

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



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO
DE DOCE VARIEDADES DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)
EN EL MUNICIPIO DE COMBAYA DE LA PROVINCIA
LARECAJA DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

CARLA JHOSELINE TOLA QUISPE

La Paz – Bolivia
2017

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

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO
DE DOCE VARIETADES DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)
EN EL MUNICIPIO DE COMBAYA DE LA PROVINCIA
LARECAJA DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

Tesis de Grado presentado como requisito

Parcial para optar el Título de

Ingeniero Agrónomo

CARLA JHOSELINE TOLA QUISPE

ASESOR (ES):

Ing. Luis Mamani Maydana

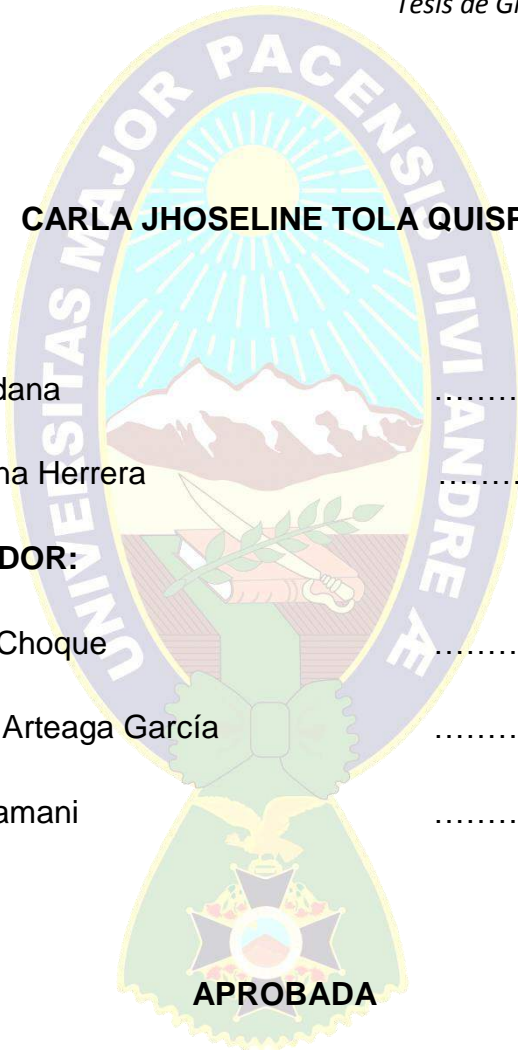
Ing. Freddy Carlos Mena Herrera

TRIBUNAL EXAMINADOR:

Ing. Ph.D. David Cruz Choque

Ing. Ph.D. José Yakov Arteaga García

Ing. Isidro Callizaya Mamani



PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR:

.....

DEDICATORIA

A mis padres por el apoyo incondicional que me brindan en mi formación como futura profesional, ya que gracias a ellos continúo en el largo camino de la vida.

AGRADECIMIENTOS

Mi gratitud sincera para mis asesores Ing. Luis Mamani Maydana e Ing. Freddy Carlos Mena Herrera por la oportuna revisión del documento desde el perfil a la conclusión del mismo, por el apoyo logístico y consejos pertinentes.

A mis revisores Ph.D. José Yakov Arteaga García, Ing. Isidro Callizaya Mamani y Ph.D. David Cruz Choque por los acertados consejos, apreciaciones y colaboraciones manifestadas.

Gracias a mi familia por todo el apoyo brindado por los momentos de felicidad que tenemos, por quienes estoy inmensamente agradecida. Somos una familia unida y espero que Dios nos mantenga siempre unidos, nada me faltara si ustedes están a mi lado.

A mis padres Francisca y Apolinario, por su apoyo, consejos, comprensión, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, gracias a mis padres lograre conseguir todos mis objetivos.

A mi hermana Ximena Lucia por estar a mi lado por ser uno de los seres más importantes en mi vida por compartir momentos significativos cada día conmigo, por escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A mi amiga Elsa Orlandina Valdivia por su apoyo y compañía en todo el transcurso de mi carrera universitaria, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre contare con su ayuda, ambas culminamos nuestra tesis y logramos ser ingenieras.

Agradezco a todas las personas que participaron en la elaboración de la tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	i
ABSTRAC	ii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	3
1.1.1. Objetivo general	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Importancia del trigo	4
2.2. Ubicación taxonómica.....	4
2.3. Descripción botánica	4
2.3.1. Sistema radicular	5
2.3.2. Tallo.....	5
2.3.3. Hoja	5
2.3.4. La Inflorescencia.	6
2.3.5. Las flores	7
2.3.6. El fruto	7
2.4. Principales enfermedades	7
2.4.1. La Roya negra o del tallo (<i>Puccinia graminis</i> f sp. <i>tritici</i>).	7
2.4.2. Pudrición basal de la gluma y tizón bacteriano de la hoja	8
2.4.3. Mancha foliar o septoriosis (<i>Septoria tritici</i>)	8
2.5. Principales plagas	9
2.6. Variedades de trigo.....	10
2.6.1. Totorá 2014	11
2.6.2. Bolivia 2014	11
2.6.3. Anzaldo.....	11
2.6.4. Tepoca T89	11

2.6.5.	Roelfs 2007	12
2.7.	Desarrollo fenológico	13
2.7.1.	Germinación	13
2.7.2.	Emergencia	14
2.7.3.	Macollaje	14
2.7.4.	Encañazon.....	15
2.7.5.	Floración.....	16
2.7.6.	Desarrollo de la espiga	16
2.7.7.	Madurez fisiológica.....	18
2.8.	Calidad del trigo.....	19
2.9.	Factores que influyen en los rendimientos del trigo.....	20
2.10.	Fotoperiodo	21
2.11.	Exigencias climatológicas.....	24
2.12.	Exigencias de suelo.....	24
2.13.	Requerimiento nutricional y fertilización	24
2.14.	Densidades de siembra	26
2.15.	Importancia a nivel mundial	26
2.16.	Importancia del trigo en Bolivia.....	27
2.17.	Cosecha	28
2.18.	Consumo	29
3.	LOCALIZACIÓN	30
3.1.	Ubicación geográfica	30
3.2.	Características ecológicas.....	31
3.2.1.	Características climáticas	31
3.2.2.	Humedad.....	31
3.2.3.	Suelos.....	31
3.2.4.	Flora	32
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
4.1.	Materiales	33
4.1.1.	Material de gabinete	33
4.1.2.	Materiales de campo	33

4.1.3.	Material de laboratorio	33
4.1.4.	Material genético	34
4.2.	Metodología	34
4.2.1.	Métodos de campo	34
4.3.	Diseño experimental	39
4.4.	Factor de estudio	40
4.5.	Modelo lineal aditivo	40
4.6.	Croquis de la investigación	41
4.7.	Variables de respuesta	42
4.7.1.	Variables fenológicas	42
4.7.2.	Variables agronómicas	42
4.8.	Datos meteorológicos	46
4.9.	Análisis de suelos	46
4.10.	Análisis estadístico	46
5.	RESULTADOS	47
5.1.	Influencia de las condiciones climáticas	47
5.1.1.	Precipitación	47
5.1.2.	Temperatura	49
5.1.3.	Humedad relativa	52
5.1.4.	Análisis físico y químico del suelo	54
5.2.	Variables fenológicas	56
5.2.1.	Días a la emergencia	56
5.2.2.	Días a la floración	58
5.2.3.	Días a la madurez fisiológica	60
5.3.	Variables agronómicas	64
5.3.1.	Número de macollos por planta	64
5.3.2.	Número de plantas por metro cuadrado	66
5.3.3.	Número de espigas por metro cuadrado	68
5.3.4.	Altura de planta (cm)	70
5.3.5.	Longitud de espiga (cm)	74
5.3.6.	Número de espiguillas por espiga	77

5.3.7.	Número de granos por espiga	79
5.3.8.	Posición de espiga	83
5.3.9.	Longitud de arista	83
5.3.10.	Densidad de espiga	85
5.3.11.	Tipo de grano	86
5.3.12.	Tamaño de grano	87
5.3.13.	Color de grano	88
5.3.14.	Precocidad.....	88
5.3.15.	Reacción al acame y reacción al desgrane	89
5.3.16.	Calificación agronómica.....	91
5.3.17.	Peso de 1000 grano	92
5.3.18.	Peso hectolitrico	93
5.3.19.	Rendimientos en grano kg/ha.....	95
6.	CONCLUSIONES	99
7.	RECOMENDACIONES	103
8.	BIBLIOGRAFÍA	104
	ANEXOS	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de varianza para días a la emergencia.....	57
Tabla 2. Análisis de varianza para días a la floración	58
Tabla 3. Análisis de varianza para días a la madurez fisiológica	61
Tabla 4. Análisis de varianza para el número de macollos por planta	64
Tabla 5. Análisis de varianza para el número de plantas/m ²	66
Tabla 6. Análisis de varianza para el número de espigas/m ²	68
Tabla 7. Análisis de varianza para la altura de planta (cm)	70
Tabla 8. Análisis de varianza para la longitud de espiga (cm)	74
Tabla 9. Análisis de varianza para el número de espiguillas por espiga	78
Tabla 10. Análisis de varianza para el número de granos por espiga.....	79
Tabla 11. Análisis de varianza para la longitud de arista (cm)	84
Tabla 12. Análisis de varianza para el peso de 1000 granos (g)	92
Tabla 13. Análisis de varianza para el peso hectolitrico (kg/hl).....	94
Tabla 14. Análisis de varianza para el rendimiento de grano (kg/ha)	96

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Precipitación comparativa entre el periodo (2011 – 2015) y (2016).....	47
Gráfico 2. Temperatura máxima y mínima registrada en el periodo del ensayo	50
Gráfico 3. Temperatura media entre el periodo (2011 – 2015) y (2016)	51
Gráfico 4. Humedad relativa registrada durante el desarrollo del ensayo	52
Gráfico 5. Días a la emergencia de doce variedades de trigo	57
Gráfico 6. Días a la floración de doce variedades de trigo	59
Gráfico 7. Días a la madurez fisiológica de doce variedades de trigo	62
Gráfico 8. Número de macollos por planta de doce variedades de trigo	65
Gráfico 9. Número de plantas/m ² de doce variedades de trigo	67
Gráfico 10. Número de espigas/m ² de doce variedades de trigo	69
Gráfico 11. Altura de planta (cm) de doce variedades de trigo.....	71
Gráfico 12. Curva de crecimiento de altura de planta de doce variedades de trigo .	72
Gráfico 13. Regresión lineal de la altura de planta y días	73
Gráfico 14. Longitud de espiga (cm) de doce variedades de trigo	75
Gráfico 15. Regresión lineal de la longitud de espiga y días	76
Gráfico 16. Curva de crecimiento entre la variedad Bolivia 2014 y Tepoca T89	77
Gráfico 17. Número de espiguillas por espiga de doce variedades de trigo.....	78
Gráfico 18. Número de granos por espiga de doce variedades trigo	80
Gráfico 19. Comparación número de granos y el número de espiguillas/espiga.....	81
Gráfico 20. Regresión de número de granos y el número de espiguillas/espiga.....	82
Gráfico 21. Longitud de arista (cm) de doce variedades de trigo	84
Gráfico 22. Calificación de la densidad de espiga	86
Gráfico 23. Calificación de la precocidad de grano	88
Gráfico 24. Calificación para la variable reacción acame y reacción al desgrane	90
Gráfico 25. Calificación agronómica de doce variedades de trigo	91
Gráfico 26. Peso de 1000 granos (g) de doce variedades de trigo	93
Gráfico 27. Peso hectolitrico (kg/hl) de doce variedades de trigo.....	94
Gráfico 28. Rendimiento de grano (kg/ha) de doce variedades de trigo	97

