando el programa SPSS. La comparación de medias fue realizada por el análisis de rango múltiple de Duncan, a un nivel de probabilidad del 5% para detectar diferencias significativas. Si el análisis de varianza detectaba la significancia en la interacción variedad-densidad de siembra, se realizó la correspondiente prueba de efecto simple que determinó en que nivel el factor densidad de siembra afectaba al factor variedad.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Variables Fenológicas

6.1.1. Días a la emergencia

El efecto provocado por el factor variedad fue altamente significativo frente al factor densidad, mientras la interacción variedad-densidad fue significativa. Ambas afirmaciones se aprecian en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis de Varianza Días a la emergencia

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	F	PROBABILIDAD
BLOQUE	0,22	3	0,07	0,47	0,71 NS
VARIEDAD	6,89	2	3,44	21,88	0,00 **
DENSIDAD	0,06	2	0,03	0,18	0,84 NS
VARIEDAD * DENSIDAD	1,94	4	0,49	3,09	0,04 *
Error	3,78	24	0,16		
Total	12,89	35			

C.V. = 7,14% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

De acuerdo a los resultados, el factor variedad fue sometido a la prueba de Duncan (tabla 3), y posteriormente se realizó la prueba de efecto simple para la interacción variedad-densidad (tabla 4).

En este punto, se recuerda que la variedad Gaucho tardó más en emerger; considerando este comportamiento normal de acuerdo a las pruebas de germinación previamente realizadas en laboratorios del INIAF, que identificaron a la variedad como la que necesita el mayor tiempo para lograr una germinación del 90% en siete días respecto a las otras dos.

Tabla 3. Prueba Duncan Días emergencia (factor variedad)

VARIEDAD	Promedio (días)	Subconjunto
GAUCHO	6	A
ELITE	5	B
REDENCIÓN	5	B

La prueba Duncan para el factor A muestra que la primera variedad en estudio (Gaucho), tiene un periodo de emergencia superior a las otras variedades, con diferencia aproximada a un día respecto a la variedad testigo (Redención).

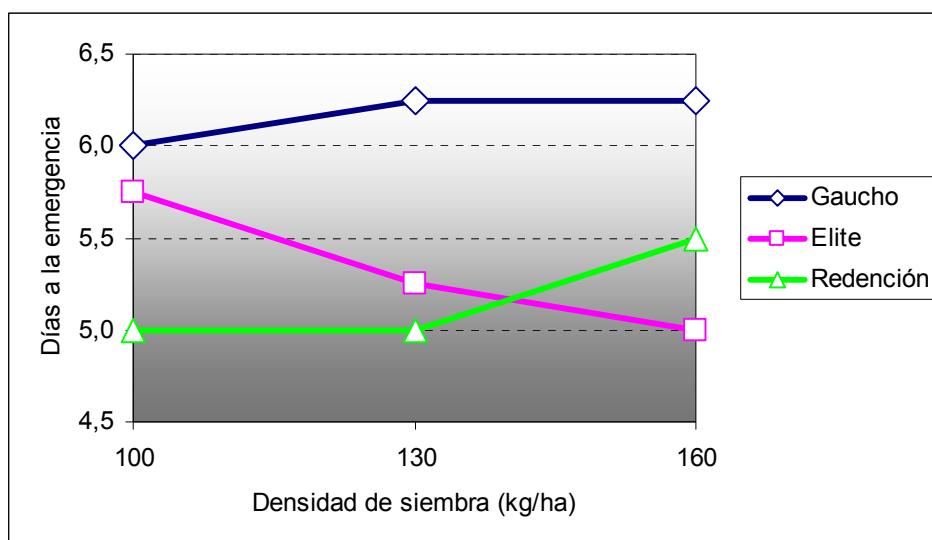


Gráfico 1. Promedios Días emergencia

El gráfico revela que la variedad 1 (Gaucho) y el testigo (Redención) tienen una emergencia tardía al incrementar la densidad de siembra de 130 a 160 kg/ha. Por el contrario la variedad 2 presentó un comportamiento opuesto. Como se expuso en el análisis de varianza estas diferencias no son atribuidas directamente a la densidad, sino a la interacción de la misma con las características de las variedades.

Tabla 4. Prueba de efecto simple (interacción variedad*densidad)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Sig
A(b1)	2	2.17	1.08	6.88	3.3	5.61	**
A(b2)	2	3.50	1.75	11.12	3.3	5.61	**
A(b3)	2	3.17	1.58	10.06	3.3	5.61	**
Error	24	3.78	0.16				

(**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

Las variedades Gaucho y Redención incrementaron el tiempo de emergencia a mayores densidades, mientras tanto Elite, aceleró su periodo de emergencia de acuerdo al aumento de la densidad. Aunque se asume que pudo existir diferencias por causa de las exigencias climáticas dentro y fuera del suelo de cada cultivar.

Tras efectuarse la evaluación de la interacción variedad-densidad, se obtuvieron diferencias altamente significativas para el factor A, sometido a los tres niveles de densidad de siembra.

La interacción demuestra que las variedades sujetas al estudio reaccionaron a las diferencias ambientales provocadas al incrementar la densidad de siembra, la primera variedad y el testigo incrementaron el periodo de emergencia al someterse al aumento de la densidad, pero la variedad 2 reaccionó de manera opuesta.

No se puede asumir que se trata de un efecto negativo por ser una etapa de formación y hasta verificarse los resultados de las variables posteriores. Aunque, Miralles y Slafer (1999) mencionan, que no todas las etapas del desarrollo tienen importancia en el rendimiento final.

6.1.2. Días a la floración

En la siguiente tabla (5), el ANVA finaliza con el resultado de que la variable días a la floración no presenta diferencias significativas para ningún factor ni la interacción de los mismos.

Tabla 5. Análisis de Varianza Días a la floración

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	F	PROBABILIDAD
BLOQUE	2054,97	3	684,99	0,64	0,60 NS
VARIEDAD	1528,67	2	764,33	0,72	0,50 NS
DENSIDAD	5695,17	2	2847,58	2,67	0,10 NS
VARIEDAD * DENSIDAD	1493,17	4	373,29	0,35	0,84 NS
Error	25574,78	24	1065,62		
Total	36346,75	35			

C.V. = 31,21% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

La etapa del crecimiento de la espiga depende directamente de la cantidad de energía lumínica interceptada por el follaje y la temperatura es la que regula la duración de cada etapa (INTA, 2006). Lo cual explica, que los resultados no presenten ninguna significancia al incremento de la densidad.

6.1.3. Días de madurez

Para esta variable, no se presentaron diferencias altamente significativas en ninguna fuente, como puede apreciarse en la tabla 6.

Tabla 6. Análisis de Varianza Días a la madurez

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	F	PROBABILIDAD
BLOQUE	221,64	3	73,88	0,46	0,71 NS
VARIEDAD	384,22	2	192,11	1,02	0,32 NS
DENSIDAD	1084,06	2	542,03	3,37	0,05 NS
VARIEDAD * DENSIDAD	720,94	4	180,24	1,12	0,37 NS
Error	3858,11	24	160,76		
Total	6268,97	35			

C.V. = 8,62% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

Los factores que influyen sobre la duración del periodo de crecimiento en variedades tardías son básicamente la temperatura y el fotoperiodo, pero la utilización de variedades de ciclo corto reduce el fotoperiodo para acelerar el desarrollo, dando lugar a un menor peso seco de las semillas y/o menor número de granos (Bragachini *et al.*, 2005).

El comportamiento de los periodos de floración y maduración se considera normal, gracias a las observaciones realizadas por Abbate (2005), que indica que entre la mayor parte de las variedades, sean éstas de ciclos cortos o largos, las diferencias de tiempo están básicamente en la duración entre emergencia y comienzo de encañado, pero no durante las fases posteriores.

6.2. Variables Agronómicas

6.2.1. Número de plantas por metro cuadrado

A continuación se presentan los análisis realizados para la variable agronómica, número de plantas por metro cuadrado.

Tabla 7. Análisis de Varianza para N° plantas/m²

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	F	PROBABILIDAD
BLOQUE	9973,64	3	3324,55	2,05	0,14 NS
VARIEDAD	7854,39	2	3927,19	2,42	0,11 NS
DENSIDAD	62101,56	2	31050,78	19,12	0,00 **
VARIEDAD * DENSIDAD	20394,44	4	5098,61	3,14	0,03 *
Error	38977,61	24	1624,07		
Total	139301,64	35			

C.V. = 14,75% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

El número de plantas por metro cuadrado, en los diferentes tratamientos, se determinó a través del recuento de una muestra de un metro cuadrado, como se esperaba, las densidades superiores de siembra provocaron notables diferencias significativas y altamente significativas para la interacción variedad-densidad y el factor densidad respectivamente.

La prueba Duncan (tabla 8), aclara que existen diferencias marcadas entre la población obtenida en las diferentes densidades de siembra. Donde, la densidad de siembra de 160 kg/ha ha producido mayor cantidad de plantas por metro cuadrado frente a densidades menores.

Tabla 8. Prueba Duncan N° plantas/m² (factor densidad)

DENSIDAD DE SIEMBRA	Promedio (N° pl/m ²)	Subconjunto
160 kg	328	A
130 kg	263	B
100 kg	228	C

Para explicar el comportamiento de la variedad Elite, ANAPO (2004), cita que existen muchos antecedentes sobre la respuesta de los cultivos de gramíneas al incremento de la población, estos son muy tolerantes a altas densidades de siembra, pero la mayoría concluyen en que la respuesta favorable se detiene en torno a 200 plantas por metro cuadrado, antes de mantenerse constante o aminorarse debido a la competencia.

Todas las variedades en estudio presentan incrementos a la densidad de siembra aplicada, como menciona Madonni y De la Fuente (2004), el aumento de la densidad de siembra en el cultivo de trigo incrementa el número de plantas por unidad de superficie, como se observa en el siguiente gráfico.

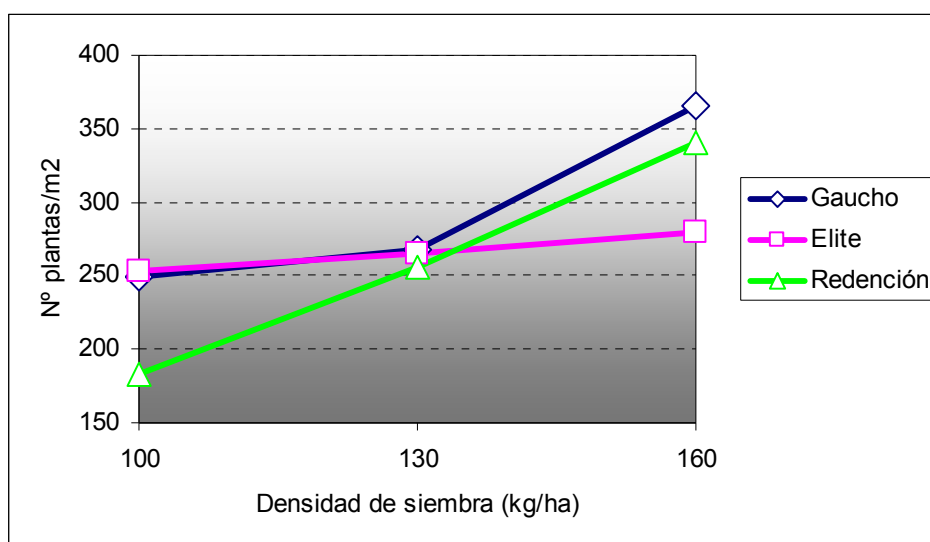


Gráfico 2. Promedios N° plantas/m²

Dada la significancia en la interacción variedad-densidad, se realizó la prueba de efecto simple, presentada en la tabla 9. Donde se observa que el factor variedad, bajo las densidades 130 y 160 kg/ha, presentó un efecto significativo directo al incremento de la cantidad de individuos. Aunque numéricamente la densidad 130 kg/ha también incrementó la población, sus valores no representan significancia.