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	110
Anexo 1. Composición de macro y micronutrientes del grano de trigo	111
Anexo 2. Principales países productores de trigo.....	112
Anexo 3. Producción, superficie y rendimiento de trigo, campaña 2009 a 2016. ...	112
Anexo 4. Oferta y demanda (grano y harina equivalente en grano) en (tn)	113
Anexo 5. Condiciones climáticas durante el desarrollo del ensayo	113
Anexo 6. Condiciones climáticas promedio de los periodos (2011-2015)	113
Anexo 7. Categorías del nivel de disponibilidad de nutrientes del suelo	114
Anexo 8. Resumen de resultado del análisis de fertilización	114
Anexo 9. Descriptores de las variables de respuesta.....	115
Anexo 10. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para días a la emergencia.....	118
Anexo 11. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para días a la floración	118
Anexo 12. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para días a la madurez fisiológica	119
Anexo 13. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para número de macollos.....	119
Anexo 14. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para número de plantas/m ²	120
Anexo 15. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para número de espigas/m ²	120
Anexo 16. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para la altura de planta (cm)	121
Anexo 17. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para la longitud de espiga (cm)	121
Anexo 18. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para el número de espiguillas por espiga.....	122
Anexo 19. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para el número de granos por espiga	122
Anexo 20. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para la longitud de arista (cm).....	123
Anexo 21. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para el peso de 1000 granos (g)	123
Anexo 22. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para el peso hectolitrico (kg/hl)	124
Anexo 23. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para el rendimiento de grano (kg/ha)	124
Anexo 24. Resumen del análisis de varianza de las variables de respuesta	125
Anexo 25. Resumen de las variables de respuesta con mayor promedio	126
Anexo 26. Resumen de las variables de respuesta con menor promedio	127
Anexo 27. Parcela de investigación en la comunidad de Combaya	128
Anexo 28. Etapa de emergencia de las doce variedades de trigo.....	128

Anexo 29. Etapa de macollamiento de las doce variedades de trigo	129
Anexo 30. Desmalezado de la parcela de investigación	129
Anexo 31. Toma de datos de las variables de respuesta	130
Anexo 33. Presencia del controlador biológico de la plaga en el cultivo	131
Anexo 34. Presencia de la plaga en la espiga del cultivo de trigo	131
Anexo 35. Aplicación de la receta casera de tabaco para el control del pulgón	132
Anexo 36. Aplicación del insecticida químico stermin en la parcela	132
Anexo 37. Etapa de antesis en la espiga del cultivo de trigo.....	133
Anexo 38. Etapa de maduración del grano de trigo (estado lechoso)	133
Anexo 39. Diferencia fenotípicas entre las variedades de trigo	134
Anexo 40. Vista panorámica del cultivo de trigo	134
Anexo 41. Vista panorámica de la parcela de investigación.....	135
Anexo 42. Etapa de maduración del cultivo de trigo.....	135
Anexo 43. Recolección de las muestras en la parcela de investigación.....	136
Anexo 44. Cosecha de las variedades del cultivo de trigo	136
Anexo 45. Variedades cosechadas	137
Anexo 46. Diferencia en la longitud y densidad de espiga de trigo	137
Anexo 47. Variedad de trigo (sin residuos de cosecha)	138
Anexo 48. Doce variedades de trigo de la parcela de investigación.....	138
Anexo 49. Contenido de 1000 granos por variedad de trigo	139
Anexo 50. Diferencia visual entre variedad en el contenido de 1000 granos	139
Anexo 51. Peso de 1000 granos de cada variedad de trigo	140
Anexo 52. Método para el cálculo del peso hectolitrico	140
Anexo 53. Peso hectolitrico de trigo	141
Anexo 54. Rendimiento de trigo en grano	141
Anexo 55. Análisis de suelo de la parcela de investigación	142

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante la gestión 2016, en la comunidad de Combaya de la provincia de Larecaja del departamento de La Paz, evaluándose el comportamiento agronómico de 12 variedades de trigo (Tepoca T89, Totorá 80, Anzaldo, Motacu, Bolivia 2014, Totorá 2014, 32720 Sawyt, 14032 Esbyt, 31520 Sawyt, 4022 Htyt, Reedling y Roelfs 2007), teniendo como objetivo principal de evaluar el rendimiento en grano.

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar, donde se realizó con tres repeticiones y doce tratamientos y se bloqueó la pendiente, en un área total de 330 m², para el análisis estadístico se utilizó el programa INFOSTAT, se evaluaron las variables: días de emergencia, días a la floración, días a la madurez, número de plantas por metro cuadrado, número de espigas por metro cuadrado, número de macollos/planta, altura de planta (cm), longitud de espiga (cm), número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga, posición de espiga, longitud de arista, densidad de espiga, tipo de grano, tamaño de grano, color de grano, peso de grano (1000 unidades), precocidad, reacción acame y reacción al desgrane, calificación agronómica, peso hectolitrico(kg/ha) y el rendimientos en grano (kg/ha).

La siembra se realizó manualmente el 27 de enero y la cosecha se concluyó en junio, las variables más significativas de la investigación fueron el número de macollos, número de plantas y espigas por metro cuadrado que fueron muy importantes para el rendimiento, destacándose la variedad Tepoca T89 con 1067,67±302,15 Kg/ha, y las variedades con menor rendimiento fueron Totorá 2014 y 14032 Sawyt con 664,50±297,23 y 648,50±154,92 Kg/ha, respectivamente.

ABSTRAC

The present research was carried out during the 2016 management in the community of Combaya of the province of Larecaja of the department of La Paz, evaluating the agronomic behavior of 12 wheat varieties (Tepoca T89, Totora 80, Anzaldo, Motacu, Bolivia 2014, Totora 2014, 32720 Sawyt, 14032 Es wyt, 31520 Sawyt, 4022 Htyt, Reedling and Roelfs 2007), having as main objective to evaluate the yield in grain.

It was used the experimental design of blocks completely random, where it was carried out with three repetitions and twelve treatments and blocked the slope, in a total area of 330 m², for the statistical analysis was used the INFOSTAT program, the variables were evaluated: days Number of plants per square meter, number of tillers/plant, height of plant (cm), length of spike (cm), number of spikelets By spike, number of grains per spike, spike position, edge length, ear density, grain type, grain size, grain color, grain weight (1000 units), precocity, Agronomic qualification, hectolitic weight (kg/ha) and grain yield (kg/ha).

Seeding was done manually January 27th and the harvest was concluded in June, the most significant variables of the research were the number of tillers, number of plants and ears per square meter that were very important for yield, standing out the variety Tepoca T89 with $1067,67 \pm 302,15$ kg/ha, and the varieties with the lowest yield were Totora 2014 and 14032 Sawyt with $664,50 \pm 297,23$ and $648,50 \pm 154,92$ kg/ha, respectively.

1. INTRODUCCIÓN

El trigo es el cultivo más ampliamente cultivado a nivel mundial y representa una importante fuente de energía para la alimentación en Bolivia. El trigo es un rubro priorizado y estratégico para el país, donde la producción nacional solo alcanza a cubrir alrededor del 30% de la demanda interna, con rendimientos que fluctúan entre 0,6 a 1,6 tn/ha muy por debajo de los índices productivos de los países de la región, señala (INIAF, 2014).

Según la información obtenida por (INIAF, 2011) indica que Bolivia no es autosuficiente en la provisión del trigo, a pesar que los granos de esta especie son un alimento básico de la población boliviana. La producción de trigo en Bolivia solo satisface el 30% de la demanda, el resto es importado de otros países. De este 30%, en Cochabamba, el trigo se cultiva en 25.000 ha, con un rendimiento promedio de 0,8 tn/ha. Aportando con el 26% a la producción nacional de trigo.

Entre los cereales, el trigo está considerado como el cultivo más noble y alimento base de alto valor nutritivo, debido a su composición química en cuanto a la relación de proteína y almidón, al cuál con solo añadirle materia grasa llega a establecer un alimento completo. Este cultivo de trigo es susceptible a enfermedades, son de ciclo tardío y de bajo potencial productivo, teniendo como secuela niveles bajos de productividad.

Actualmente la mayoría de los agricultores de los Valles Interandinos de La Paz, todavía cultivan sus variedades criollas, estos cultivos son susceptibles a enfermedades y plagas, son de ciclos tardíos con bajos rendimientos que no satisfacen a la demanda interna. En el municipio de Combaya las variedades producidas son la criolla, isla, alituto (*Triticum durum*) que son de ciclo largo y presenta dificultad en la cosecha.

Por la necesidad e importancia mencionada y teniendo como principal objetivo mejorar la producción de trigo en los valles interandinos se realizó el presente trabajo de investigación de doce variedades de trigo, (Tepoca T89, Totorá 80, Anzaldo, Motacu, Bolivia 2014, Totorá 2014, 32720 Sawyt, 14032 Eswyt, 31520 Sawyt, 4022 Htyt, Reedling y Roelfs 2007), donde observó el comportamiento agronómico y el rendimiento de las variedades a las condiciones medioambientales del municipio de Combaya de la provincia Larecaja, que pueden presentar variaciones ambientales de localidad a localidad.

La variedad que obtuvo una mejor adaptabilidad fue Tepoca T89 con un rendimiento de $1067,67 \pm 302,15$ Kg/ha, y las variedades con menor rendimiento y adaptabilidad fueron Totorá 2014 y 14032 Sawyt con $664,50 \pm 297,23$ y $648,50 \pm 154,92$ Kg/ha, respectivamente.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- Evaluación del comportamiento agronómico de doce variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) en el municipio de Combaya de la provincia Larecaja del departamento de La Paz.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento fenológico de doce variedades de trigo.
- Evaluar el rendimiento en grano de las doce variedades de trigo.
- Evaluar el comportamiento agronómico de las doce variedades de trigo.

1.2. Hipótesis

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

Las doce variedades de trigo no presentan diferencias significativas en sus características agronómicas y fenológicas.

$$H_a = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Las doce variedades de trigo presentan diferencias significativas en sus características agronómicas y fenológicas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importancia del trigo

La importancia del cultivo de trigo según PROTRIGO (1998), es un alimento básico para los agricultores de los Valles Interandinos de La Paz (categorizada como gente pobre según el mapa de pobreza en Bolivia), está dada en la búsqueda de la auto-subsistencia debido al hecho de que la producción tradicional se destina principalmente al consumo interno de las unidades familiares o autoconsumo, pese a emplear especies de trigo susceptibles a enfermedades con condiciones medioambientales favorables para el desarrollo de los patógenos, disminuyendo en tal efecto los rendimientos y la calidad de grano.

Además de que el agricultor de esta zona está rodeado de terrenos que en su mayoría presentan pendientes elevadas, escasamente vinculada a los mercados y principales centros de consumo (ciudades), y suelos que generalmente tienen una baja fertilidad incidiendo de sobremanera en una agricultura de tipo extractiva (Condori, 2005).

2.2. Ubicación taxonómica

El trigo corresponde a la siguiente taxonomía: Clase; *Angiospermaeae*, Sub clase; *Monocotiledónea*, Orden; *Graminales*, Familia; *Gramínea*, Genero; *Triticum*, Especie; *aestivum* L.

2.3. Descripción botánica

La descripción botánica del cultivo de trigo nos da a conocer las características que presenta la planta; sistema radicular, tallo, hoja, inflorescencia, flores y frutos.

2.3.1. Sistema radicular

La raíz fibrosa, constituida por un complejo de raíces filamentosas que se forman en los primeros nudos de la base del tallo. Las hojas son alargadas, paralelinervias, envueltas en la base por una vaina abierta más arriba, que llevan dos orejuelas llamadas lígulas (Juárez, s.f.)

2.3.2. Tallo

Los tallos de trigo, al igual que los demás cereales, son visiblemente fraccionados por nudos e internudos; los nudos son sólidos y constituyen la conexión vascular de las hojas con el tallo; los entrenudos son huecos, excepto en casos poco comunes en los que se ha desarrollado trigos con tallo sólido por ejemplo cuando se ha buscado tolerancia a la mosca hessiana (Villareal, 2000).

Según Villareal (2000) la altura que alcanzan los tallos de trigo, generalmente oscila entre 60 y 120 cm; existen sin embargo trigos enanos (30 a 40 cm) que normalmente resultan ser débiles competidores respecto a las malezas y de difícil recolección o cosecha, así mismo, se sabe de trigos de gran altura (120 a 180 cm) los cuales carecen de importancia económica cuando se los cultiva para producción de grano ya que generalmente se acaman, suele preferirse cuando es para forraje. Desde el punto de vista comercial, los trigos semienanos o intermedios en altura (60 a 100 cm) son los más adecuados especialmente cuando se produce bajo condiciones de riego y aplicación de fertilizantes.

2.3.3. Hoja

Las hojas surgen alternativamente en los nudos de los tallos o caña; la hoja está compuesta por una vaina, el limbo o lamina, la lígula, el cuello y las aurículas. La vaina envuelve parcialmente el tallo por encima del nudo, el limbo es paralelinerve y típicamente plano, estrecho y por la forma de su ápice lanceolado; las aurículas o apéndices parten del cuello (donde se unen la vaina y el limbo); la lígula en trigo es de tamaño intermedio respecto a los otros cereales de invierno (Villareal, 2000).

2.3.4. La Inflorescencia.

Es una espiga, con flores, reunidas en espiguillas sentadas, privadas de pedúnculo, cada espiguilla se inserta sobre el raquis de la espiga.

La inflorescencia del trigo es una espiga formada por espiguillas dispuestas en forma alternada sobre un eje central denominado raquis. Las espiguillas contiene de dos a cinco florecillas que posteriormente darán lugar al grano el cual queda inserto entre la lema o cubierta externa del grano que en la mayoría de los casos presenta una prolongación como barba o arista, y la palea o envoltura más unida al grano; las florecillas laterales de cada espiguilla tienen además una tercera cubierta llamada gluma (Villareal, 2000).

En condiciones de campo, no todas las florecillas son fértiles o productivas, por lo que el número de granos por espiguilla varía de dos a cuatro, Villareal (2000) señala que el número de espiguillas que forma la espiga varía de 10 a 20 o más de acuerdo a las variedades y las condiciones ambientales donde se produzca; la separación entre espiguillas es variable entre especies (trigo harinero presenta espiguillas más distantes entre sí que el trigo macarronero) aunque entre variedades aun de la misma especie, el espacio entre espiguillas también varía.

La florecilla del trigo es perfecta ya que tiene ambos órganos reproductores; por su tipo de polinización es autogama y ocurre dentro del lema y la palea. Cada florecilla de trigo está compuesta por un estigma alrededor del cual se encuentran las anteras (tres) estas a su vez tienen un filamento que se alarga conforme maduran. Va desarrollándose el estigma hasta que adquiere un espacio "plumoso" que es justamente cuando se encuentra receptivo, cuando llega esta etapa las anteras se abren soltando polen al estigma y fecundado el ovulo de la misma flor (Villareal, 2000).

2.3.5. Las flores

Del trigo están constituidas exclusivamente por estambres y pistilo, sin cáliz ni corola. Están reunidas en grupos de 3 a 5 sobre cada espiguilla, en cuya base hay dos glumas u hojas coriáceas de protección. Cada flor está protegida además por dos glumas, de las cuales, la inferior, lleva a menudo un rígido llamado arista. Las glumas en algunas especies permanecen unidas a la carióspside (carióspsides vestidas), en otras se desprenden, espontáneamente al madurar (carióspsides desnudas). La presencia o no de aristas en las glumas lleva a la formación de espigas aristadas (Villareal, 2000).

2.3.6. El fruto

Es una carióspside, que en su madurez puede presentar diferentes formas, dimensiones y aspectos, según la variedad. Es importante determinar la consistencia de la albúmina o endospermo para establecer la composición cualitativa del trigo. Si la carióspside al romperse presenta un aspecto harinoso, blando y tierno, significa que contiene mucho almidón y pocas proteínas, por el contrario, cuando presenta un aspecto córneo y vítreo, significa que contiene un alto porcentaje de proteínas.

2.4. Principales enfermedades

Carrasco *et al.* (2009) Menciona que las enfermedades que atacan al trigo son:

2.4.1. La Roya negra o del tallo (*Puccinia graminis* f *sp. tritici*).

Aparece principalmente en los tallos y las vainas foliares, pero hojas y espigas también puede infectarse. Los uredos rompen la epidermis y son de color café rojizos. Las pústulas son grandes, ovales o alargadas con residuos de epidermis a los lados. Los telios se observan en el haz y en el envés de las hojas, al final del ciclo del cultivo. Desarrolla a temperaturas más altas (30°C es la óptima) que las otras royas del trigo, razón por la cual se constituye como una enfermedad del periodo reproductivo. La enfermedad se ve favorecida por la siembra de cultivares susceptibles, siembras en alta densidad, altas dosis de nitrógeno.

2.4.2. Pudrición basal de la gluma y tizón bacteriano de la hoja

(*Pseudomonas syringae* pv. *atofaciens* Sin. *Pseudomonas atrofaciens*). Pueden resultar infectados las hojas, tallos y espigas de trigo y triticale. Las infecciones comienzan como lesiones pequeñas llenas de agua, de color verde oscuro, que se tornan de color café oscuro o negruzco. En las espiguillas, las lesiones comúnmente comienzan en la base de la gluma y con el tiempo pueden extenderse sobre la totalidad de ésta. Las glumas enfermas tienen una apariencia traslúcida cuando se les pone contra la luz. Con el tiempo se observa un color café oscuro o negro.

El agente patógeno sobrevive en los restos de cultivos y en diversas gramíneas huéspedes y es diseminado por salpicaduras de lluvia o por insectos; la enfermedad puede ser transmitida por la semilla. La enfermedad puede afectar a todos los cultivos de cereales de grano pequeño en todo el mundo. La pudrición basal de la gluma no tiene importancia económica, pero su presencia se registra con frecuencia en zonas húmedas donde se cultivan los cereales.

2.4.3. Mancha foliar o septoriosis (*Septoria tritici*)

Es una enfermedad de importancia en todo el país, pero las mejores condiciones para su desarrollo se presentan en siembras tempranas. El monocultivo de trigo, alta precipitación, viento y temperaturas cercanas a los 15 °C. Aumentos de temperatura y disminución de la humedad, en tanto, desfavorecen el ataque de septoria (FUNDACION CHILE, 2011).

Esta enfermedad es de alta importancia. Se observan manchas cloróticas desde el macollaje a “espiga embuchada”. Usualmente comienza en las hojas inferiores, con manchas que se alargan y expanden, de color pajizo con pequeños puntos negros (fructificaciones del hongo). Se ve favorecido con períodos con alta humedad relativa, neblinas, lloviznas y T° entre 15 a 20°C. La T° óptima es de 20 a 25°C. Produce una disminución del área fotosintética, pérdida de rendimiento, menor peso de mil granos (INTA, 2007).

Estrategia de control, la fecha de siembra de variedades resistentes es la clave. La enfermedad es grave en variedades precoces susceptibles sembradas temprano. Las mismas variedades en la misma localidad al ser sembradas tarde no presentan la enfermedad. El control químico de ser necesario debe realizarse junto con el herbicida en macolla o esperar el 40% de la hoja bandera emergida. La protección de la hoja bandera es determinante en la efectiva estrategia de control de septoriosis (FUNDACION CHILE, 2011).

2.5. Principales plagas

Pájaros, comen grandes cantidades de granos maduros. Estos se pueden controlar con cebos envenenados.

Grillo subterráneo (*Anurogryllus muticus*), es parecido al grillo común pero presenta una coloración marrón claro y tiene las alas más cortas que el cuerpo, las que no llegan a cubrir totalmente el abdomen. En los primeros estadios las ninfas se ubican entre 5 y 10 cm de profundidad, el daño mayor se observa cuando poblaciones de ninfas grandes consumen las raíces del trigo, en consecuencia se observan manchones con menor densidad y altura de macollos (INTA, 2007).

Chapulines, comen los cereales. Se los puede controlar mediante prácticas culturales, destruyendo los huevecillos, también se los puede combatir con enemigos naturales.

Pulgón de la espiga (*Sitobium avenae*), existen pulgones de follaje, cogollo y espiga. Se muestran dos tipos los alados y los ápteros. Los pulgones deforman la planta. Estos son transmisores de enfermedades virosas. Su control químico se hace mediante el uso de insecticidas organofosfatados y carbamatos. También se los puede eliminar por sus enemigos naturales (Mondoñedo, 1999).

Los pulgones son favorecidos por temperaturas menores a 20°C y tiempo seco, no siendo afectados por las heladas. Aparece desde la emergencia hasta la maduración del trigo ubicándose en el raquis de la espiga. Por otra parte (INTA, 2007) nos afirma que es el transmisor del virus del enanismo amarillo; y el momento de mayor daño va desde la floración hasta el estado lechoso del grano, produciendo un efecto negativo sobre el tamaño de los granos.

2.6. Variedades de trigo

Según Moreno *et al.* (2010) menciona que una variedad a sembrar no solo se elige por su potencial de rendimiento, sino también por un conjunto de características como ser: adaptación, ciclo del cultivo, altura, fuerza de la caña, reacción a distintas plagas y enfermedades, desgrane, características de calidad (peso hectolítrico, índice de caída, proteína, gluten, características de la masa etc.) que son igualmente importantes consideraciones en su selección.

Es importante conocer estas características de cada variedad adaptada para la zona o región y lograr una producción eficiente (Moreno *et al.*, 2010).

Plana *et al.* (2001) señala que la producción de trigo se ve afectada regularmente por enfermedades que hacen mermar sus rendimientos; es por ello, que la selección de variedades resistentes es una de las principales prioridades de los mejoradores de este cultivo tan importante para la alimentación mundial.

El mejoramiento genético de trigo tiene como objetivo la obtención de variedades que combinen el alto potencial de rendimiento de grano con la buena calidad panadera permitiendo satisfacer los requerimientos de los productores. A continuación se describen algunas de las principales variedades de trigo:

2.6.1. Totora 2014

La variedad tiene alta productividad y muestra un perfil sanitario muy sobresaliente, está identificado para el departamento de Cochabamba INIAF.

2.6.2. Bolivia 2014

Esta variedad se destaca por su precocidad, muy buen comportamiento respecto a enfermedades y alta productividad, es recomendada por su amplia adaptabilidad a diferentes zonas trigueras. Tepoca y Totora 80 son nuevas variedades de trigo que se producen, la totora se caracteriza por ser un grano duro y bajo contenido de gluten.

2.6.3. Anzaldo

La variedad Anzaldo es de ciclo largo y grano duro destinado a la obtención de harina que es importante para la alimentación, tolera la falta de lluvia y presenta un buen rendimiento, la siembra se realiza al voleo se tiene que usar 120 kilogramos por hectárea (PROIMPA, 2010a).

PROIMPA (2010a) indica que la variedad anzaldo presenta uniformidad de sus granos, la planta presenta una altura de 65 a 80 cm, los días de espigamiento se produce 50 a 60 días, en la maduración alcanza 115 a 125 días, la longitud es de espiga de 10 a 11 cm, el tamaño de grano de 6 a 6,5 milímetros, reacción acame es resistente, tolerante a la sequía, el rendimiento es de 1.600 a 2.300 kilogramos por hectárea.

2.6.4. Tepoca T89

La variedad Tepoca T89 presenta un buen rendimiento, actualmente la fundación PROINPA produce esta semilla, para la siembra se realiza al voleo utilizando 120 kilogramos por hectárea, además tiene buen tamaño y uniformidad de sus granos.

La planta presenta una altura de 90 a 105 cm, en zonas de valle de 65 a 75 cm, los días de floración en zonas de valle es de 50 a 58 días, los días de espigamiento de 50 a 60 días, días a la maduración en zonas de valle es de 120 a 130 días, la longitud de espiga es de 6 a 7 cm, el tamaño de grano es de 6 a 6,5 milímetros, la textura de grano es dura, fuerte para la industria, reacción acame es resistente, reacción al desgrane es semiresistente, reacciona a la sequía es tolerante, la zona de adaptación en valles es de 2000 a 2990 msnm., rendimiento en zona de valle es de 1500 a 2000 kilogramos por hectárea (PROINPA, 2010b).