Tabla 9. Prueba de Efecto simple (interacción variedad*densidad)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Sig
A(b1)	2	12313.50	6156.75	3.79	3.3	5.61	*
A(b2)	2	279.17	139.58	0.09	3.3	5.61	NS
A(b3)	2	15656.17	7828.08	4.82	3.3	5.61	*
Error	24	38977.61	1624.07				

(**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

En los resultados obtenidos no se registra el efecto depresor reportado por Marín y Kramer (2003) y Borghi (2004), que se refieren al efecto de la densidad de siembra en las gramíneas en siembras en línea, donde determinaron que la cantidad de plantas logradas en el terreno desciende al subir la densidad poblacional a niveles desfavorables, causado por el mayor número de semillas agregadas.

Millar *et al.* (1991), reporta que la población óptima para el cultivo de trigo está en un rango de 200 a 300 plantas/m², además reporta un rango de 250 a 300 plantas por metro cuadrado para obtener el rendimiento máximo, sin afectar el desarrollo de ninguna etapa del desarrollo del cultivo y especialmente el desarrollo de los granos.

Los valores registrados en el número de plantas por metro cuadrado ante incrementos en la densidad de siembra, se deberían a la mayor competencia intraespecífica a medida que se incrementa la densidad de las plantas (Satorre y Kruk, 2004).

Como se pudo observar, se incrementó la población vegetal con el aumento de la densidad de siembra, pero cabe destacar que el número de plantas logradas no es exactamente proporcional a la cantidad de semilla incorporada.

6.2.2. Altura de planta (cm)

Existe diferencias significativas entre variedades respecto a la variable altura de planta (tabla 10), la variedad testigo Redención presentó un comportamiento de mayor crecimiento frente a otras variedades. Los resultados son corroborados por EMAPA (2007), que indica que las variedades mejoradas “adaptadas” responden favorablemente a condiciones climáticas.

Tabla 10. Análisis de Varianza Altura de planta (cm)

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	F	PROBABILIDAD
BLOQUE	771,02	3	257,01	1,58	0,22 NS
VARIEDAD	1555,05	2	777,53	4,77	0,02 *
DENSIDAD	452,11	2	226,05	1,39	0,27 NS
VARIEDAD * DENSIDAD	421,26	4	105,31	0,65	0,64 NS
Error	3910,57	24	162,94		
Total	7109,99	35			

C.V. = 14,76% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

La prueba de Duncan (tabla 11) presenta un resultado, en el que la diferencia de la variedad Redención es mayor a 10 cm respecto a las variedades Gaucho y Elite. Que demuestra que las características individuales de la variedad Redención tuvieron efecto directo en la variable altura de planta, en las que destacó con un promedio de 95 centímetros de altura.

Tabla 11. Prueba Duncan Altura de planta [cm] (factor variedad)

VARIEDAD	Promedio (cm)	Subconjunto
REDENCIÓN	95,7	A
ELITE	82,5	B
GAUCHO	81,1	B

La variedad Gaucho es afectada por la densidad de siembra de 160 kg/ha provocando plantas de menor tamaño, de acuerdo a Satorre y Kruk (2004), el aumento de la altura de la planta es debido a una mayor competencia por el recurso radiación solar, pero también se debe considerar los recursos agua y nutrientes disponibles del suelo.

Slafer *et al.* (2000), afirma que cuando el tallo comienza a alargarse es el principio del encañado, esta elongación de los entrenudos es de suma importancia para el cultivo, ya que afecta la distribución de las hojas y la radiación interceptada. Pero, por los resultados presentados anteriormente, en la variable días a la floración, la variación de altura no provocó diferencia estadística.

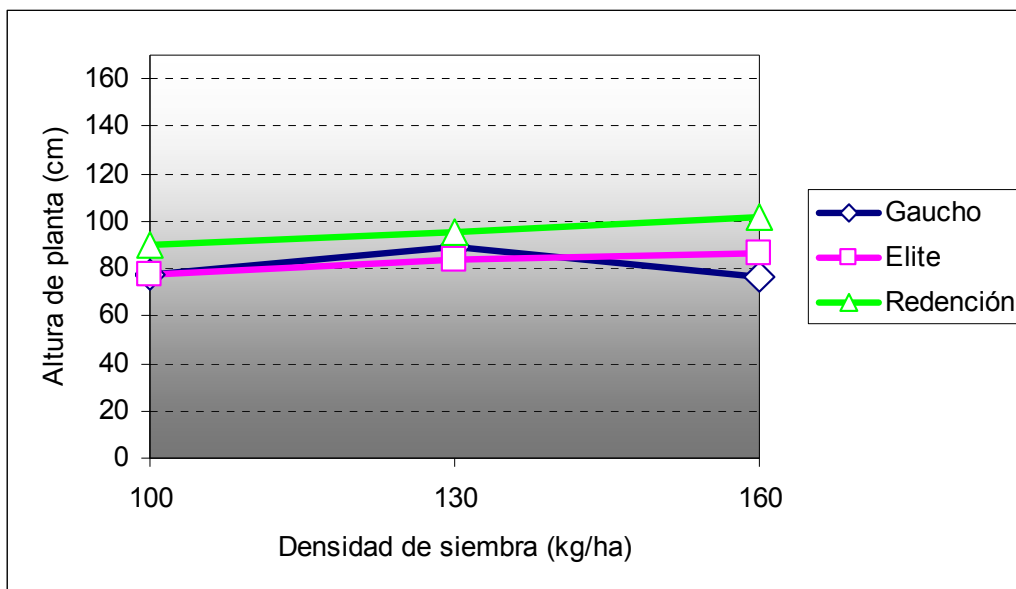


Gráfico 3. Promedios Altura de planta (cm)

En el gráfico (3) de promedios, para la variable altura de planta, el crecimiento vertical, de la variedad testigo Redención y de la variedad Elite, no sufre efectos negativos debido al incremento de la densidad de siembra. La densidad de siembra de 160 kg/ha solamente afectó a la variedad Gaucho, aunque el incremento de la altura de planta se debe a la competencia por captar radiación solar, la reducción puede estar relacionada a efectos edáficos nutricionales deficientes para la población en estudio.

Aunque según Salisbury (1994) y ANAPO (2004), la elongación de los tallos es una ventaja para las plantas que compiten por luz, pero hace énfasis que en un cultivo de cereal con crecimiento uniforme, no hay tal ventaja, explicación que se ajusta a las reacciones de la variedad 1 y 2. Es decir, la variedad Redención, debido a sus características genéticas que le dan mayor altura, tiene mayor aprovechamiento de luz frente a las otras dos.

Las variedades Redención y Elite, reaccionaron de acuerdo a los estudios anteriormente citados, en los cuales la competencia por el recurso radiación solar estimuló la elongación de los tallos. Las plantas producidas por la variedad Gaucho tuvieron menor desarrollo longitudinal al ser sometidas a la máxima densidad de siembra, este comportamiento puede ser debido a que el desarrollo vegetativo está sujeto a las condiciones nutricionales, es decir, la fertilización nitrogenada aplicada al estudio fue insuficiente a una densidad de 160 kg/ha.

6.2.3. Número de macollos por planta

Los resultados obtenidos después del análisis, para la variable número de macollos por planta, se presenta en las tablas posteriores.

Tabla 12. Análisis de Varianza N° macollos/planta

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	F	PROBABILIDAD
BLOQUE	0,18	3	0,06	1,15	0,35 NS
VARIEDAD	0,91	2	0,46	8,51	0,00 **
DENSIDAD	1,20	2	0,60	11,16	0,00 **
VARIEDAD * DENSIDAD	0,61	4	0,15	2,83	0,05 *
Error	1,29	24	0,05		
Total	4,20	35			

C.V. = 13,38% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

La interacción entre factores (variedad-densidad) presenta significancia, pero las diferencias individuales entre los factores de investigación fueron altamente significativas (tabla 12). Posteriormente en los resultados de la prueba Duncan del factor variedad (tabla 13), la variedad Elite formó menor número de macollos por planta frente a las variedades Gaucho y Redención.

Tabla 13. Prueba Duncan N° macollos/planta (factor variedad)

VARIEDAD	Promedio	Subconjunto
GAUCHO	1,92	A
REDENCIÓN	1,75	A
ELITE	1,53	B

La población de plantas de trigo es incrementada al aumentar la densidad de siembra; pero el número de macollos por planta, se fue reduciendo y la diferencia máxima entre variedades es casi de un macollo. Aunque no podría esperarse una mayor cantidad de macollos dadas las características genéticas de los cultivares (ver páginas 14 y 15), donde la variedad Gaucho genera dos macollos como máximo y la capacidad de la variedad Elite es de tres macollos.

Tabla 14. Prueba Duncan N° macollos/planta (factor densidad)

DENSIDAD DE SIEMBRA	Promedio	Subconjunto
100 kg	1,95	A
130 kg	1,75	A
160 kg	1,50	B

El factor densidad de siembra sometido a la prueba de Duncan presenta a la densidad de 160 kg/ha como la población vegetal que generó menor número de macollos por planta, aunque en los cuadros anteriores (13 y 14) no se presentan diferencias marcadas a causa de los decimales generados por el análisis estadístico, en los datos de campo existía una diferencia de un macollo, entre la densidad de 100 kg/ha frente a la densidad de 160 kg/ha.

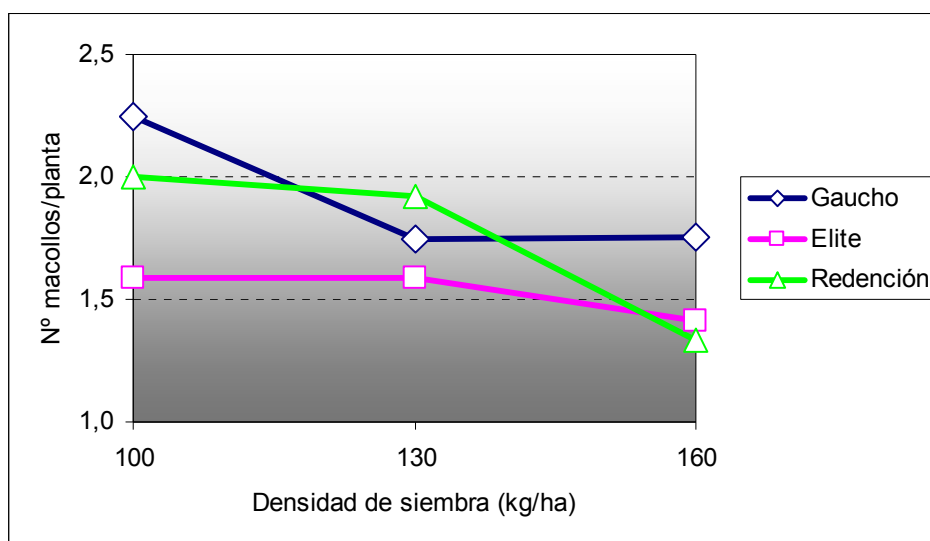


Gráfico 4. Promedios N° macollos/planta

En el gráfico 4 se aprecia que todas las variedades desarrollaron menor número de macollos, demostrando un comportamiento inverso al incremento de la densidad de siembra. En este caso, el incremento en la densidad de plantas determina una reducción de la capacidad vegetativa de las mismas, que provoca menor número de macollos por planta (Madonni y De la Fuente, 2004).

En cultivos de cereales, donde los individuos están muy cercanos, la formación de macollos se retrasa, porque la luz absorbida es insuficiente y se transmite hasta la base de los tallos distribuyéndose también a otras partes de la planta (Salisbury, 1994).

Los estudios concuerdan con los resultados anteriores de Satorre y Kruk (2004), que indican que al aumentar el número de plantas/m² (por densidad o mejor implantación), se generan menos macollos; sin embargo, las proporciones en que ocurren los cambios difieren según la variedad.

INTA (2006), sostiene que la capacidad macolladora del trigo está condicionada tanto por factores genéticos y la densidad de siembra. A esto, Miller (1992), asevera que las siembras tardías acortan el período de macollaje, y requieren de un aumento en la densidad de siembra para compensar el menor número de macollos por planta, además que las variedades de ciclo corto generan menor cantidad de macollos que las de ciclo largo.

Los resultados indican, que efectivamente, incrementar la densidad de siembra de 100 a 160 kg/ha produce menor cantidad de macollos en las plantas de trigo, aunque estadísticamente la diferencia no sea perceptible, los datos de campo comprobaron que existió reducción de la capacidad macolladora de las variedades en estudio, la competencia intraespecífica destina los recursos del suelo preferentemente a la elongación del tallo principal en lugar de desarrollar macollos. En condiciones competitivas la prioridad para el cultivo de trigo es captar luz solar, a ocupar una mayor superficie.

6.2.4. Longitud de espiga (cm)

Se determina la significancia de los resultados de acuerdo con el correspondiente análisis de varianza, presentado en la siguiente tabla:

Tabla 15. Análisis de Varianza Longitud de espiga (cm)

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	F	PROBABILIDAD
BLOQUE	2,02	3	0,67	1,27	0,30 NS
VARIEDAD	6,35	2	3,18	6,08	0,01 **
DENSIDAD	0,00	2	0,00	0,00	0,99 NS
VARIEDAD * DENSIDAD	0,15	4	0,04	0,07	0,99 NS
Error	12,54	24	0,52		
Total	21,06	35			

C.V. = 8,67% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

De acuerdo a la tabla 15, solamente el factor variedad tuvo efectos altamente significativos en la variable longitud de espiga; otras fuentes de variación no demostraron ningún efecto.

Tabla 16. Prueba Duncan Longitud de espiga [cm] (factor variedad)

VARIEDAD	Promedio (cm)	Subconjunto
GAUCHO	8,9	A
ELITE	8,1	B
REDENCIÓN	7,9	B

La variedad Gaucho tuvo mayor longitud de espiga, siendo superior hasta en un centímetro comparado con el testigo Redención, como se indica en la prueba de Duncan. Pero esto es solamente una expresión de las características individuales de la primera variedad, que posee una espiga mayor a 8 cm.

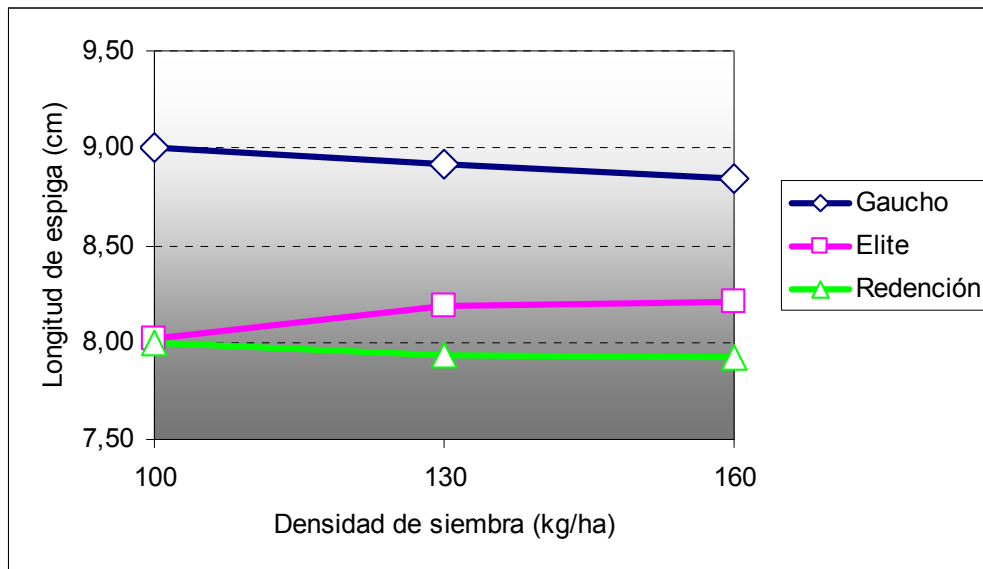


Gráfico 5. Promedios Longitud de espiga

Los promedios obtenidos para esta variable indican que las variedades Gaucho y Redención muestran un comportamiento decreciente en la longitud de espiga al incrementar la densidad de siembra. Marín y Kramer (2003), demostraron que al incrementar la cantidad de plantas por unidad de superficie, el tamaño de la espiga se redujo con el aumento de la población, aunque no se ha demostrado que la longitud de la espiga tenga efecto sobre la cantidad y calidad de las flores para generar granos.

Por lo visto anteriormente, los resultados estadísticos de la variable longitud de espiga fueron debido a las características genéticas de cada variedad; y que la reducción del tamaño de la espiga, aunque no de importancia, se debió al incremento de la población. Lo que demuestra, que variedades de espiga larga y corta sembradas en las mismas condiciones no sufrirán reducción en la longitud de su espiga.

6.2.5. Número de espigas por metro cuadrado

En la tabla 17, se aprecian los resultados del análisis de varianza, donde se obtuvieron diferencias significativas en los factores variedad y densidad, de forma independiente.

Tabla 17. Análisis de Varianza N° de espigas/m²

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	F	PROBABILIDAD
BLOQUE	739,8	11	246,6	4,71	0,08 NS
VARIEDAD	1368,0	3	684,0	2,54	0,00 *
DENSIDAD	2730,67	2	1365,3	7,06	0,00 *
VARIEDAD * DENSIDAD	181,3	2	45,33	0,47	0,75 NS
Error	2326,2	24			
Total	7346,0	35			

C.V. = 5,50% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

La siguiente prueba de Duncan sobre variedades, identifica a la primera variedad, por sus características varietales, como la mayor productora de espigas comparada con las otras variedades, con una media de 538 espigas por metro cuadrado.

Tabla 18. Prueba Duncan N° de espigas/m² (factor variedad)

VARIEDAD	Promedio (N° esp/m ²)	Subconjunto
GAUCHO	538	A
REDENCIÓN	428	B
ELITE	364	B

La prueba Duncan (tabla 19) aplicada al factor densidad de siembra, muestra que el resultado promedio obtenido con la densidad media de 130 kg/ha, puede ser estadísticamente similar a la cantidad de espigas registradas con la densidad de 100 kg/ha o con la densidad de 160 kg/ha. Como se preveía, la densidad de 160 kg/ha produjo mayor cantidad de espigas por unidad de superficie.

Tabla 19. Prueba Duncan N° de espigas/m² (factor densidad)

DENSIDAD DE SIEMBRA	Promedio (N° esp/m ²)	Subconjunto
160 kg	492	A
130 kg	453	A B
100 kg	386	B

Marín y Kramer (2003), comprobaron que al incrementar la cantidad de plantas por unidad de superficie, reduce la cantidad de espigas por planta, pero aumenta la cantidad de espigas por unidad de superficie.

En el gráfico 6 de promedios, se presentan los efectos sobre el número de espigas por metro cuadrado debido al incremento de la densidad de siembra. Este resultado era esperado debido al incremento de la densidad poblacional.

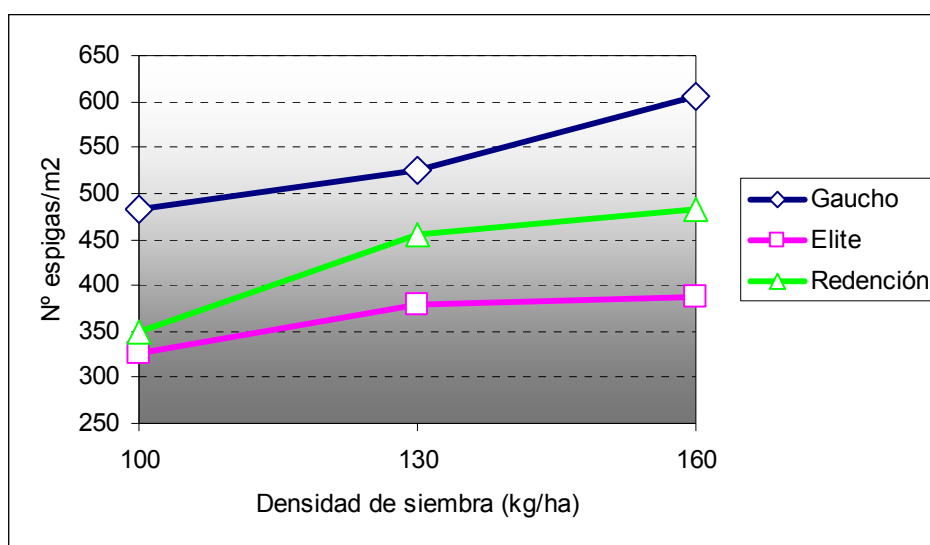


Gráfico 6. Promedios Número de espigas/m²

Contrariamente a lo indicado con anterioridad por Marín y Kramer (2003), Bragachini *et al.* (2005) indica que, se percibió una leve diferencia en el número de espigas/m², por un importante incremento en el número de macollos/planta producidos en bajas densidades. Pero aún de esta manera, es mayor el resultado obtenido en densidades superiores por unidad de superficie.

Como se pudo apreciar, el incremento del número de espigas por metro cuadrado no fue exactamente proporcional al incremento de la densidad poblacional; lo que significa, que de la cantidad de plantas producidas por metro cuadrado, no todos sus macollos tuvieron la capacidad de desarrollar espigas, pero gracias al incremento de plantas por unidad de superficie, la producción de espigas de la densidad de 160 kg/ha siempre será mayor a las otras dos en estudio.

6.2.6. Número de granos por espiga

El análisis de varianza para la variable número de granos por espiga, sólo presenta la diferencia significativa entre la interacción variedad-densidad, como se observa en la tabla 20.

Tabla 20. Análisis de Varianza Número de granos/espiga

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	F	PROBABILIDAD
BLOQUE	149,00	3	49,67	0,72	0,55 NS
VARIEDAD	99,96	2	49,98	0,73	0,49 NS
DENSIDAD	82,59	2	41,30	0,60	0,56 NS
VARIEDAD * DENSIDAD	777,96	4	194,49	2,84	0,05 *
Error	1646,32	24	68,60		
Total	2755,85	35			

C.V. = 16,26% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

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

En el gráfico 7, se aprecia que las variedades Gaucho y Redención desarrollaron la mayor cantidad de granos por espiga con la densidad de 130 kg/ha; mientras que el incremento de la densidad de siembra a 160 kg/ha provocó la caída de los resultados. Solamente la variedad Elite presentó mayor número de granos sometido a la densidad menor de 100 kg/ha, representado gráficamente a continuación.

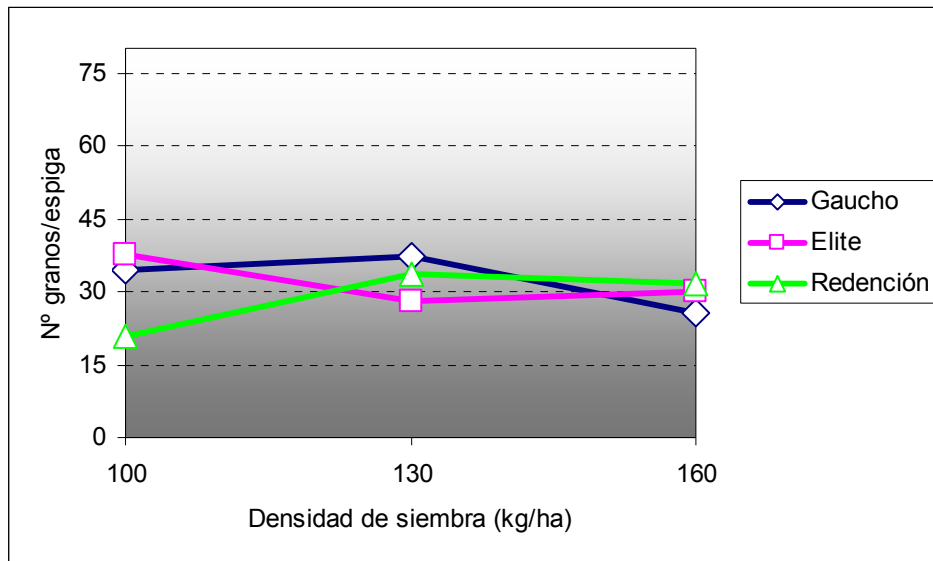


Gráfico 7. Promedios Nº granos/espiga

Las variedades 1 y testigo presentaron un comportamiento superior en la cantidad de granos por espiga al aumentarse la densidad de siembra a 130 kg/ha, pero sufrieron descenso en la producción de grano con la máxima densidad de 160 kg/ha. La segunda variedad en estudio presentó su máximo rendimiento sólo al ser sometida a la densidad de 100 kg/ha, lo cual prueba que la densidad menor es la más favorable para la producción de granos/espiga en la variedad Elite.