2.6.5. Roelfs 2007

Figuroa *et al.* (2011) señala que Roelfs 2007 es una variedad de trigo harinero de crecimiento primaveral, la cual se obtuvo por hibridación y selección a través del método genealógico de mejoramiento genético, a partir de la cruza Tacupeto 'F2001'x2/Kukuna, llevada a cabo por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Roelfs 2007 presentó un rendimiento promedio de 5.7 toneladas por hectárea.

Roelfs 2007 tiene una altura promedio de 99 cm, ciclo vegetativo de 81 días a espigamiento y 120 días a la madurez fisiológica. La espiga tiene una densidad laxa y longitud larga (11,5 a 13,5 cm), produce de 20 a 23 espiguillas, y cada espiguilla produce de 2 a 4 granos en el tercio inferior de la espiga, de 3 a 5 en el tercio medio y de 1 a 4 en el tercio superior. Después del espigamiento, es notorio en, el grano presenta un color blanco, de forma semi-elíptica con 7,3 mm de longitud, 3,4 mm de ancho; con un peso medio de 59,5 mg.

2.6.6. Motacu

Según el CIAT (2013) actualmente la variedad Motacu-CIAT es una de las más usadas en la producción triguera. Las características de esta variedad es de ciclo semiprecoz, con un rango de 70 a 72 días de siembra a floración (promedio de 71 días) y de 100 a 106 días a madurez fisiológica.

El rendimiento promedio de esta variedad es de 2.500 kg/ha, es decir que está por encima de otras variedades que están siendo usadas en la producción de trigo que llegan a los 2.000 kg/ha. Otra importante ventaja de Motacú sobre otros materiales es su resistencia al acame y es moderadamente resistente a piricularia y helmintosporiosis, además de ser resistente a la roya de la hoja (CIAT, 2013).

2.7. Desarrollo fenológico

De acuerdo a Silva (2011), el desarrollo es un proceso de cambios cualitativos en el que se forman y/o mueren diferentes estructuras de la planta, la velocidad con que estos cambios se suceden en la planta depende fundamentalmente de la temperatura del lugar. Las principales fases del desarrollo de trigo son:

2.7.1. Germinación

Una vez que la semilla es colocada en el suelo húmedo se produce la imbibición y germinación. Para ello las semillas absorben entre el 30 y 35% de su peso en agua. Luego de la imbibición (hinchamiento de la semilla debido a la entrada de agua) la aparición de la radícula indica que ha ocurrido la germinación. Las raíces primarias comienzan a aparecer y se produce la elongación del epicotile llevando el coleoptile a la superficie del suelo. La primera hoja verdadera se e longa dentro del coleoptile y emerge sobre la superficie (Miralles, 2014).

Se menciona en la investigación de (Manangon, 2014) que la facultad germinativa del trigo se mantiene durante un periodo de cuatro a diez años, aunque para su utilización no debe pasar los dos años, ya que a medida que pasa el tiempo disminuye la capacidad germinativa. La humedad del trigo no debe sobrepasar el 11% valores mayores hace difícil su conservación. Para pasar del estado de vida latente al de la vida activa, el grano de trigo debe absorber agua para disolver los elementos metabolizables.

El grano puede absorber de un 40% a un 65% de su peso en agua, si bien la germinación se inicia cuando no ha absorbido más de un 25% aproximadamente. Los tegumentos, cuya permeabilidad a los gases decrece a medida que aumenta la humedad se desgarran por la hinchazón del grano, comenzando entonces los intercambios respiratorios. La temperatura optima de germinación del trigo esta entre los 20 a 25°C (Guerrero, 1999) citado por (Manangon, 2014).

2.7.2. Emergencia

La germinación y emergencia según Miralles *et al.* (2014) dependen de las reservas de azúcares en la semilla (plántula autótrofa), pero una vez que se produce la aparición de la primera hoja verdadera comienza la fotosíntesis y la absorción de nutrientes del suelo (plántula heterótrofa).

La emergencia ocurre en un porcentaje de las semillas sembradas, dependiendo del poder germinativo de las mismas, de la profundidad de siembra, de la disponibilidad de humedad en el suelo, del ataque de patógenos, etc. Al emerger el cultivo se determina el número de plantas/m², que multiplicado por el número de espigas/planta determina el número de espigas/m². Por ello es importante una vez emergido el cultivo realizar un recuento del número de plántulas establecidas/m² (Miralles *et al.*, 2014).

2.7.3. Macollaje

Se caracteriza por la aparición de macollos o vástagos desde el interior de las vainas de las hojas, existiendo un alto grado de sincronía entre la aparición de las hojas y de los macollos. La producción de macollos se prolonga por un tiempo largo, dependiendo de la disponibilidad de recursos y la densidad del cultivo. Con la aparición de la cuarta hoja aparece el primer macollo y con la aparición de la quinta hoja, el segundo macollo y así sucesivamente (Martin, s.f.).

Cuando el cultivo está entre la tercera y quinta hoja comienza la aparición de macollos, que corresponden a brotes basales que surgen de yemas ubicadas en las axilas de las hojas del eje principal. Los macollos que surgen del eje principal se llaman macollos primarios, mientras que los que salen de los macollos primarios son macollos secundarios. El número de macollos es muy dependiente del medioambiente y del manejo, por lo que, mayor densidad de siembra, menor fertilidad del suelo o falta de agua producen una disminución en el número de macollos. Cada nuevo macollo puede potencialmente generar una espiga (Silva, 2011).

El macollaje dura entre 30 y 40 días y su final coincide con el inicio de la encañazón (elongación de tallos), este proceso consume recursos que ahora se vuelven limitantes para la formación de nuevos macollos. Durante esta etapa, muchos macollos (los últimos formados), mueren por no poder completar su desarrollo, produciendo una caída continua en el número total de macollos del cultivo (Martin, s.f.).

Macollaje es la formación de tallos laterales a partir de las yemas axilares de cada hoja. Durante este período las raíces se desarrollan más, posibilitan el establecimiento del cultivo y están asociadas fisiológicamente con los macollos. Durante el alargamiento del tallo, se observan estados intermedios descritos como nudos palpables y la aparición de la hoja bandera, (Moreno *et al.*, 2010).

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 (Miller, 1999).

2.7.4. Encañazón

Encañazón, se caracteriza por la elongación de los entrenudos de los tallos, dando origen al “tallo verdadero” de la planta. Esta etapa finaliza cuando los tallos completan su alargamiento, con el inicio de la Floración (Martin, s.f.).

Según Martin (s.f.) el último entrenudo en elongarse en cada tallo es el “pedúnculo”, encargado de producir la emergencia de la espiga. El proceso de encañazón modifica el porte de la planta, tornándola erecta. El despliegue de la lámina de la hoja bandera coincide con el estado de vaina engrosada (donde la espiga está encerrada en la vaina de la hoja bandera) y con la formación de los granos de polen. En este estadio, la planta es muy sensible a estrés hídrico, heladas y altas temperaturas. En este momento también se incrementan las necesidades de N y P.

2.7.5. Floración

Los granos en desarrollo necesitan nitrógeno y también carbohidratos. Después de la antesis (apertura de la flor) la planta extrae poco nitrógeno del suelo, por lo que los granos en desarrollo tienen que obtener casi todo su nitrógeno del que está almacenado en la planta. Una fuente importante del mismo son las hojas verdes. La hoja bandera y la siguiente aportan entre el 70 y 90% del N para el desarrollo de los granos (FUNDACION CHILE, 2011).

La principal razón por la que las hojas pierden su color verde y mueren es porque pierden el nitrógeno que es redistribuido a los granos. Cuanto menor sea la cantidad de nitrógeno que ha sido almacenado, más rápidamente morirán las hojas. La cantidad de nitrógeno que ha sido almacenado depende de cuánto había disponible en el suelo antes de la antesis y de la práctica de manejo del cultivo (FUNDACION CHILE, 2011).

2.7.6. Desarrollo de la espiga

Según Silva (2011) el crecimiento de la espiga ocurre de primer nudo a floración. Esta fase es considerada la más crítica en el crecimiento del cultivo, en ella ocurre un crecimiento simultáneo de muchas partes de la planta, como hojas, tallos, espiga y raíces, junto con la formación de las flores de la espiga, por lo que la identificación del comienzo de esta fase es clave en el manejo del cultivo, para poder asegurar la disponibilidad de nutrientes y agua.

Señala Silva (2011) que a partir de primer nudo la absorción de nitrógeno en la planta se incrementa notablemente, por lo que es clave identificarlo a tiempo para realizar la aplicación de nitrógeno e iniciar, si es necesario, la protección contra hongos de las hojas que son determinantes en la producción de grano.

El estado de bota o espiga se caracteriza por la hinchazón progresiva de la parte terminal del tallo, como producto del desarrollo de la espiga y el desarrollo de la vaina de la hoja bandera. El fin de este estado es marcado por la aparición de las barbas de la espiga (Moreno *et al.*, 2010).

Por otro lado el mismo autor da a conocer que en el período de antesis se produce la polinización y fecundación, se observa fácilmente por la aparición y caída de estambres y es seguido por el desarrollo del grano con todos los estados: intermedio, lechoso, grano blando o pastoso, grano duro o harinoso; sin embargo, se puede decir que este estado finaliza cuando se presiona el grano de trigo con una uña y la marca permanece impresa en él. También un síntoma externo evidente es la pérdida de clorofila o amarillamiento de la espiga.

Luego de la antesis y fecundación según (FUNDACION CHILE, 2011), comienza con la etapa de llenado de grano donde se termina de definir cuántas flores fecundadas se establecen como grano a cosecha y el peso de grano logrado (etapa de llenado efectivo). La acumulación de peso seco en el grano es muy pequeña pero se observa una rápida acumulación de agua en el mismo.

El período de llenado de granos se considera desde la floración hasta que el grano llega a madurez fisiológica. Esta fase tiene una etapa de crecimiento del grano, seguida por el llenado de granos propiamente con acumulación de almidón y proteína. La floración ocurre aproximadamente 5 a 10 días después de la espigadura (Mondoñedo, 1999).

En la primera fase del llenado de grano ocurre el crecimiento del grano debido a la elongación celular, esta fase es muy sensible a la falta de agua, la cual podría reducir el número final de granos por espiga. En la segunda fase del llenado ocurre la acumulación de almidón en el grano, la falta de agua durante esta fase reduce el peso de los granos (Mondoñedo, 1999).

En cambio, el período de llenado de grano varía de acuerdo al clima. Típicamente es de 30 días en ambientes con estrés severo; y puede exceder los 50 días en ambientes de alto rendimiento y sin estrés (Miller, 1999).

2.7.7. Madurez fisiológica

El ciclo de desarrollo del cultivo finaliza cuando los granos llegan a madurez fisiológica, que es el momento en que finaliza la acumulación de materia seca en los granos. En este estado el grano tiene un color amarillo ámbar, el pedúnculo, estructura ubicada entre la espiga y la hoja bandera, se observa de color amarillo y el contenido de humedad de los granos es de alrededor de 30%. Después de este estado se debe esperar que el grano pierda humedad hasta llegar a no más de 14%, humedad máxima considerada para que el grano sea cosechado y comercializado (Silva, 2011).

Martin (s.f.), la fase de Llenado Efectivo del Grano tiene diferentes estados:

- El estado grano lechoso es cuando al presionar el grano se observa un líquido blanquecino pero las envolturas están formadas y el tamaño potencial del mismo, determinado.
- El estado de grano pastoso es cuando este comienza a perder su tonalidad verdosa, se amarillea y adquiere consistencia pastosa o granulosa en su endosperma.
- El estado de grano duro es cuando presionado el grano fuertemente con una uña, no se rompe pero se marca.

Es de resaltar que en el trigo la madurez fisiológica se define como el momento en el que se interrumpe el flujo de agua y nutrientes desde las distintas partes de la planta hacia el grano, a partir del estado pastoso, es decir, con una humedad de grano del 25 al 35 %, aunque es recomendable cosecharlo con humedades del 13 al 16 % (Moreno *et al.*, 2010).

2.8. Calidad del trigo

Felicitas (2012) menciona que la calidad del trigo, tanto en el aspecto tecnológico como productivo, está relacionado con la composición química del grano y esta a su vez con sus características varietales propias de cada genotipo y con los factores ambientales y del manejo del cultivo. El valor nutritivo está estrechamente ligado a la presencia de aminoácidos esenciales para la nutrición humana, principalmente lisina y metionina, limitantes del trigo (Anexo 1).

La proteína es un factor determinante en las características tecnológicas del trigo, tanto en cantidad como calidad. En la calidad juega un rol relevante las proteínas de reserva, específicamente las gliadinas y las gluteminas, que por mezclado por la acción del agua forman gluten. La gliadinas presentan propiedades de plasticidad y las gluteminas de elasticidad (Felicitas, 2012).

Zúñiga (2017) señala que la mayoría de los consumidores rechaza el color oscuro y el sabor ligeramente más amargo de harinas y productos derivados que incluyen la cáscara o el grano entero. Una opción sería fabricarlas a partir de trigo blanco, libre de los pigmentos y otras sustancias que originan esas características. Los panes elaborados con grano de trigo blanco tienen un color más claro que aquellos elaborados con trigo rojo, independientemente del porcentaje de grano entero utilizado en la formulación.

INIAF (2011) menciona que existen dos especies de trigo: el trigo harinero y el trigo duro. El trigo harinero se caracteriza por contener altos contenidos de gluten. El gluten confiere a la harina propiedades de cohesión y extensibilidad, importantes para la elaboración del pan.

El trigo duro se caracteriza por contener altos contenidos de semolina. La semolina confiere propiedades de cohesión a la masa para la elaboración de pastas (fideos, macarrones, etc). Esta cohesión, conferida por semolina, permite que las pastas mantengan su integridad durante la cocción. En Bolivia, ambas especies de trigo son importantes y el precio del trigo duro es doble del trigo blando (INIAF, 2011).

2.9. Factores que influyen en los rendimientos del trigo

Según Moreno *et al.* (2010) los factores que influyen en los rendimientos del trigo son varios: preparación, tipo de suelo y su fertilidad, riego, altas temperaturas, época de siembra, densidad de siembra, fertilización y el control de malezas.

El objetivo principal del laboreo es conseguir un estado físico favorable del suelo y eliminar las malas hierbas, para obtener una buena emergencia de los cereales, que son cultivos fáciles de implantar y cuya semilla está provista de elevadas reservas y buena germinación; debe realizarse la siembra en un lecho fino y húmedo (López, 1991) citado por (Moreno *et al.*, 2010).

Una adecuada preparación del terreno facilita la distribución de la semilla y del agua de riego, así como una buena germinación. La labranza del terreno depende de la rotación de cultivos, del tipo de suelo que se dispone y del método de siembra que se use; en dependencia de estas condiciones variará el número de labores a realizar en cada caso (Martínez *et al.*, 1984) citado por (Moreno *et al.*, 2010).

Según la investigación de Moreno *et al.* (2010) las altas temperaturas luego de la antesis produjeron una rápida senescencia del área foliar total por planta, debido a una drástica senescencia de las láminas, mientras que las vainas y pedúnculos se vieron afectados en menos medida. El aumento de la temperatura durante la etapa de llenado de granos produjo una disminución en el peso de estos, que no fue atribuida a una disminución en el contenido de asimilatos disponibles, encontrándose un efecto de la temperatura sobre el tamaño del grano.

La época de siembra es un factor importante para el éxito de cualquier cultivo, dado que el desarrollo de la planta en sus diferentes etapas de crecimiento se ve influido por las condiciones ambientales, unas veces favoreciéndola y otras perjudicándolas indica (Moreno *et al.* 2010). Una variedad sembrada fuera de su época disminuye su rendimiento en forma notable, además, está expuesta a otros factores climáticos adversos, presencia de enfermedades y ataques de plagas.

2.10. Fotoperiodo

Martin (s.f.) menciona que el fotoperiodo es un efecto de respuestas complejas que varían con la especie y con el estado fenológico. El estímulo fotoperiódico (duración del día), es percibido por las hojas y transmitido al ápice de crecimiento, por lo que se cree que las plantas pueden percibir dicho estímulo desde el momento de la emergencia. Impone un límite mínimo a la duración de la etapa vegetativa y asegura la formación de un número mínimo de hojas en el ápice de crecimiento.

El Trigo es aparentemente sensible desde la emergencia y el número mínimo de hojas coincide con el número de primordios iniciados a ese momento. La respuesta fotoperiódica se clasifica en relación a cómo afecta la tasa de desarrollo del cultivo y por lo tanto, la duración de las etapas fenológicas con relación al cambio en el Fotoperiodo (Martin, s.f.).

Moreno *et al.* (2010) señala que es posible clasificar a las plantas en cuantitativas de días largos cuando reducen el tiempo entre dos eventos ontogénicos ante aumentos en el fotoperíodo, en cuantitativas de días cortos cuando se incrementa la duración de una determinada etapa del desarrollo ante aumentos en el fotoperíodo. El trigo es una especie cuantitativa de días largos y se ha demostrado una influencia notoria del fotoperíodo desde la emergencia hasta la floración, no teniendo influencia durante el período de llenado de grano.

Debemos tener en cuenta que existen diversos factores que condicionan en cierta manera el desarrollo del cereal, se pueden delimitar dos grandes zonas de posible cultivo de este cereal que, a modo de anillos, envuelven al mundo a ambos lados del ecuador separados por una ancha faja intertropical. Por lo tanto la dimensión de estas dos áreas difiere ampliamente entre un hemisferio y el otro, como consecuencia de las diferencias climáticas. Los límites de latitud de dichas zonas son, aproximadamente, entre los 20 y 25° y los 40° en el hemisferio sur.

Por otro lado Moreno *et al.* (2010) afirma que el trigo es una planta anual de crecimiento invierno primaveral; por su gran diversidad genética está capacitado para crecer y reproducir en ambientes muy diferentes entre sí, siendo la razón de su alta difusión mundial. El trigo es un cultivo de estación fría, pero prospera en diferentes zonas agroclimáticas; su producción se encuentra entre los 30° y 60° de latitud norte y los 27° a 40° de latitud sur.

La investigación de Pilar (2015) menciona que el trigo puede salir adelante en cualquier tierra, aunque para lograr un buen rendimiento debe realizarse de manera adecuada el barbecho. España goza de muchas horas de luz y calor, pero las precipitaciones anuales no acompañan tanto. “Si tuviéramos la pluviometría de los países del norte y centro de Europa, España sería una potencia en trigo”. Nuestro producto está muy bien valorado debido, precisamente, al influjo del Sol, que imprime calidad al cereal.

Por otro parte Pilar (2015) resalta que la variedad y clima dentro del territorio constituyen una de las grandes causas que determinan los valores en la producción, suelos muy fértiles, la escasa incorporación de tecnología en la producción lo cual determina que este cereal se produzca de manera extensiva y en pocos sectores se lo hace intensivamente.

Urbano (1999) indica que el de fotoperiodismo (conjunto de fenómenos determinados por la duración del período de luz) la etapa de floración en muchas plantas depende de la longitud del día. Las plantas que requieren un período de luz largo para iniciar la floración superior a 14 horas se denominan de día largo.

Cuando la luz no es suficiente para un desarrollo normal las plantas tienden al ahilamiento (tallos se hacen altos y delgados) y presentar clorosis y malformación de hojas (...) en cuanto a la germinación, es más rápida en la oscuridad que a la luz (Urbano, 1999)

La biomasa total de los cultivos resulta de la acumulación neta del CO² asimilado durante todo el ciclo de crecimiento. Debido a que la asimilación del CO² resulta de la absorción de energía solar (radiación) y dado que ésta última está distribuida uniformemente sobre una superficie, los factores primarios que afectan la biomasa total son la radiación solar absorbida y la eficiencia de utilización de esa energía para la fijación del CO². Esto es un patrón eficiente para cultivos graníferos, en donde la mayoría del peso de la semilla proviene de la fotosíntesis luego de la floración (Gardner *et al.*, 1985).

2.11. Exigencias climatológicas

Mondoñedo *et al.* (1999), indica que el trigo se cultiva principalmente en zonas templadas. Sin embargo las plantas pueden crecer con altas temperaturas. La temperatura adecuada para el cultivo varía entre 15 y 31 °C. La óptima depende de la etapa de desarrollo. La temperatura mínima de crecimiento oscila de 3 a 4 °C, la óptima de 25 °C y la máxima de 30, además afirma que el cultivo necesita una cantidad de calor para cumplir su ciclo vegetativo (Carretero *et al.*, 2007).

Requiere una humedad relativa entre 40 y 70%; desde el espigamiento hasta la cosecha es la época que tiene mayores requerimientos en este aspecto, ya que exige una humedad relativa entre el 50 y 60% y un clima seco para su maduración, tiene unos bajos requerimientos de agua, la cantidad optima es de 400-500 mm. (SAGARPA, s.f.).

2.12. Exigencias de suelo

El cultivo prospera en suelos de textura media a pesada, de buena estructura y con un buen drenaje. En suelos arcillosos con mala aireación hay asfixia radicular en época de lluvia limitando su desarrollo, es tolerante a suelos salinos, su rendimiento es afectado cuando la conductividad eléctrica es mayor a 6mmhos/cm, se considera un pH de suelo óptimo de 5,5 a 7 aunque puede tolerar más y el porcentaje de saturación de aluminio <4 (Carrasco, 2005).

2.13. Requerimiento nutricional y fertilización

Antes de realizar cualquier tipo de fertilización es necesario efectuar un análisis de suelo completo para estimar el contenido de nutrientes disponibles y así formular un plan de fertilización adecuado para que cubra los requerimientos del cultivo, evitando de esta forma aplicar nutrientes innecesarios que además de generar un gasto adicional contribuyen a contaminar el ambiente (FUNDACION CHILE, 2011).

El nitrógeno es uno de los nutrientes más demandados por el cultivo y es uno de los elementos que normalmente limita la producción. El nitrógeno es requerido para la producción de materia seca, macollos, y es determinante en el rendimiento y la calidad, la mayor absorción del cultivo ocurre durante la etapa de encañado. Aplicaciones de nitrógeno entre embuche y floración de alrededor de 45 Kg N/ha. Aplicación de nitrógeno antes de primer nudo aumenta el rendimiento y la aplicación de nitrógeno después de primer nudo aumenta el contenido de proteína en el grano (Silva, 2011).

El trigo para 2.000 kg de grano necesita un requerimiento de 55 kg N/ha, de 25 kg P_2O_5 /ha y de 50 kg K_2O /ha (Chilon, 1997).

El fertilizante que va a utilizarse debe basarse en el análisis de suelo, sino dispone de este resultado el agricultor debe basarse en las recomendaciones básicas de la demanda del cultivo de trigo, el cultivo requiere 80 kg de Nitrógeno, 60 kg de Fosforo, 40 kg de potasio y 20 kg de Azufre (Garofalo *et al.*, 2011).

En regiones de producción intermedia, donde las lluvias varían de 400 a 600 mm y en cualquier tipo de suelo, se aconseja aplicar la fórmula (80, 40, 00) equivalente a 80 kg de nitrógeno y 40 de fósforo/ha. Mientras que en regiones de producción favorable, con precipitaciones mayores de 600 mm y con suelos ligeros se recomienda usar (100, 60, 00) equivalentes de nitrógeno y 60 de fósforo/ha (Moreno *et al.*, 2010).