Es decir, los tratamientos de mayor densidad poblacional pueden generar un elevado número de granos por espiga, pero es difícil llenarlos sin perder peso o perder el grano por la competencia (Ojuez *et al.*, 2005), esta dificultad explica el comportamiento de la variedad Gaucho y Redención a 160 kg/ha.

Una adecuada densidad no presenta competencia y logra mantener adecuados niveles de área foliar sana y funcional durante este período, que es fundamental para lograr las mayores tasas de fotosíntesis permitiendo así una mayor disponibilidad y partición de fotoasimilados hacia las espigas y por lo tanto un mayor número de granos (Fischer, 1985; Miralles *et al.*, 1998), esta afirmación se aplica en el comportamiento de Gaucho y Redención bajo la densidad de 130 kg/ha.

Con la ayuda de la prueba de efecto simple (tabla 21), la significancia observada en la interacción del ANVA, se presenta específicamente en la interacción del factor A sometido a la menor densidad (100 kg/ha).

Tabla 21. Prueba de Efecto simple (interacción variedad*densidad)

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%	Sig
A(b1)	2	634.51	317.26	4.62	3.3	5.61	*
A(b2)	2	168.88	84.44	1.23	3.3	5.61	NS
A(b3)	2	74.54	37.27	0.54	3.3	5.61	NS
Error	24	1646.32	68.60				

(**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

Según Bragachini *et al.* (2005), la saturación de la población provoca mayor competencia y desequilibrio nutricional que repercute en el deficiente desarrollo de las flores, fragilidad, baja fertilidad y aborto floral, bajo estas condiciones las flores generadas determinan el número de granos por metro cuadrado.

En trigo, el período que va desde inicios del encañado hasta la floración, en el cual el tallo y la espiga crecen en forma conjunta y en intensa competencia, es crucial para la determinación del número de granos, siendo este componente el más asociado al rendimiento (Slafer y Rawson, 1994; Miralles y Slafer, 1999).

La combinación de los factores variedad-densidad determinó las diferencias en la producción de granos por espiga, concretamente la densidad de 100 kg/ha en interacción con las variedades, fue la más favorable para que las flores tengan la mejor capacidad de generar granos.

El incremento de la población, desarrolla flores débiles por deficiencias nutricionales, mala distribución de fotoasimilados y competencia por luz, pero aún con la disminución de granos por espiga, el rendimiento final se determinará por unidad de superficie.

6.2.7. Rendimiento de grano (kg/ha)

Antes de desarrollar este punto, se debe tomar en cuenta que no todas las etapas por las que transcurre el cultivo tienen la misma importancia relativa en el rendimiento, dado que ciertos órganos son más importantes que otros en relación a la determinación del rendimiento (Miralles y Slafer, 1999).

Tabla 22. Análisis de Varianza Rendimiento (kg/ha)

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	F	PROBABILIDAD
BLOQUE	89119,44	3	29706,48	3,67	0,03 *
VARIEDAD	1158205,56	2	579102,78	71,58	0,00 **
DENSIDAD	1932672,22	2	966336,11	119,45	0,00 **
VARIEDAD * DENSIDAD	56077,78	4	14019,44	1,73	0,18 NS
Error	194155,56	24	8089,82		
Total	3430230,56	35			

C.V. = 5,63%

(**) Altamente significativo

(*) Significativo

(NS) No significativo

El estudio presentó rendimientos altamente significativos entre los factores variedad y densidad de siembra; la influencia del primer factor es causado por la genética varietal y el segundo al aumento en el número de plantas.

Las diferencias entre los bloques indican que los gradientes de variación previstos afectan el rendimiento. Estos gradientes conciernen con los originados en un campo con pendientes ligeras 3 a 5%, donde se presentan diferenciales de drenaje, de retención de humedad, de arrastre y acumulación de nutrientes, etc. Las variaciones entre los bloques también evidencian que los factores ambientales tienen un marcado efecto sobre las últimas etapas del cultivo.

Tabla 23. Prueba Duncan Rendimiento [kg/ha] (factor variedad)

VARIEDAD	Promedio (kg/ha)	Subconjunto
GAUCHO	1743,33	A
REDENCIÓN	1706,67	A
ELITE	1345,83	B

Por medio de la prueba de Duncan (tabla 23), se determinó que los mejores rendimientos se obtuvieron con las variedades Gaucho y Redención. La variedad Elite produjo el menor rendimiento, con aproximadamente 400 gramos por debajo de la variedad 1 (Gaucho) y el testigo (Redención).

Tabla 24. Prueba Duncan Rendimiento [kg/ha] (factor densidad)

DENSIDAD DE SIEMBRA	Promedio (kg/ha)	Subconjunto
160 kg	1901,67	A
130 kg	1555,00	B
100 kg	1339,17	C

En el cuadro anterior, se demuestra que el rendimiento estuvo sujeto a la densidad de siembra; es decir, a mayor densidad mayor producción. La densidad 160 kg/ha mostró un rendimiento promedio de más de 1900 kg/ha.

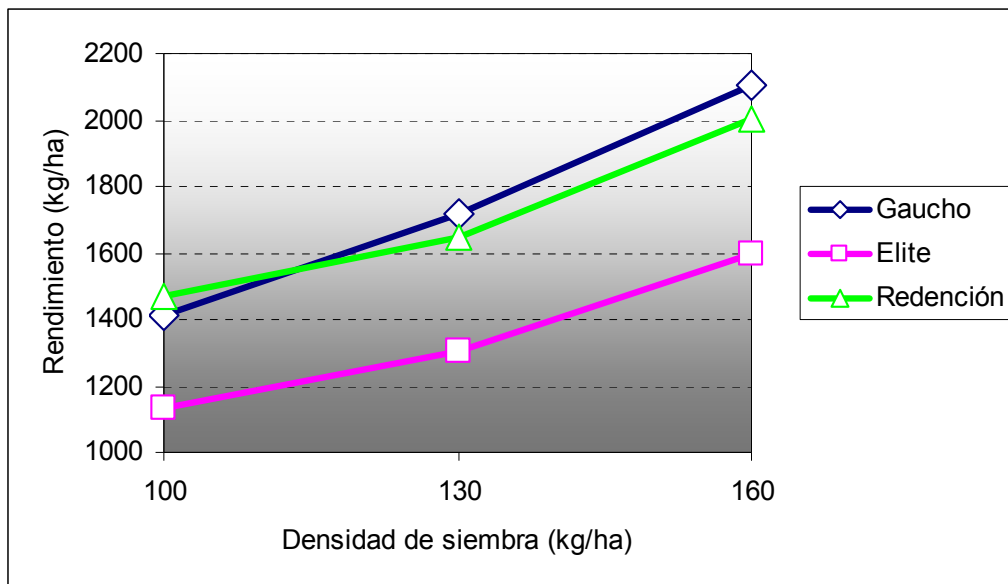


Gráfico 8. Promedios Rendimiento (kg/ha)

El gráfico de promedios presenta la misma información que las pruebas de Duncan, demostrando que la mayor productividad de grano es producto del incremento de la densidad de siembra. Las respuestas son lineales (véase líneas tendientes a paralelas), por lo que se puede confirmar la inexistencia de interacción significativa entre los factores en estudio para la variable de respuesta "rendimiento de grano".

Los rendimientos más elevados fueron generados con la variedad Gaucho, obteniéndose aproximadamente 1,9 ton/ha. Mientras que, con las variedades testigo Redención y Elite, se obtuvieron 1,8 y 1,3 ton/ha respectivamente. Aunque Elite fue una de las variedades con elevado número de granos por espiga, los granos no estaban bien desarrollados, es decir que presentaban menor peso y tamaño.

Ochoa (2002) menciona que, se encontraron diferentes tipos de respuesta a la población según el cultivar, y descubrieron que después de superar la densidad óptima los cultivares no respondieron al incremento de la población manteniendo constante el rendimiento. Asimismo, muestran incrementos en el rendimiento por aumentos en la población, pero estos cesan con poblaciones iguales o superiores a la densidad óptima del cultivar.

Nass y Rodríguez (1994), tras realizar un estudio con incrementos en la densidad de siembra, descubrieron que al superarse la densidad óptima hubo reducción en los rendimientos a partir de los 180 kg/ha. Bragachini *et al.* (2005), detectó la caída del rendimiento con densidades más altas, esto se explica por la sumatoria de varios componentes de rendimiento en forma aditiva: una menor cantidad de espigas, un menor peso por grano y una menor cantidad de granos/espiga.

Gilchrist *et al.* (1998), realizaron ensayos con diferentes densidades de siembra con diferentes fertilizantes en trigo, no encontrando diferencias significativas en un rango de 180 a 240 plantas/m², esto debido a que durante el ciclo del cultivo se producen compensaciones entre los componentes de rendimiento, que hacen que el rendimiento final de grano se vea significativamente alterado.

García (2008), sostiene que los tres grandes componentes del rendimiento en cereales son: el número de espigas por unidad de superficie, el tamaño de la espiga y el peso del grano. Mientras Miralles y González (2008) sostienen que el número de granos es el componente principal de las variaciones en el rendimiento; del número de espigas por metro cuadrado y de granos por espiga surgirá el número de granos por unidad de área. En los estudios realizados se determinó que el número de espigas/m² fue el componente que mayor asociación mostró con los rendimientos.

Aunque el rendimiento es el resultado de los efectos aditivos y compensatorios de todas las etapas anteriores a ésta; el rendimiento final de este estudio está estrechamente relacionado principalmente con las variables: número de espigas/m² y en consecuencia del número de granos/espiga; todas éstas sujetas al efecto del incremento de la densidad de siembra, que aumentó el número de plantas por unidad de superficie.

6.3. Parámetros de calidad

6.3.1. Porcentaje de grano menudo

Por los resultados obtenidos del análisis de varianza (cuadro 25) para la variable porcentaje de grano menudo (grano menor a 2 mm), se evidencia la alta significancia presente en las fuentes de variación variedad y densidad de siembra, de manera independiente. Por otra parte, las fuentes de variación bloque y la interacción no presentan relevancia.

Tabla 25. Análisis de Varianza Porcentaje de grano menudo

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	F	PROBABILIDAD
BLOQUE	0,71	3	0,24	0,62	0,61 NS
VARIEDAD	30,52	2	15,26	40,14	0,00 **
DENSIDAD	24,45	2	12,22	32,15	0,00 **
VARIEDAD * DENSIDAD	3,00	4	0,75	1,97	0,13 NS
Error	9,13	24	0,38		
Total	67,81	35			

C.V. = 10,68% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

De acuerdo al análisis de varianza y los resultados anteriormente presentados, se procede a la prueba de Duncan para ambos factores que generaron alta significancia.

Tabla 26. Prueba Duncan Porcentaje de grano menudo (factor variedad)

VARIEDAD	Promedio	Subconjunto
ELITE	6,64	A
GAUCHO	6,18	A
REDENCIÓN	4,50	B

La variedad testigo (Redención) se clasifica en un subconjunto diferente y demostró producir granos de mayor tamaño a causa de sus características varietales, que como menciona EMAPA (2007), la variedad Redención produce granos de mayor tamaño que las otras variedades en estudio.

Tabla 27. Prueba Duncan Porcentaje grano menudo (factor densidad)

DENSIDAD DE SIEMBRA	Promedio	Subconjunto
160 kg	6,66	A
130 kg	5,99	B
100 kg	4,68	C

La prueba de Duncan demuestra que el incremento en el factor densidad de siembra afecta en el tamaño del grano, la densidad de siembra de 160 kg/ha incrementa la producción de granos menores a 2 mm. Lo que confirma que a mayor población vegetal menor será el desarrollo de los granos de trigo.

Los promedios grafican el grado de desarrollo de los granos de trigo, donde las tres variedades incrementan la cantidad de granos menudos al incrementar la densidad de siembra. Aunque la pendiente no es tan pronunciada para la variedad testigo (Redención) por sus características genéticas, aún así el tamaño del grano se vio afectado.

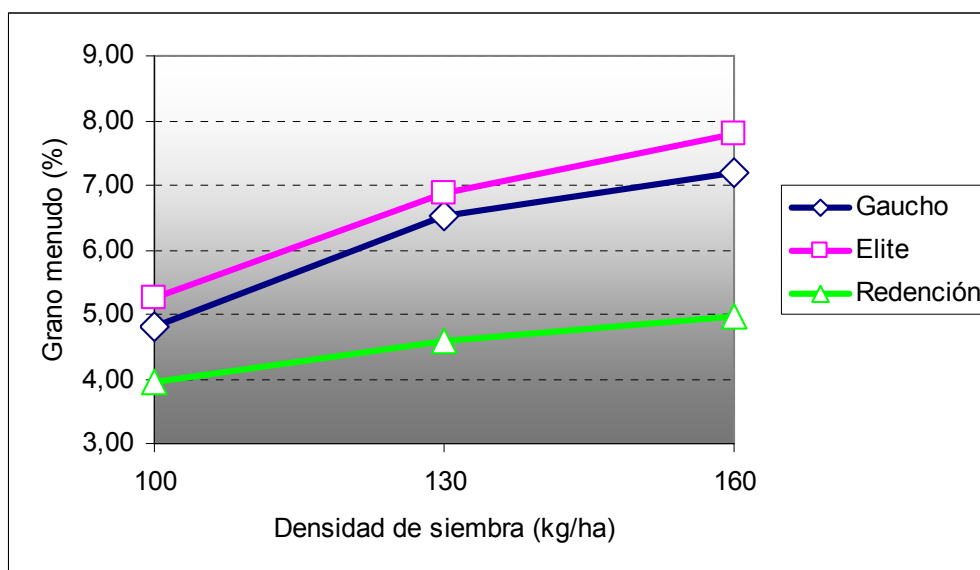


Gráfico 9. Promedios Porcentaje de grano menudo

García (1998), al trabajar con densidades de siembra, observaron que con poblaciones bajas, las plantas tuvieron valores más altos en tamaño y peso de semilla; los cuales disminuyeron al aumentar la densidad de siembra. Bragachini *et al.* (2005), explica que la reducción del tamaño del grano se debe al efecto de la competencia interespecífica de las plantas por los recursos en un cultivo más denso.

6.3.2. Porcentaje de grano defectuoso

Esta variable comprende diversos defectos presentes en el grano y que son englobados de acuerdo a la norma boliviana, únicamente como “granos defectuosos”.

Tabla 28. Análisis de Varianza Porcentaje grano defectuoso

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	F	PROBABILIDAD
BLOQUE	16,99	3	5,66	2,03	0,14 NS
VARIEDAD	116,77	2	58,38	20,89	0,00 **
DENSIDAD	37,29	2	18,65	6,67	0,00 **
VARIEDAD * DENSIDAD	16,58	4	4,14	1,48	0,24 NS
Error	67,07	24	2,79		
Total	254,70	35			

C.V. = 17,10% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

En la tabla 28, el análisis de varianza detectó diferencias individuales altamente significativas en los factores variedad y densidad de siembra; las fuentes de variación interacción variedad-densidad y bloqueo no presentaron relevancia. Y los resultados presentan un coeficiente de variación del 17,10%, valor de confiabilidad aceptable según Cochran y Cox (1987).

Tabla 29. Prueba Duncan Porcentaje grano defectuoso (factor variedad)

VARIEDAD	Promedio	Subconjunto
REDENCIÓN	11,93	A
ELITE	9,88	B
GAUCHO	7,52	C

Con el test de Duncan, se puede asegurar que las variedades presentan diferentes grados de defectos en los granos según la variedad utilizada. De acuerdo a la tabla 29, la variedad testigo Redención es la variedad que presenta en sus semillas mayor cantidad de defectos. Mientras que la variedad Gaucho presenta granos de mejor calidad física.

Tabla 30. Prueba Duncan Porcentaje grano defectuoso (factor densidad)

DENSIDAD DE SIEMBRA	Promedio	Subconjunto
160 kg/ha	11,08	A
130 kg/ha	9,65	B
100 kg/ha	8,60	B

Se demostró que el porcentaje de granos defectuosos se incrementan proporcionalmente con el incremento de la densidad de siembra. Como se observa en la tabla anterior, la densidad de siembra de 160 kg/ha tiende a presentar mayor cantidad de granos pequeños, enfermos y quebrados.

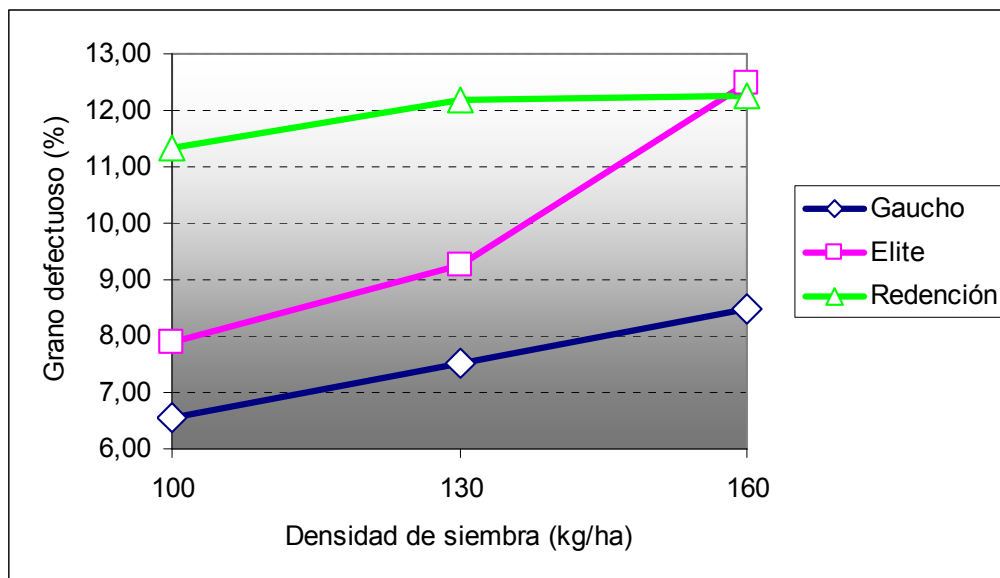


Gráfico 10. Promedios Porcentaje de grano defectuoso

Gráficamente, los promedios demuestran un comportamiento creciente en la cantidad de defectos en granos, al incrementar la densidad de la población. El testigo demuestra que es la variedad más susceptible al incremento de la densidad de siembra, pero este resultado también se atribuye a que la variedad Redención, no es una variedad completamente mejorada en aspectos de resistencia a enfermedades, ataque de plagas, inclemencias climáticas y manipulación del grano.

Aunque Marín y Kramer (2003), trabajaron con densidades de siembra, en su ensayo no existió respuesta en el rendimiento al lograrse la población máxima de 300 plantas por metro cuadrado, pero si incrementó la presencia de efectos negativos sobre el grano.

Cuadro 2. Porcentaje de grano defectuoso

Variedad	Defectos de grano (%)
REDENCIÓN	11,93
ELITE	9,87
GAUCHO	7,52

AAPROTRIGO (2004), menciona que los granos con elevado porcentaje de panza blanca (granos con textura almidonosa en el centro), son índice de baja proteína y por lo tanto, provenientes de suelos de deficiente fertilidad nitrogenada. Pero, por los resultados porcentuales obtenidos en la variable granos defectuosos, se demuestra que el cultivo no careció de nitrógeno durante su desarrollo y que los granos producidos están dentro de la Norma Boliviana de calidad NB 016.

Cuadro 3. Grado NB 016 para Porcentaje grano defectuoso

Porcentaje defectos de grano	Grado de acuerdo a NB 016
5,7	1
10,2	2
17,5	3

Fuente IBNORCA NB 016

El cuadro 2 muestra los porcentajes de granos defectuosos obtenidos en las diferentes variedades, que luego de ser comparados con los valores estándar del cuadro 3, son clasificados de la siguiente manera: el cultivar Redención pertenece al grado 3, y los cultivares Elite y Gaucho están dentro del grado 2 de calidad.

6.3.3. Peso de 1000 semillas (g)

Como parte de los estudios realizados, se determinó el peso de 1000 granos, para su posterior análisis de varianza.

Tabla 31. Análisis de Varianza Peso de 1000 semillas (g)

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	Probabilidad
BLOQUE	22,868	3	7,623	2,454	0,09 NS
VARIEDAD	335,658	2	167,829	54,038	< 0,00 **
DENSIDAD	1,531	2	0,765	0,246	0,78 NS
VARIEDAD * DENSIDAD	0,221	4	0,055	0,018	0,99 NS
Error	74,54	24	3,106		
Total	434,817	35			

C.V. = 4,94% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

Según el ANVA producido por los datos de esta variable, el factor variedad fue la única fuente de variación, el cual presenta una probabilidad altamente significativa, al igual que los resultados presentados por Snape y Moore (2007), el peso de granos varió en función del cultivar utilizado y no de la densidad de siembra.

Tabla 32. Prueba Duncan Peso de 1000 semillas [g] (factor variedad)

Variedad	Promedio (g)	Subconjunto
REDENCIÓN	39,97	A
ELITE	33.53	B
GAUCHO	33.45	B

Según el test de Duncan, el peso de 1000 semillas de las variedades en estudio se agrupa en dos subconjuntos, donde los granos producidos por la segunda variedad Redención se destacan por presentar aproximadamente 40 gramos en peso de 1000 semillas. Y el peso de las variedades Gaucho y Elite pertenecen a otro con 33 gramos.

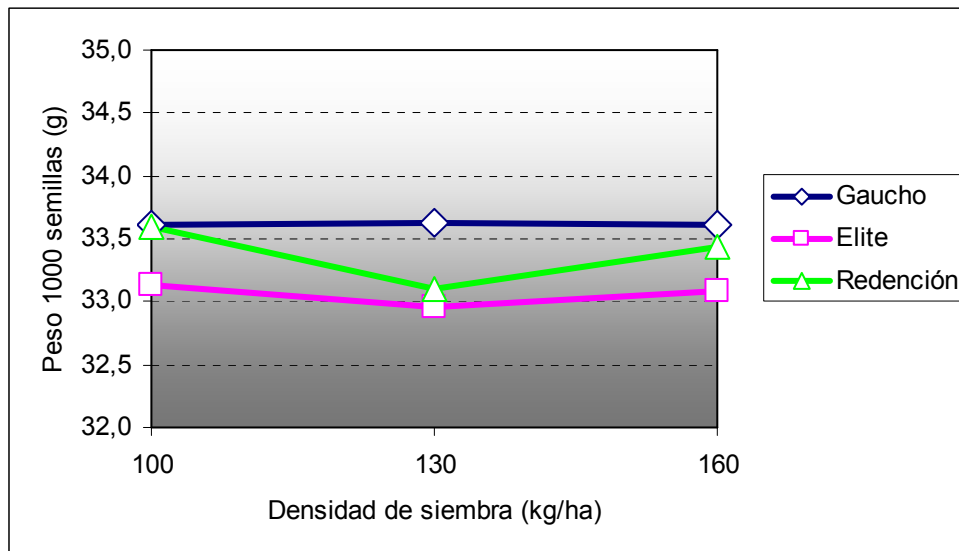


Gráfico 11. Promedios peso 1000 granos [g]

Las semillas producidas por la variedad Gaucho, Elite y Redención presentan diferencias poco marcadas frente al incremento de la densidad de siembra. Estas fluctuaciones de aproximadamente 0,5 g en el peso, se atribuyen exclusivamente a las características productivas de los cultivares. A esto se adiciona, que el cultivar Redención fue el que presentó granos con mayor porcentaje de defectos, y Elite, mayor cantidad de granos menudos.

Abbate (2005), investigó ampliamente esta característica y concluyó que hay varios factores que pueden afectar el peso de los granos, pero el más importante durante el llenado es la temperatura.

Además, las limitantes hídricas durante el llenado del grano reducen la eficiencia de conversión de la radiación interceptada, esto determina un menor crecimiento del cultivo, que afecta más el peso de 1000 granos. Las sequías durante el llenado de grano son frecuentes y están acompañadas de altas temperaturas, por lo que los efectos se confunden (Abbate, 2005).

Una siembra tardía origina un período de crecimiento menor, ya que se somete al cultivo a condiciones de mayor temperatura y mayor fotoperíodo, y como consecuencia el rendimiento potencial de grano disminuye. De acuerdo a las características de la semilla proveídas por el Prodesem, las condiciones climáticas para la variedad Elite no fueron favorables para la variable peso de 1000 semillas, originalmente el cultivar debería presentar un peso entre 40 a 42 gramos, pero en los resultados en campo sólo se obtuvo un promedio de 33 gramos.