Estos mismos autores plantearon que en caso de la fertilización nitrogenada, es importante incorporarla rápidamente al suelo, ya que si permanece destapada, se puede perder una parte cualquiera del fertilizante nitrógeno y sobre todo la urea; es conveniente que se aplique en dos etapas: al momento de la siembra y la otra mitad durante el macollamiento aproximadamente de 25 a 35 días después de la siembra.

2.14. Densidades de siembra

La densidad de siembra de una variable muy importante en la producción. Se recomienda para el cultivo a secano densidades de 60 a 200 kg/ha y con riego de 90 a 250 kg/ha. En zonas fértiles 200 kg/ha secano y 250 kg/ha en regadío. Se utiliza menos semillas en zonas áridas, en siembra temprana, en terrenos bien preparados y con sembradoras de precisión. La densidad de siembras más recomendada para los ciclos cortos, para lograr el óptimo rendimiento a secano es de 120 kg/ha de semilla (INTA, 2006).

La profundidad de siembra debe ser entre 3 a 5 cm y las semillas depositadas a mayor profundidad, dan origen a una emergencia más lenta, con plantas más débiles y con un menor número de macollos (FUNDACION CHILE, 2011).

2.15. Importancia a nivel mundial

Según Valle (2011), la producción de cultivos básicos para la alimentación mundial, como trigo y cebada enfrenta grandes desafíos relacionados con el aumento de la población mundial, la necesidad de una producción sustentable y el cambio climático global.

Por otro lado FAO (2010) señala que en 2010/11 los mercados mundiales de trigo han experimentado grandes turbulencias, derivadas principalmente de un déficit de producción imprevistos debidos a las condiciones atmosféricas desfavorables en algunos de los principales países productores.

La información de Panorama agroalimentario (2014) indica que la producción mundial de trigo creció a una tasa promedio anual de 1,7% entre 2001/02 y 2013/14. Destaca el mayor dinamismo en la producción de 2013/14, con un incremento a tasa anual de 8,6%. Este incremento es en respuesta al aumento en la producción de la Unión Europea.

El consumo de grano para uso industrial, humano y semilla aumentó en 2013/14 fue de 563,3 millones de toneladas, lo que representa un aumento de 2,6% respecto al ciclo anterior, en tanto el consumo para uso forrajero decreció en 5% a tasa anual. Por su parte, el consumo de trigo para uso humano se prevé que alcance las 485 millones de toneladas en 2014/15, es decir 1% más que el año previo (Panorama agroalimentario, 2014).

De acuerdo con el mismo autor los países en desarrollo representan la mayor parte del consumo de trigo para la alimentación humana con un consumo de 350 millones de toneladas, lo que representa el 50,5% del consumo total de trigo en el mundo. En tanto, para los países desarrollados se estima un consumo de trigo para uso humano de 135 millones de toneladas ligeramente superior al estimado para el ciclo anterior. En términos per cápita, para este grupo de países, se espera un consumo de 96 kilogramos al año por persona.

2.16. Importancia del trigo en Bolivia

El trigo es el cultivo más ampliamente cultivado a nivel global y representa una importante fuente de energía para la alimentación en Bolivia. El trigo es un rubropriorizado y estratégico para el país donde la producción nacional solo alcanza a cubrir alrededor del 30% de la demanda interna con rendimientos que fluctúan entre 0,6 a 1,6 toneladas por hectárea muy por debajo de los índices productivos de los países de la región (INIAF, 2014).

Bolivia no es autosuficiente en la provisión del trigo, a pesar que los granos de esta especie son un alimento básico de la población boliviana. La producción de trigo en Bolivia solo satisface el 30% de la demanda, el resto es importado de otros países. De este 30%, la mitad se produce en áreas tradicionales de la región occidental y la otra mitad en el oriente. En Cochabamba, el trigo se cultiva en 25.000 ha, con un rendimiento promedio de 0,8 tn/ha. Cochabamba aporta con el 26% a la producción nacional de trigo (INIAF, 2011).

La producción agrícola del cultivo de trigo en el 2015 indica que se obtuvo un rendimiento de 1.804 kg/ha. El precio pagado por EMAPA bajó de 490 \$us/tn (2014) a 285 \$us/tn (2015), lo cual genera un desincentivo para la producción (MDRyT, 2015).

La producción de trigo en Combaya es de 0,83 qq/ha donde la producción de los diferentes cultivos, la mayor parte de ellos se destina al mercado de Achacachi, la ciudad de La Paz y el Alto y la otra parte de la producción es para el autoconsumo (PDM, 2013).

El comportamiento de la producción, superficie y rendimiento de trigo de la campaña 2009 a 2016 se muestra en el Anexo 3, señala un rendimiento de 1.447,12 kg/ha, en la gestión 2011-2012 tuvo una situación crítica en la producción de trigo con un rendimiento de 915.52 kg/ha. Desde el 2012 la producción boliviana aumentó en el 2015-2016 con un rendimiento de 1.544 kg/ha con un incremento mayor comparado con a las demás gestiones (MDRyT, 2015).

2.17. Cosecha

Juárez, (s.f.) señala que la cosecha consiste en la recolección de la planta completa. Por ello, es necesario separar el grano de trigo del resto de sus partes y esto se lleva a cabo en dos operaciones el trillado y el venteado. Actualmente hay trilladoras mecánicas que realizan ambos procesos al mismo tiempo. También existen cosechadoras modernas capaces de realizar todas las operaciones de la cosecha.

Una vez trillado y almacenado el grano el principal factor que se debe de considerar es la humedad del grano, el cual debe estar entre 11% y 14% de humedad para evitar el crecimiento de hongos y la germinación del grano, por ese motivo se debe efectuar el secado del mismo, una de las formas de secar es la exposición al sol o uso de equipos de cierta complejidad (Valle, 2011).

2.18. Consumo

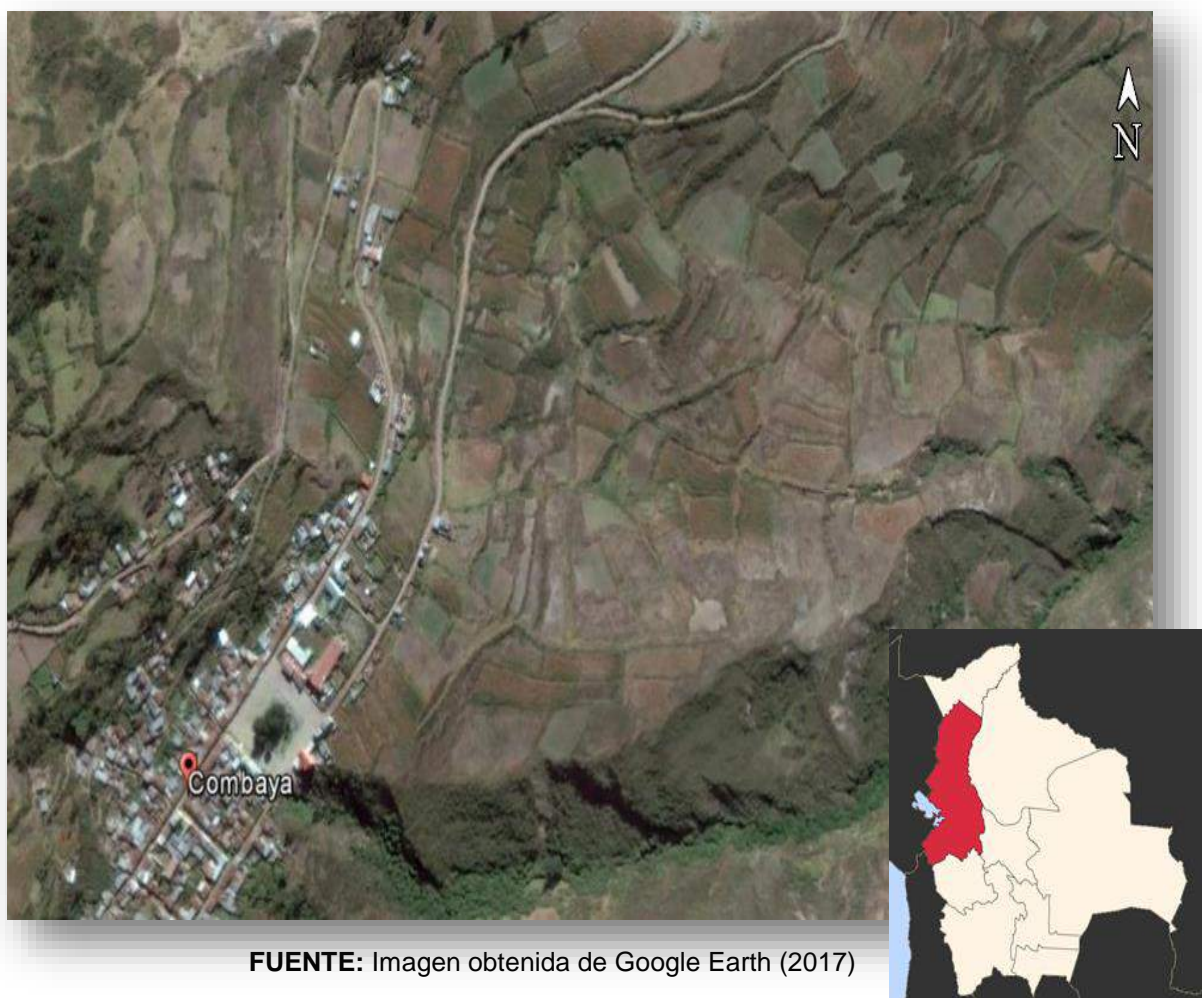
Valle, (2011) señala que la producción de cultivos básicos para la alimentación mundial, como trigo y cebada enfrenta grandes desafíos relacionados con el aumento de la población mundial, la necesidad de una producción sustentable y el cambio climático global.

En el Anexo 3 se presenta el balance de oferta y demanda del grano en toneladas, en Bolivia en el periodo 2010 obtuvo una producción de 241.648 tn con una importación de 332.572 tn teniendo una oferta de 574.221 tn, pero el consumo de grano de trigo es de 693.283 tn teniendo un déficit de la producción de trigo de 119.062 tn. En el periodo 2015 la producción de trigo tuvo un incremento superior al de las demás gestiones con 371.507 tn y con una disminución de la importación a 134.334 tn obteniendo una oferta de 505.851 tn con un consumo mayor comparado a la gestión 2010 con un déficit de 244.435 tn siendo mayor al de la gestión comparada debido a que la importación ha disminuido (MDRyT, 2015).

3. LOCALIZACIÓN

3.1. Ubicación geográfica

El estudio se realizó en el municipio de Combaya ubicado al nor oeste del departamento de La Paz en la provincia Larecaja, al cual es posible acceder a través de la carretera interprovincial La Paz – Achacachi (94 Km) y Combaya (32 Km) a una distancia total (126 Km) hasta la localidad de Combaya. Su latitud y longitud de acuerdo al sistema de coordenadas geográficas, el municipio de Combaya se ubica entre los 15°45'30" Latitud Sur 68°68'50" Longitud Oeste. El municipio ubicado en un transecto que oscila entre los 1.300 y 4.500 m.s.n.m. se cuenta con 98 km² (PDM, 2013). La topografía de la comunidad de Combaya esta formada con muchas zonas serranas y pequeñas planicies para la producción de papa, maíz y hortalizas.



FUENTE: Imagen obtenida de Google Earth (2017)

3.2. Características ecológicas

3.2.1. Características climáticas

Por su situación geográfica, el clima pertenece a la zona fría y caliente de acuerdo a la clasificación de Thornthwaite, corresponde a una zona microtermal (semicaliente frío) con humedad deficiente a seco en invierno y en primavera semiseco presenta una temperatura mínima promedio: $-3,8^{\circ}\text{C}$ en el mes de Junio, temperatura promedio anual: $15,03^{\circ}\text{C}$ y una temperatura máxima promedio: $22,4^{\circ}\text{C}$ en el mes de Diciembre. Presenta una precipitación pluvial media de 609 mm/año (PDM, 2013).