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).

6.3.4. Peso hectolítrico

Antes de desarrollar el análisis de esta variable, se debe recalcar que para esta prueba sólo se consideraron los granos mayores a 2 mm, por lo que no se incluye el grano menudo o triguillo. Además, los resultados de peso hectolítrico obtenidos en el INIAF, demuestran que sólo se presentan diferencias entre variedades, y, por la homogeneidad de los datos, estos no eran aptos para el análisis de varianza.

En el cuadro 4 se presenta el peso hectolítrico para cada variedad, además los rangos y grados establecidos por la norma boliviana de calidad. Como se puede observar, el peso hectolítrico registrado en cada variedad se ajusta a los estándares de IBNORCA, lo que facilitó designar su grado de calidad.

Cuadro 4. Grado NB 016 para Peso Hectolítrico (kg/Hl)

Variedad	Peso hectolítrico (kg/Hl)	Rango NB 016*	Grado de acuerdo a NB 016*
ELITE	79.7	79	1
GAUCHO	77.7	77	2
REDENCIÓN	76.7	76	3

(*) Fuente IBNORCA NB 016

Todas las variedades superan el peso establecido por las empresas molineras, este estándar es de 75 kg/Hl, en la que destaca la variedad 2 con 79,7 kg/Hl. Según la interpretación de esta variable, el peso hectolítrico es reflejo del tamaño del grano, es decir, granos más pequeños y uniformes tendrán mayor peso hectolítrico y producirán mayor cantidad de harina.

El resultado 76,7 kg/Hl, demostró que la variedad testigo Redención posee el grano de mayor tamaño que las variedades importadas, pero de menor peso hectolítrico, aún así, todas las variedades están dentro de las exigencias del mercado (cuadro 4).

De acuerdo a SAGARPA (2003), los granos de menor tamaño tienen mayor peso hectolítrico y producirán mayor cantidad de harina. Esta justificación se aplica a la variedad Elite, que pesó 79,7 kg/Hl.

Además que los resultados presentados en la anterior tabla son idénticos a los descritos por Bragachini *et al.* (2005), los cuales no indican diferencias importantes en el peso hectolítrico, debido al incremento de la densidad poblacional.

6.3.5. Contenido de proteína²

El análisis físico-químico realizado en el Instituto Nacional de Laboratorios de Salud (INLASA), al que se sometieron las variedades en estudio, determinó que el contenido de proteína de cada variedad es superior al estándar nacional (NB 086) de 11% de proteína (cuadro 5), prueba en la que sobresalió la variedad Gaucho con un resultado de 18.52%. De acuerdo a los resultados, se ha determinado que el contenido proteínico de los granos producidos en cada variedad no perdieron la calidad alimenticia a causa del incremento de la densidad de siembra.

Cuadro 5. Contenido de Proteína (%)

Variedad	Contenido Proteína (%)
GAUCHO	18.52
ELITE	16.36
REDENCIÓN	15.38

Los resultados no estuvieron de acuerdo a la teoría del INTA (2006), que sostiene que los bajos rendimientos producen granos de alto contenido de proteínas. Aunque Celentano y Montero (2004), explican que la producción de proteínas depende solamente del grado de fertilización del suelo. Además, García (2008) escribió que pasado el estado de macollaje se percibe el impacto de la fertilización sobre el rendimiento en grano y su efecto sobre el porcentaje de proteína del grano.

² No se determinó del contenido de proteína para cada tratamineto debido a los requisitos del INLASA, que exige para esta prueba 1 kg de muestra y 1 kg de contra muestra, además se debe considerar el costo de cada análisis.

7. CONCLUSIONES

Por los resultados obtenidos, incrementar la densidad de siembra afectó el rendimiento por unidad de superficie y provocó efectos variados en diferentes etapas del cultivo.

Se determinó que las variables fenológicas en las variedades de trigo de ciclo corto, no ejercen un efecto importante en el rendimiento del cultivo y su importancia sólo es tomada en cuenta antes del establecimiento del cultivo.

El factor variedad, debido a las características individuales de cada cultivar presentó diferencias en las variables: número de macollo por planta, altura de planta, número de espigas por metro cuadrado, longitud de las espigas y rendimiento.

Las variables que se vieron afectadas directamente por la interacción variedad y densidad de siembra, fueron el número de macollos por planta y el número de plantas por metro cuadrado, incidiendo sobre la formación del número de granos en cada espiga.

Se deduce que la densidad de siembra, es el factor principal en el estudio, porque tuvo impacto en las variables: número de macollos por planta, número de plantas por metro cuadrado y número de espigas por metro cuadrado, que por tratarse de componentes de rendimiento afectaron a la variable más destacada del estudio, el rendimiento de grano.

Como se había mencionado durante el desarrollo del documento, el rendimiento es el producto final de la adición de diferentes factores sucesivos, tales como el ambiente en que se desarrolla el cultivo, la variedad, la densidad y los efectos residuales aditivos que sufren sus variables durante todos los estadios fenológicos.

Según los resultados presentados, acrecentar la densidad de siembra desde 100 hasta 160 kg/ha, provocó gradualmente el incremento del rendimiento por unidad de área en todos los cultivares, pero al mismo tiempo el número de defectos en grano y la cantidad de granos menudos también fueron aumentando, aunque los porcentajes registrados no fueron relevantes porque no sobrepasan la norma de calidad nacional. Por esta razón, la densidad de siembra de 160 kg/ha aún se considera óptima por no afectar la calidad del rendimiento final del cultivo.

Las variedades en estudio demostraron excelente desarrollo en la zona de Cota Cota, por sus resultados sobresalientes en rendimiento (cultivar Gaucho con 1,9 ton/ha y cultivar Redención con 1,8 ton/ha y cultivar Elite con 1,3 ton/ha), que superan los promedios nacionales de producción, de 1 ton/ha en la zona tradicional y 1,33 ton/ha de la zona oriental.

Por lo tanto, la Variedad Gaucho, es la variedad que mejores resultados presenta al ser sometida al incremento de la densidad de siembra (160 kg/ha), logrando el mayor rendimiento de grano (1,9 ton/ha), además que satisface la norma boliviana de calidad de trigo en grano, con 77,7 kilogramos de peso hectolítrico y 18,52% de contenido de proteína.

8. RECOMENDACIONES

Por tratarse de variedades con baja capacidad de macollaje es posible realizar pruebas con mayores incrementos en la densidad de siembra y estrechando la distribución espacial (distancia entre surcos); para que las futuras investigaciones determinen la densidad de siembra ideal para lograr el máximo rendimiento de grano sin perder la calidad del mismo.

Por lo que se recomienda, que el ensayo realizado aún puede aumentar la densidad de siembra hasta mantener o reducir su rendimiento, identificando si mayores poblaciones generan efectos sobre las variables que no presentaron respuesta en este estudio.

Se debe proceder a la clasificación de trigo en la región de los valles bolivianos, determinando las variedades de acuerdo al uso y rendimiento para realizar estudios comparativos con otras variedades harineras.

Es importante destacar que los datos que se presentan en este trabajo pertenecen a un reducido número de variedades de trigo y a una sola campaña. Por lo tanto, es necesario generar más información zonal acerca del comportamiento de distintos cultivares en diferentes condiciones ambientales del departamento y empleando distintos niveles de tecnología en fertilización, mecanización y riego, pero siempre dirigidas a un sistema conservacionista y de esta manera apoyar la toma de decisiones del productor. Además, comprobar si las variedades mantienen un rendimiento regular en diferentes años de producción.

Realizar el análisis económico, cuando se hayan estandarizado precios para los nuevos cultivares destinados a semilla y grano para molienda, y se conozcan los rendimientos promedios de cada variedad, que determine la mejor respuesta económica al aumentar la densidad de siembra.

9. BIBLIOGRAFÍA

- AAPROTRIGO. 2004. Calidad de trigos argentinos, Posible clasificación. Boletín 4. Asociación Argentina PRO Trigo. 2004.
- Abbate, P. 2005. Ecofisiología del trigo: Aspectos prácticos para el manejo del cultivo. INTA Balcarce. Buenos Aires - Argentina. 256 pág.
- ANAPO. 2004. Guía de recomendaciones técnicas del cultivo de trigo. Asociación de Productores de Oleaginosas y Trigo. PROTRIGO. CIAT. ATC. MACA. Santa Cruz - Bolivia. 73 pág.
- Annone, J.; Botta G.; Ivancovich, A. 1994. Ocurrencia de la mancha bronceada del trigo en el área norte de la provincia de Buenos Aires. Argentina. pp: 205 – 208.
- Borghi, E. 2004. Densidad de siembra. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Estación Experimental Mario Antonio Cassinoni. Paysandú – Uruguay. pp: 13 – 44.
- Bothan, M.; Venialgo, C.; Gutiérrez, N.; Silva, L. 1999. Fertilización de Trigo en Labranza Cero. Conservación y Manejo de Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias. UNNE. pp: 48 – 86.
- Bragachini, M.; Von Martin, A. ; Méndez, A. 2005. Evaluación de respuesta de diferentes densidad de siembra de trigo sobre maíz bajo riego en siembra directa continua. INTA Manfredi. Argentina. 48 pág.
- Bryson, R.; Paveley, N.; Clark, W.; Sylvester-Bradley, R.; Scott, R. 1997. Use of in-field measurements of green leaf area and incident radiation to estimate the effects of yellow rust epidemics on the yield of winter wheat. European Journal of Agronomy 7. UR. pp: 53 – 62.

- Catullo, J. 1983. Incidencias de las malezas en trigo y su relación con la fertilización. Revista de Malezas. pp: 177 – 203.
- Carmona, M. 2001. Principales enfermedades del trigo y su control. Cuadernillo de actualización técnica N° 63 Trigo, CREA. 93 pág.
- Carrasco, N.; Báez, A. 2005. Trigo: Manuel de campo. INTA EEA Integrada Barrow. Tres Arroyos - Buenos Aires – Argentina. 125 pág.
- Carretero, R.; Serrago, R.; Miralles, D. 2007. Las enfermedades foliares en el cultivo de Trigo. Universidad de Buenos Aires - Argentina. 268 pág.
- Celentano, N.; Montero, K.; 2004. Clasificación de trigo argentino para su comercialización. Universidad CEMA. Tesina de maestría. pp: 1 – 49.
- CIMMYT. 2006. Manual del participante: Acondicionamiento de granos maíz, frijol y trigo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 48 pág.
- Cochran, W.; Cox, G. 1987. Diseños experimentales. Editorial Trillas. Segunda edición. México. pp: 132 – 133.
- Condori, G. 2005. Adaptación de quince variedades de trigo en los Valles Interandinos de la Provincia Camacho, Bautista Saavedra Y Muñecas de La Paz. Tesis Lic. Ing. Agr. UMSA. La Paz – Bolivia. pp: 78 – 79.
- Cuniberti, M. 2003. “Calidad – Un desafío competitivo”. Trigo Actualización 2002. Buenos Aires Argentina. pág. 10.
- EMAPA. 2007. Plan Quinquenal EMAPA 2008 – 2012. Empresa de Apoyo a la Producción de Alimentos. La Paz. pp: 15 – 153.

FAO. 2002. Anuario de producción. Volumen 52. pp: 62 – 63.

Fischer, R. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agricultural Science* 100. New York – EE.UU. pp: 447 – 461.

García, F. 1998. Requerimientos nutricionales y diagnóstico de la fertilización del cultivo de trigo. Buenos Aires – Argentina. pp: 5 – 18.

Gilchrist, L.; Fuentes, G.; Martínez, C.; López, R.; Duveiller, E.; Singh, R.; Henry, M.; García, I. 2005. Guía práctica para la identificación de enfermedades de trigo y cebada. Segunda edición. Argentina. 200 pág.

IBCE. 2011. Bolivia: Importaciones de trigo. Instituto Boliviano de Comercio Exterior.

IBNORCA. 1991. Norma Boliviana NB 016. Cereales – Trigo – Clasificación y requisitos. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. 8 pág.

IBNORCA. 2006. Norma Boliviana NB 680. Harina y derivados – Harina de trigo – Requisitos. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. 6 pág.

INE – MDRyT. 2009. Bolivia: Superficie, producción y rendimiento. Instituto Nacional de Estadística, Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.

INTA. 2005. Resultados de ensayos de fertilización en el área central de la Provincia Córdoba - Campaña 2005. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina. pág. 35.

INTA. 2006. Comportamiento de cultivares seleccionados por calidad y sanidad en diferentes ambientes de la provincia Cordova – Campaña 2006. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina. pág. 50.

- INTA. 2006. Resultados productivos y económicos de trigo con riego suplementario en un sistema de siembra directa continua. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina. pág. 30.
- INTA. 2007. Boletín de divulgación técnica N° 1 Trigo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Argentina. pág. 3.
- Lacaste, C.; Meco, R.; Estalrich, E.; Martín de Eugenio, L. 2004. Interacción de densidades de siembra de cebada y rotaciones de cultivo sobre flora arvense y rendimientos de cultivos. pp: 1481 – 1496.
- Maddonni, G.; De la Fuente, E. 2004. Estructura del Cultivo. En: Producción de Granos. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 251 pág.
- Malavolta, E.; Vitti, G.; De Oliveira, S. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. Piracicaba. São Paulo - Brasil. 159 pág.
- Mamani, R. 1999. Evaluación de quince variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en el Altiplano Norte y Central de Bolivia. Tesis Lic. Ing. Agr. UMSA. La Paz – Bolivia. pp: 12 – 18.
- Marín, A.; Kramer, A. 2003. Efecto de la densidad de plantas sobre el rendimiento de arroz. Punta Este - Uruguay. 250 pág.
- Maurtua, K.; Banzato, L. 2002. Estudios de competencia intraespecífica en plantas de trigo (*Triticum aestivum*) en condiciones de baja irradiancia. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. pp: 24, 30 – 41.

- Millar, B. Hill, J. E., Roberts, S. 1991. Efectos de la Población Vegetal sobre el desarrollo y rendimiento en arroz de agua. *Agronomy Journal*. Volumen 83. N° 2. pp: 291 – 297.
- Miller, T. 1992. Estadios de crecimiento del cultivo de trigo. La identificación y su entendimiento para un mejor manejo de los cultivos. Potash and Phosphate Institute (PPI). Texas – EEUU. pp. 195 – 201.
- Miralles, D.; González, F. 2008. El trigo en Argentina: Perspectivas ecofisiológicas del pasado, presente y futuro para aumentar el rendimiento. EEA INTA. Argentina. 11 pág.
- Miralles, D.; Katz, S.; Colloca, A.; Slafer, G. 1998. Floret development in near isogenic wheat lines differing in plant height. *Field Crops Research* 59. New York – EE.UU. pp: 21 – 30.
- Miralles, D.; Slafer, G. 1999. Wheat development. Food Product Press, New York – EE.UU. pp: 13 – 40.
- Munson, R.; Nelson, W. 1990. Principles and practices in plant analysis. Book Series N° 3. Soil Sci. Soc Am., Madison Wisconsin - EE.UU. pp: 359 – 427.
- Nass, H.; Rodríguez, H. 1994. Efecto de la lámina de agua y la densidad de siembra sobre el desarrollo del arroz. *Bioagro*. Buenos Aires – Argentina. pp: 31 – 34.
- Ochoa, T. 2002. Introducción de quince variedades de trigo en dos comunidades de la provincia Inquisivi del Departamento de la Paz. Tesis Lic. Ing. Agr. UMSA. La Paz – Bolivia. pp: 72 – 73.

- Ojuez, C.; Lauric, A.; Siolotto, R.; Ferraris, G. 2005. Efecto de la Fertilización Fosforada y la utilización de *Azospirillum* sobre el rendimiento del cultivo de Trigo. Campaña 2004 - 05. Argentina. pp. 63 – 87.
- Palacio, C. 2006. Sanidad de cultivos. Informe técnico sanitario N° 3. SIEF. INTA Venado Tuerto. 29 pág.
- PROTRIGO. 1998. Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el cultivo de Trigo y Cereales Menores (Memorias). pp: 14 – 20.
- PROTRIGO. 2005. Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el cultivo de Trigo y Cereales Menores (Memorias). pp: 25 – 90.
- PADER. 2006. Programa de Desarrollo Rural Competente Norte Potosí. Proyecto PADER – COSUDE.
- Rassmusen, P. 1996. Effect of nitrogen, sulfur, and phosphorus sufficiency of nutrient content in white winter wheat. Soil Sci. analysis 27. New York – EE.UU. pp: 585 – 596.
- Reyes, P.; 1999. Diseño de experimentos aplicados: agronomía, biología, química, industrias, ciencias sociales, ciencias de la salud. Editorial Trillas. Tercera edición. México. pp: 41 – 42; 51 – 53.
- Ruíz, 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. pp: 50, 126 – 130.

- SAGARPA. 2003. Programa de Investigación en Calidad de Trigo en el Instituto de Ciencias Agrícolas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. pp: 1 – 2.
- SAGARPA. 2007. Programa de Investigación en Calidad de Trigo en el Instituto de Ciencias Agrícolas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. pp: 5 - 10.
- Salisbury, F. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana. Traducción México. pp: 92, 202.
- Satorre, E.; Kruk, B. 2004. Densidad y arreglo espacial del cultivo. En: Producción de granos. Facultad de agronomía. Universidad de Buenos Aires. pp: 279 – 310.
- Slafer, G.; Rawson, H. 1994. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: a re-examination of some assumptions made by physiologists and modelers. Australian Journal of Plant Physiology. Australia. pp: 21, 393 – 426.
- Slafer, G.; Calderini, D.; Miralles, D.; Savin, R. 2000. Guía de Manejo de Trigo. Factores climáticos. FCA, UNLZ. Argentina. 4 pág.
- Snape, J.; Moore, G. 2007. Reflections and Opportunities: Gene discovery in the complex wheat genome. Mar del Plata, Argentina. pp: 677 – 684.
- Vega, C.; Andrade, F. 2000. Densidad de plantas y espaciamiento entre hileras. EEA INTA Balcarce-Facultad de Ciencias Agrarias UNMP. pp: 97 – 133.
- Waggoner, P.; Berger, R. 1987. Defoliation, Disease and Growth. Phytopathology. New York – EE.UU. pp: 393 – 398.

ANEXOS



Figura 1. Preparación del terreno



Figura 2. Trazado de surcos



Figura 3. Parcela a 6 días de emergencia



Figura 4. Parcela a los 41 días



Figura 5. Parcela a los 66 días



Figura 6. Parcela a los 66 días



Figura 7. Variedad Redención (130 días)



Figura 8. Variedad Gaucho (130 días)

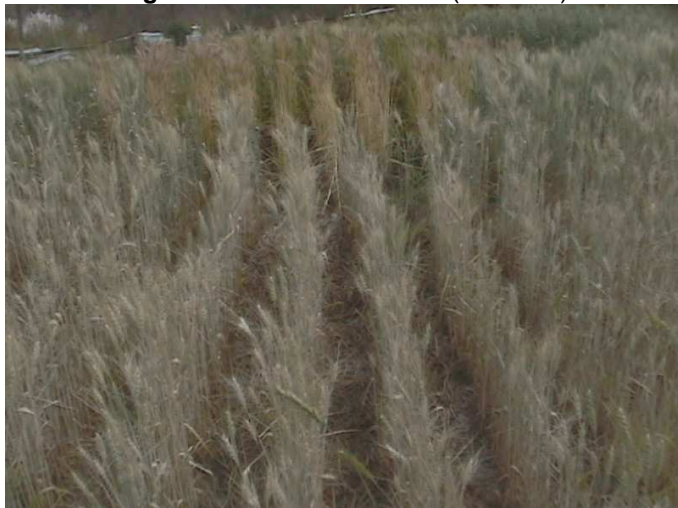


Figura 9. Variedad Elite (130 días)



Figura 10. Parcela a los 180 días



Figura 11. Parcela a los 180 días



Figura 12. Volumen de espigas secas



Figura 13. Volumen de espigas pisadas

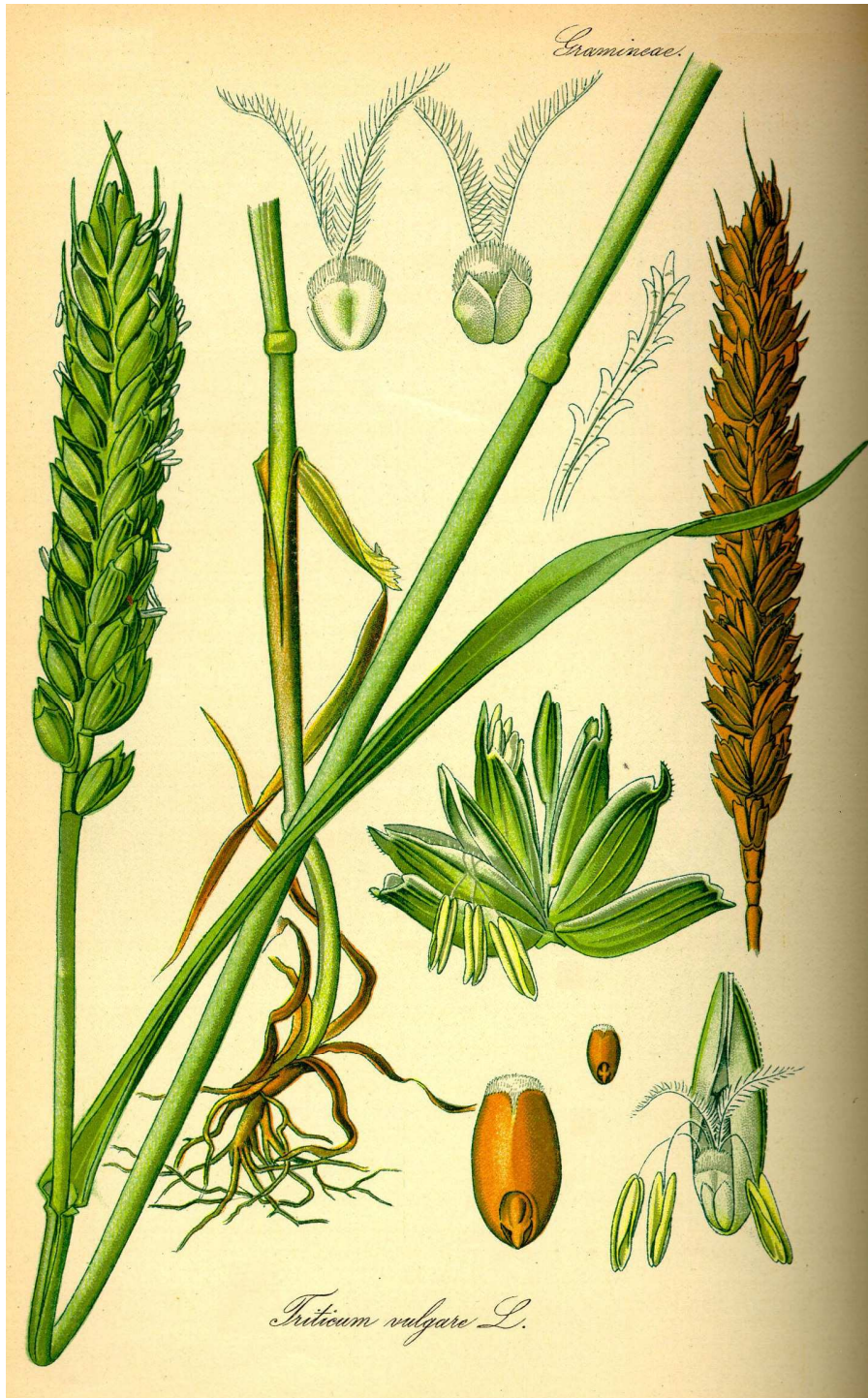


Figura 14. Volumen de grano limpio

Cuadro 6. Enfermedades detectadas durante el desarrollo del cultivo

Tratamiento	Fase fenológica	Nº plantas afectadas/Trat	Nombre común	Agente causal
T8	3ra Hoja desplegada	1	Roya de la hoja	<i>Puccinia recondita</i>
T1 T2 T3	Alargamiento del tallo	5	Mancha foliar o Septoriosis	<i>Septoria tritici</i>
T9	Floración	10	Mancha amarilla	<i>Drechslera/Pyrenophora tritici-repentis</i>
T4 T5 T6	Floración	12	Piricularia	<i>Pyricularia grisea</i>