3.2.2. Humedad

La humedad relativa promedio/año es del 47%, los meses con mayor humedad relativa están entre Diciembre y Marzo época en la que las lluvias son más frecuentes y con mayor temperatura media generando que la humedad relativa promedio se incremente al 56% (PDM, 2013).

3.2.3. Suelos

Los suelos de la sección de Combaya están formados por un complejo de serranías altas y rocosas con pequeñas inclusiones de llanura, pie de monte y bofedales, por lo general cubiertos de pastos naturales con pequeñas áreas de cultivo de condición climática.

Se determinó la predominancia de los suelos siguientes; Orthenta, Ustalis, Aquenta, Hemist. Capacidad de uso VI,VIIIe,t,c,VI,e,c,Vh, los suelos desarrollados son variables: poco profundos y profundos, rojos oscuros a negros con una textura franco arcilloso con grava y piedra con pH que varía de neutros a suavemente alcalinos (PDM, 2013).

Por las condiciones edafoclimáticas, el pastoreo y los cultivos en surcos a favor de la pendiente generar una mayor incidencia de la erosión hídrica y eólica que afectan la fertilidad del suelo, provocado una disminución parcial de la flora y fauna microbiana que disminuye la oxigenación en los suelos y el intercambio de nutrientes entre el suelo y las plantas, de manera complementaria la falta de prácticas de recuperación de suelos hacen que la fertilidad de los mismos en los últimos años haya descendido sustancialmente (PDM, 2013).

3.2.4. Flora

La riqueza etnobotánica municipal presenta una diversidad muy amplia de vegetación, así en la zona alto andina la vegetación predominante es de tholas, kela kela, ñañahuaya y Cuchichí, en la zona de puna sobresalen la Kaylla, Chapillapha, Garbancillo, Chiji "Negro, Layo Layo, etc.

Entre otras plantas utilizadas destacan la thola, Quiswara, Lakuñaya, Cuchi cuchi, en artesanía; el Sik'i como alimento humana en época seca, destacando además especies forrajeras como la Chillihua, sicuya. etc. (PDM, 2013).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1. Material de gabinete

Para la realización de la tesis de investigación se utilizó:

- Material de escritorio
- Equipo de computación
- Calculadora
- Cuaderno de campo
- Programa de sistemas de información geográfica
- Programa estadístico infostat
- Cuaderno de campo

4.1.2. Materiales de campo

Para la toma de datos de campo se requirió:

- Picos
- Alambre de púas
- Cinta métrica
- Bolsas plásticas
- Semillas de trigo
- Saquillos
- Vernier
- Mochila fumigadora
- Insecticida químico estermin
- Cinta métrica
- Saquillos
- Chuntillos
- Hoz
- Balanza
- Marbetes
- Palos
- Urea (46-00-00)

4.1.3. Material de laboratorio

Para las pruebas de laboratorio se utilizó:

- Cajas Petri
- Balanza analítica
- Sobres
- Muestra de suelo 1kg.

4.1.4. Material genético

Para la investigación se utilizaron doce variedades de trigo:

- Tepoca T89
- Totorá 80
- Anzaldo
- Motacu
- Bolivia 2014
- Totorá 2014
- 32720 Sawyt
- 14032 Eswyt
- 31520 Sawyt
- 4022 Htyt
- Reedling
- Roelfs 2007

4.2. Metodología

4.2.1. Métodos de campo

1º. Muestreo del suelo

El muestreo del suelo se realizó en la parcela de siembra a una profundidad de 15 cm que es la capa arable, se tomaron 4 muestras de 1 kg de cuatro lugares diferentes, se agruparon las muestras realizando una mezcla homogénea del suelo y se extendió en papel madera para su posterior cuarteo, con la ayuda de un chuntillo se procedió a repartir la muestra en 4 partes iguales. Se procedió a escoger una muestra al azar en una bolsa de papel madera.

Con ayuda de una balanza se pesó el suelo hasta la obtención de 1kg, después de 24 horas se mandó el suelo al laboratorio IBTEN para su posterior análisis.

La muestra de suelo fue realizada de acuerdo a la recomendación de (AGROBANCO, 2012), zonas donde no se deben tomar las submuestras son en áreas recién fertilizadas, sitios próximos a viviendas, galpones, corrales, cercas, caminos, lugares pantanosos o erosionados, áreas quemadas, lugares donde se amontonan estiércol, fertilizantes, cal u otras sustancias que pueden contaminar la muestra.

2º. Preparación del terreno

La remoción manual del suelo de 10 a 15 cm de profundidad, empleándose herramientas como pala, picota, rastrillo para dejar el suelo uniforme para la siembra.

3º. Siembra

El 27 de enero del 2016, la siembra de las semillas se realizó al voleo en los surcos, la distancia entre surcos empleada fue de 20 cm y a 5 cm de profundidad máxima. Se utilizó una densidad de 120 Kg/ha en las doce variedades de trigo (Tepoca T89, Totorá 80, Totorá 2014, Anzaldo, Motacu, Bolivia 2014, 32720 sawyt, 14032 Eswyt, 31520 Sawyt, 4022 htyt, Reedling, Roelfs 2007), con tres bloques. Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 4m² y se empleó un área de 168 m², el diseño empleado fue bloques completos al azar, bloqueando la pendiente.

La densidad de siembra fue elegida de acuerdo a (Mondoñedo, 1999) señala que la profundidad a sembrar es hasta 6 cm si la tierra está muy seca en la superficie, si aumenta la profundidad se corre el riesgo de disminuir la uniformidad de germinación.

De acuerdo a FUNDACION CHILE (2011), la importancia de la época de siembra radica en que existen variedades con diferentes requerimientos térmicos para emerger, generar macollos productivos, y pasar de etapa vegetativa a reproductiva. Siembras fuera de la fecha recomendada implican menores resultados productivos. La fecha de siembra también se ajusta para que el espigameineto y floración ocurra cuando ha pasado el periodo de heladas.

4º. Determinacion de la pendiente

Nuestro factor bloqueado es la pendiente, se lo determinó la misma por el método indirecto señalado por (Orsag, 2010), se colocó en la parte alta un extremo del cordel apoyado sobre el suelo que tuvo una longitud de 2 m (horizontalmente, burbuja al centrada), en el extremo inferior del cordel se utilizó otra cuerda de forma vertical, con ayuda de una plomada. Se procedió a medir el desnivel existente entre el borde del cordel en el aire y el cordel de la superficie del suelo (altura).

Se obtuvo como resultado 25% de pendiente con ángulo de 14º, según (Chilon, 1997) es una pendiente moderadamente inclinado con un rango de calificación de 60 a 74%, teniendo un rango aceptable para cultivos.

5º. Cercado

Se realizó el cercado del área de estudio por bloques con lana de yute para la protección de la investigación utilizando 10 unidades del material, evitando así el ingreso de animales que puedan afectar el rendimiento del material de estudio.

6º. Aporque del cultivo

Se observó el inicio de macollamiento, tomando como medida el aporque de la planta para que pueda generar mayor cantidad de macollos, con la ayuda de un chuntillo, con esta práctica realizó el desmalezado a una profundidad de 10 cm. y la eliminación de plagas existentes en la parcela de investigación (Anexo 30).

7º. Toma de datos

Para la obtención de datos se realizaron 180 marbetes de diferente color con sus respectivos datos para cada tratamiento de investigación, se seleccionaron 5 plantas al azar por tratamiento y se colocaron sus respectivos marbetes para realizar la toma de datos de las muestras. Se realizó la toma de datos en el cuaderno de campo y se midió cada semana las respectivas variables de respuesta.

8º. Fertilización nitrogenada

El cultivo de trigo requiere fertilización nitrogenada durante gran parte de su desarrollo, sin embargo la mayor demanda se manifiesta a partir del inicio de encañado hasta la antesis y algunos días después de la espigación.

García y Díaz (2001), indican que el nitrógeno es el nutriente más limitante del crecimiento en trigo, el de mayor impacto sobre el rendimiento, y junto con las condiciones ambientales, el factor que ejerce mayor influencia sobre la proteína del grano por lo que es un insumo fundamental en el sistema de producción intensiva.

La aplicación se realizó en la etapa de macollamiento junto con el desmalezado del cultivo, se aplicó una dosis de 98 kg/ha de UREA con su respectiva eficiencia del fertilizante nitrogenado que es del 80%, el suelo contaba con una cantidad de nitrógeno de 19 kg/ha con su respectivo coeficiente de asimilación de plata, para cumplir los requerimientos nutritivos del cultivo. Los cuales se detallan en el Anexo 8.

Fernández (1984) señala la importancia de la urea, es un fertilizante químico de origen orgánico. Entre los fertilizantes sólidos, es la fuente nitrogenada de mayor concentración (46%), siendo por ello de gran utilidad en la integración de fórmulas de mezclas físicas de fertilizantes, dando grandes ventajas en términos económicos y de manejo de cultivos altamente demandantes de nitrógeno (N).

El autor mencionado anteriormente indica que en el suelo el amonio sirve de substrato o alimento para diversos microorganismos, dentro de los cuales un grupo de bacterias, en especial las del género *Nitrosomonas*, tienen notoria importancia. Estas bacterias toman el amonio y lo oxidan a nitrito, el que puede ser absorbido por las plantas y otro grupo de bacterias que oxidan los nitritos a nitratos, los cuales a su vez, son liberados a la solución (...) los nitratos generados pueden ser absorbidos por las plantas o lixiviados, es decir, arrastrados con el agua en profundidad, ya que, a diferencia del amonio, no son retenidos por las partículas del suelo.

9º. Control de plagas

Se realizó una inspección de la parcela de estudio durante el inicio de macollamiento. Se observó la presencia de pulgón verde (*Schizaphis graminum*) en la etapa de inicio de llenado y maduración de granos.

La presencia esta plaga aumentaba a medida que se desarrollaba la maduración del grano así que se procedió al uso de bioinsecticida natural para controlar esta plaga evitando así un daño es la planta. Para la preparación del insecticida se utilizó tabaco Astoria, 6 cigarrillos por litro de agua, se aplicó a la parcela con ayuda de un roseador específicamente en el área de la espiga.

Transcurrido ocho días se observó que la presencia de la plaga se mantenía constante, o presentaba una mínima disminución. Para evitar el daño en la planta se procedió a utilizar el insecticida químico estermin (Anexo 36).

También se identificó la presencia mínima de aves y grillos en el proceso de toma de datos y cosecha, pero la presencia de estas plagas no afectó el resultado de llenado y rendimiento del trigo.

10º. Control de malezas

Se procedió al deshierbe manual del terreno a los 21, 28 y 32 días después de la siembra, para evitar el crecimiento de las mismas y evitar la competencia de nutrientes y agua entre el cultivo y las malezas, es conveniente hacer el desmalezado correspondiente cuando estas plantas se encuentran con un tamaño pequeño por la facilidad de extracción. Los posteriores controles se realizaron al inicio de encañado e inicio de espigacion, se controló la parcela de trigo adecuadamente y se encontró la presencia de: Coa (*Satureja sp*), Chilca (*Braccharis salicifolia*), Diente de león (*Taraxacum officinale*), Raigrás anual (*Lolium multiflorum*), Chilca (*Braccharis salicifolia*), Chijichipi (*Tajetes pusilla*), Mancapaqui y el kikuyo.

11º. Cosecha

La cosecha se realizó de manera manual de acuerdo a la evolución de la madurez que presentaba cada unidad experimental es decir cuando el grano de la planta presentó el color típico amarillo blanquecino, el cegado se realizó con hoz realizándolo por tratamiento, y posteriormente se realizó el secado, el trillado y la limpieza de grano. Se tuvo cuidado prevenir la pérdida de granos durante el desgrane.

4.3. Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y doce tratamientos, bloqueando la pendiente, con la variable de respuesta principal rendimiento en grano de trigo.