Fuente: elaboración propia



Fuente: Palacio, C. 2006. Gramíneas: Trigo, 1974

Figura 15. Morfología del trigo



RESULTADO OFICIAL DE ANALISIS DE SEMILLAS
 INSTITUCION: MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL Y TIERRAS
 COOPERADOR: ING. MSC. ERIK MURILLO FERNANDEZ
 CULTIVO: TRIGO
 AÑO: 2009



ANALISIS DE LAB. NUMERO	ESPECIE	VARIEDAD	PESO HECTOLITRICO Kg./hectolitro	PESO DE 1000 SEMILLAS Gr.	HUMEDAD %		SEMILLA PURA %		GERMINACIÓN %		SEMILLA DE OTROS CULTIVOS %		SEMILLA MALEZAS COMUNES %		OBSERVACIONES
					%	%	%	%	%	%	%	N°/Kg.			
275/2009	TRIGO	V1-1	77.7	34.35	8.7	99.96	99.96	99.6	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
276/2009	TRIGO	V1-2	77.7	32.75	8.6	99.98	99.98	99.6	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
277/2009	TRIGO	V1-3	77.7	33.7	8.5	99.82	99.82	99.3	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
278/2009	TRIGO	V1-4	77.7	33.55	8.55	99.97	99.97	99.6	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
279/2009	TRIGO	V1-5	77.7	34.25	8.4	99.86	99.86	98.3	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
280/2009	TRIGO	V1-6	77.7	35.3	8.45	99.925	99.925	95.3	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
281/2009	TRIGO	V1-7	77.7	32.9	8.65	99.983	99.983	98	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
282/2009	TRIGO	V1-8	77.7	32.95	8.6	99.925	99.925	97	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
283/2009	TRIGO	V1-9	77.7	33.3	8.15	99.975	99.975	95.6	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
284/2009	TRIGO	V1-10	77.7	33.65	8.3	99.875	99.875	98.3	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
285/2009	TRIGO	V1-11	77.7	32.6	8.5	99.88	99.88	96.3	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
286/2009	TRIGO	V1-12	77.7	32.1	8.2	99.925	99.925	96	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
287/2009	TRIGO	V2-1	79.7	34.35	8.3	99.925	99.925	100	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
288/2009	TRIGO	V2-2	79.7	33.55	8.1	99.967	99.967	99.3	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
289/2009	TRIGO	V2-3	79.7	35.25	8.2	99.925	99.925	100	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
290/2009	TRIGO	V2-4	79.7	33.1	8.1	99.975	99.975	99.3	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
291/2009	TRIGO	V2-5	79.7	34	8.2	99.964	99.964	99.6	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
292/2009	TRIGO	V2-6	79.7	34.8	8.4	99.975	99.975	100	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
293/2009	TRIGO	V2-7	79.7	33.9	8.3	99.983	99.983	98	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS
294/2009	TRIGO	V2-8	79.7	34	8.1	99.975	99.975	99.3	0	0	0	0	0	0	0 NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS

OBSERVACIONES	
SEMILLAS NOCIVAS	MALEZAS COMUNES
0	0
MALEZAS PROHIBIDAS	
0	

LA PAZ 9 DE NOVIEMBRE DE 2009

 Juan Carlos Huaracho N.
 TÉCNICO ESPECIALISTA EN SEMILLAS
 FIRMA Y SELLO OFICIAL

Fuente: INIAF 2009

Figura 16. Resultado del análisis de semillas 1



Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras

RESULTADO OFICIAL DE ANALISIS DE SEMILLAS
 INSTITUCIÓN: MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL Y TIERRAS
 COOPERADOR: ING. MSC. ERIK MURILLO FERNANDEZ
 AÑO: 2009
 CULTIVO: TRIGO



Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal

ANÁLISIS DE LAB. NUMERO	ESPECIE	VARIEDAD	PESO HECTOLITRICO O Kg./Hectolitro	PESO DE 1000 SEMILLAS Gr.	HUMEDAD %		GERMINACIÓN %		SEMILLA PURA %		SEMILLA DE OTROS CULTIVOS %		SEMILLA MALEZAS COMUNES N°/Kg. %		OBSERVACIONES
					%	%	%	%	%	%	N°/Kg.	%			
295/2009	TRIGO	V2-9	79.7	32.2	8.35	99.8	99.8	99.925	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	
296/2009	TRIGO	V2-10	79.7	33.1	7.35	98	99.96	99.96	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	
297/2009	TRIGO	V2-11	79.7	31.05	8.3	99.8	99.958	99.958	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	
298/2009	TRIGO	V2-12	79.7	33.05	8.2	98.3	99.942	99.942	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	
299/2009	TRIGO	V3-1	76.7	36.3	7.9	99	99.942	99.942	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	
300/2009	TRIGO	V3-2	76.7	36.5	7.8	100	99.917	99.917	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	
301/2009	TRIGO	V3-3	76.7	36.9	7.75	100	99.99	99.99	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	
302/2009	TRIGO	V3-4	76.7	39.3	7.7	98.6	99.97	99.97	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	
303/2009	TRIGO	V3-5	76.7	41.5	7.15	98	99.95	99.95	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	
304/2009	TRIGO	V3-6	76.7	42.75	7.5	99.6	99.98	99.98	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	
305/2009	TRIGO	V3-7	76.7	44.45	7.2	99.3	99.97	99.97	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	
306/2009	TRIGO	V3-8	76.7	42.7	7.4	98.3	99.97	99.97	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	
307/2009	TRIGO	V3-9	76.7	41.05	8.3	99.6	99.992	99.992	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	
308/2009	TRIGO	V3-10	76.7	39.75	8.3	98	99.992	99.992	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	
309/2009	TRIGO	V3-11	76.7	38.55	8.1	93.6	99.992	99.992	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	
310/2009	TRIGO	V3-12	76.7	39.85	8.1	99	99.967	99.967	0	0	0	0	0	NO SE OBSERVO LA PRESENCIA DE HONGOS	

OBSERVACIONES	MALEZAS COMUNES		MALEZAS PROHIBIDAS	
0	0	0	0	0

LA PAZ 9 DE NOVIEMBRE DE 2009

Juan Carlos Huarcacho N.
 TECNICO FERTILIZACION - FISCALIZACION

FIRMA Y SELLO OFICIAL

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL - LAPAZ
 AV. BUSCH N° 1370 - EDIFICIO MONTERREY - PLANTA BAJA - LOCAL 3 Y 4 Teléfono 2117209/2913906

Fuente: INIAF 2009

Figura 17. Resultado del análisis de semillas 2



MINISTERIO DE SALUD Y DEPORTES

INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD
"NESTOR MORALES VILLAZON - INLASA"
"CIEN AÑOS AL SERVICIO DE LA SALUD"

LABORATORIO COORDINADOR NACIONAL DE LA
RED DE LABORATORIOS OFICIALES DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS - RELOAA
MIEMBRO DE LA RED INTERAMERICANA DE LABORATORIOS DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS - RILAA



LABORATORIO DE QUIMICA DE ALIMENTOS
INFORME DE ENSAYO - ANALISIS FISICO QUIMICO

Versión 01

Página: 1 de 1

No: LQA-F-07-043-090505		Muestra: TRIGO		
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad de los Alimentos				
Dirección del cliente: Calle Rafael Zubieta N° 1889 - Miraflores		Procedencia de la muestra:		
Condiciones de la muestra: Envase: bolsa de polietileno muestra fraccionada		Cantidad: Peso Total 256 g		
Acta de muestreo: 402337		Tarjeta de muestreo: 0045503		
Fecha de muestreo: 2009-11-17		Hora: 10:30 h		
Fecha de ingreso a laboratorio: 2009-11-17		Hora: 12:50 h		
Fecha de análisis: 2009-11-26		Hora: 08:30 h		
RESULTADO				
CARACTERES ORGANOLEPTICOS:		NORMA SANITARIA DE ALIMENTOS OPS/OMS 1967		
COLOR		PROPIO		
OLOR		PROPIO		
SABOR		PROPIO		
ASPECTO		GRANO UNIFORME		
REQUISITOS: FISICO QUIMICO				
PARAMETRO	METODO	UNIDAD	RESULTADO	LIMITE
Proteína en b.s.	NB 076-2000	%	18,52	Sin referencia de limite
CLASIFICACION:		TRIGO 1		
vvv.				
Analista: Claudia Zenteno		La Paz, 4 de Diciembre de 2009		
Dra. Eliana Rocha Giardina M.P. R-283 M.S.P.S. I.N.L.A.S.A. RESPONSABLE TÉCNICO		Dr. José María Gutiérrez DIRECTOR EJECUTIVO INLASA		
		MSc. María Rosa Pantón V BIOQUIMICA - FARMACÉUTICA JEFE DEL LABORATORIO DE QUIMICA DE ALIMENTOS INLASA JEFE DE LABORATORIO		

NO TIENE VALOR LEGAL
"ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN"
I. N. L. A. S. A.

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio. Está prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin aprobación escrita del laboratorio.

Dirección Rafael Zubieta No. 1889 (lado del Estado Mayor General) Miraflores - Casilla M - 10019 • Telf. 222-6048 / 222-6670 Fax: (591-2)222-8254
La Paz - Bolivia

Fuente: INLASA 2009

Figura 18. Resultado del análisis físico químico Variedad Gaucho



MINISTERIO DE SALUD Y DEPORTES

INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD

"NESTOR MORALES VILLAZON - INLASA"

"CIEN AÑOS AL SERVICIO DE LA SALUD"

LABORATORIO COORDINADOR NACIONAL DE LA

RED DE LABORATORIOS OFICIALES DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS - RELOAA

MIEMBRO DE LA RED INTERAMERICANA DE LABORATORIOS DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS - RILAA



LABORATORIO DE QUIMICA DE ALIMENTOS
INFORME DE ENSAYO - ANALISIS FISICO QUIMICO

Versión 01

Página: 1 de 1

No: LQA-F-07-043-090507		Muestra: TRIGO		
Nombre del cliente: Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad de los Alimentos				
Dirección del cliente: Calle Rafael Zubieta N° 1889 - Miraflores		Procedencia de la muestra:		
Condiciones de la muestra: Envase: bolsa de polietileno muestra fraccionada		Cantidad: Peso Total 256 g		
Acta de muestreo: 402337		Tarjeta de muestreo: 0045505		
Fecha de muestreo: 2009-11-17		Hora: 10:30 h		
Fecha de ingreso a laboratorio: 2009-11-17		Hora: 12:45 h		
Fecha de análisis: 2009-11-26		Hora: 08:30 h		
RESULTADO				
CARACTERES ORGANOLEPTICOS:		NORMA SANITARIA DE ALIMENTOS OPS/OMS 1967		
COLOR		PROPIO		
OLOR		PROPIO		
SABOR		PROPIO		
ASPECTO		GRANO UNIFORME		
REQUISITOS: FISICO QUIMICO				
PARAMETRO	METODO	UNIDAD	RESULTADO	LIMITE
Proteína en b.s.	NB 076-2000	%	15,38	Sin referencia de limite
CLASIFICACION:		TRIGO 3		
vvv.				
Analista: Claudia Zenteno				
La Paz, 4 de Diciembre de 2009				
 Dra. Eliana Rocha Giardina M.P. R-263 M.S.P.S. I.N.L.A.S.A. RESPONSABLE TÉCNICO		 Dr. José María Pantón V. DIRECTOR EJECUTIVO		
		 Mx.Cs. María Rosa Pantón V. BIOQUIMICA - FARMACEUTICA JEFE DEL LABORATORIO DE QUIMICA DE ALIMENTOS INLASA JEFE DE LABORATORIO		

NO TIENE VALOR LEGAL
"ANÁLISIS DE INVESTIGACION"
I. N. L. A. S. A.

Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio. Está prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin aprobación escrita del laboratorio.

Dirección Rafael Zubieta No. 1889 (lado del Estado Mayor General) Miraflores - Casilla M - 10019 • Telf. 222-6048 / 222-6670 Fax: (591-2)222-8254
La Paz - Bolivia

Fuente: INLASA 2009

Figura 20. Resultado del análisis físico químico Variedad Redención