Se implementó este tipo de diseño experimental en campo por el factor pendiente, de acuerdo a (Ochoa, 2009) se aplica este diseño cuando se admite una serie de heterogeneidad del lugar experimental, admitiendo una mayor heterogeneidad en el material de estudio.

En el caso de experimentos agrícolas los bloques deben extenderse a lo largo de la gradiente y las parcelas o unidades experimentales dentro de los bloques deben disponerse perpendicularmente respecto a la gradiente (Ochoa, 2009), según la recomendación señalada los bloques estuvieron perpendicularmente a la pendiente.

4.4. Factor de estudio

Corresponde a doce variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.).

4.5. Modelo lineal aditivo

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Rendimiento

μ = Media general

β_j = Efecto de k-esimo bloque pendiente

α_i = lesimo efecto del tratamiento

ε_{ijk} = Error experimental

TRATAMIENTOS

(VARIEDAD)

V_1 = Tepoca T89

V_7 = 32720 Sawyt

V_2 = Totora 80

V_8 = 14032 Eswyt

V_3 = Anzaldo

V_9 = 31520 Sawyt

V_4 = Motacu

V_{10} = 4022 Htyt

V_5 = Bolivia 2014

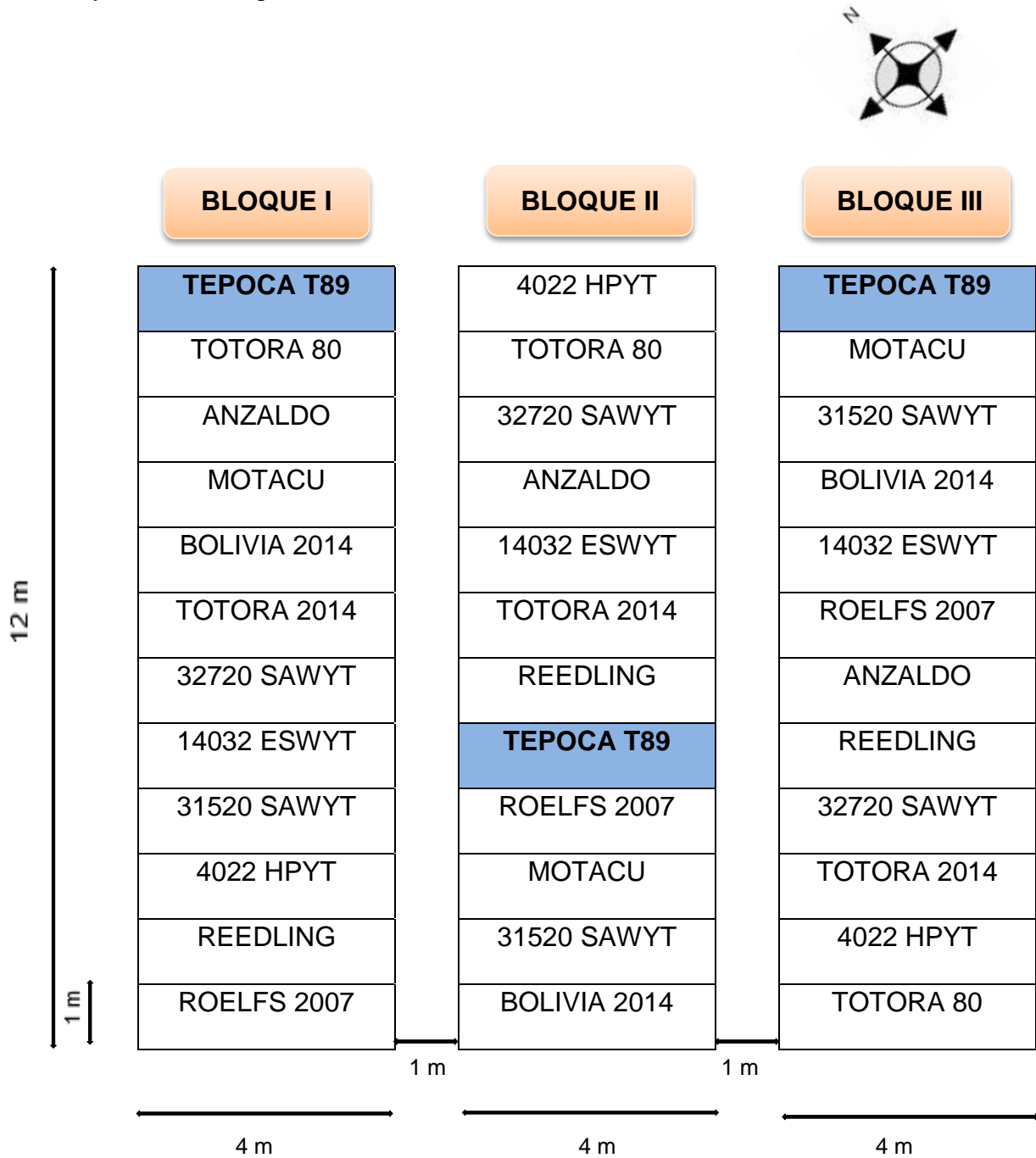
V_{11} = Reedling

V_6 = Totora 2014

V_{12} = Roelfs 2007

4.6. Croquis de la investigacion

La parcela de estudio en la localidad de Combaya tuvo la dimencion de 14 x 12 m con un area de 168 m², el espacio entre bloques fue de 1 m, los tratamientos se distribuyeron de la siguiente manera:



ESCALA: 1:100

4.7. Variables de respuesta

Estas variables fueron evaluadas tomando en cuenta el efecto de bordura. El estado fenológico se determinó cuando más del 50% de las plantas por tratamiento alcanzaron las respectivas etapas fenológicas.

4.7.1. Variables fenológicas

➤ Días de emergencia

Los días a la emergencia se evaluaron a partir de la fecha de siembra, hasta la fecha en que más del 50% de las plantas emergieron por unidad experimental.

➤ Días a la floración

Se tomaron datos a partir del día de siembra hasta el momento en que por lo menos el 50% de la población alcanzaron la floración de cada unidad experimental.

➤ Días a la madurez

Se consideraron los días desde la siembra hasta el momento en que más del 50% de los granos de trigo pasaron la etapa de endurecimiento de grano, en donde el grano pasa de estado pastoso a endurecer.

4.7.2. Variables agronómicas

➤ Número de macollos/ planta

Se contabilizó el número de macollos de cinco plantas por tratamiento escogiéndolas al azar y tomando sus respectivos datos.

➤ Número de plantas por metro cuadrado

Los datos se tomaron a los 120 días después de la siembra, enmarcando una muestra de un metro cuadrado, ubicado en el centro de la unidad experimental en la cual se contabilizó el número de plantas por metro cuadrado en cada tratamiento.

➤ **Número de espigas por metro cuadrado**

Se estimó un metro cuadrado en el centro de cada unidad experimental y se contabilizó el número de espigas por metro cuadrado.

➤ **Altura de planta (cm)**

La altura de planta se midió con una cinta métrica, desde la base de la planta hasta la espiga, sin considerar arista o barba.

➤ **Longitud de espiga (cm)**

Se determinó la longitud de espiga con ayuda de una cinta métrica, exceptuando la barba de la espiga o arista.

➤ **Número de espiguillas por espiga**

Se contabilizó el número de espiguillas en la espiga desde el inicio del espigamiento hasta culminar su crecimiento, se midió desde el tallo principal de la planta de las cinco muestras por tratamiento obteniendo un total de 180 muestras de los tres bloques.

➤ **Número de granos por espiga**

Se recolectaron cinco plantas que contaban con su respectivo marbete por tratamiento para determinar el número de granos presentes, se lo depositó en un sobre manila para su conservación y evitando pérdidas. Se realizó el trillado manualmente a cada espiga y se contabilizaron el número de granos.

➤ **Posición de espiga**

La posición de espiga se determinó a través de los descriptores utilizados por el Programa Nacional de Trigo, el cual se muestra en el Anexo 9.

➤ **Longitud de arista**

La longitud de arista se determinó con ayuda de una cinta métrica, midiendo cinco plantas por tratamiento.

➤ **Densidad de espiga**

La densidad de espiga se determinó a través de los descriptores utilizados por el Programa Nacional de Trigo, el cual se muestra en el Anexo 9.

➤ **Tipo de grano**

El tipo de grano, se determinó a través de los descriptores utilizados por el Programa Nacional de Trigo, el cual se muestra en el Anexo 9.

➤ **Tamaño de grano**

El tamaño grano, se determinó con la ayuda de un calibrador utilizando (vernier), se midieron 10 granos por tratamiento y a través de los descriptores utilizados por el Programa Nacional de Trigo, el cual se muestra en el Anexo 9.

➤ **Color de grano**

El color de grano, se determinó a través de los descriptores utilizados por el Programa Nacional de Trigo, el cual se muestra en el Anexo 9.

➤ **Peso de grano (1000 unidades)**

Previamente se realizó el conteo de 1000 unidades de grano para cada tratamiento con el propósito de poder comparar el peso que posee cada variedad y poder realizar los datos estadísticos, se pesó en una balanza analítica.

➤ **Precocidad**

El color de grano de trigo, se determinó a través de los descriptores utilizados por el Programa Nacional de Trigo, el cual se muestra en el Anexo 9.

➤ **Reacción al acame y reacción al desgrane**

La reacción acame y reacción al desgrane se determinó a través de los descriptores utilizados por el Programa Nacional de Trigo, el cual se muestra en el Anexo 9.

➤ **Calificación agronómica**

La calificación agronómica se determinó realizando una visualización del fenotipo por tratamiento y realizando su respectiva calificación a través de los descriptores utilizados por el Programa Nacional de Trigo, el cual se muestra en el Anexo 9.

➤ **Peso hectolitrico**

Para calcular el peso hectolitrico (kg/hl) se midió en un volumen de 50 ml, con ayuda de una pipeta se aumentó agua medida hasta llegar al ras del vaso para poder tener el volumen total que es de 75 ml, se procedió a depositar la semilla hasta el ras del vaso y con una regla de metal se pasó por el borde para poder eliminar el exceso de semillas. Teniendo así el volumen de semillas, seguidamente se pesó en la balanza el contenido de semillas del respectivo volumen, restándole el peso del vaso utilizado (Anexo 52).

➤ **Rendimientos en grano (kg/ha)**

Una vez cosechado secado y trillado se procedió a la limpieza del trigo por venteado, con el fin de eliminar todas las impurezas como ser residuos de la plantas, para obtener el peso total de granos encontrados por tratamiento, se obtuvo el rendimiento por unidad experimental transformado en Kg/ha (Anexo 54).

4.8. Datos meteorológicos

Los datos meteorológicos de temperatura, precipitación, humedad relativa que se registraron durante el desarrollo del ensayo y los datos de un periodo de cinco años atrás fueron obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) se muestran en el Anexo 5.

4.9. Análisis de suelos

Para el análisis de suelo, se llevó la muestra al laboratorio IBTEN para la determinación de las propiedades físicas y químicas de la muestra de estudio que se detallan en el Anexo 55.

4.10. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa INFOSTAT. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan, a un nivel de probabilidad del 5% para poder conocer si existen diferencias significativas entre las medias.

Para la interpretación de resultados de Duncan se tuvo en consideración, cuando dos o más promedios están unidos por la misma línea o identificados por la misma letra, indica que no existe diferencia entre esos promedios (Ochoa, 2009).

5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente estudio y la discusión de los mismos se presentan a continuación.

5.1. Influencia de las condiciones climáticas

El cultivo de trigo es influenciado por varios factores siendo los más importantes la precipitación, temperatura y la humedad relativa, para su desarrollo y buena productividad, estos factores fueron registrados en la estación meteorológica de Sorata durante el tiempo de desarrollo del cultivo correspondiente a los meses de enero a junio del 2016.

5.1.1. Precipitación

En el momento de la siembra se requiere una adecuada precipitación, en el periodo 2016 se tuvo una menor precipitación con respecto a promedio de las anteriores 5 gestiones.

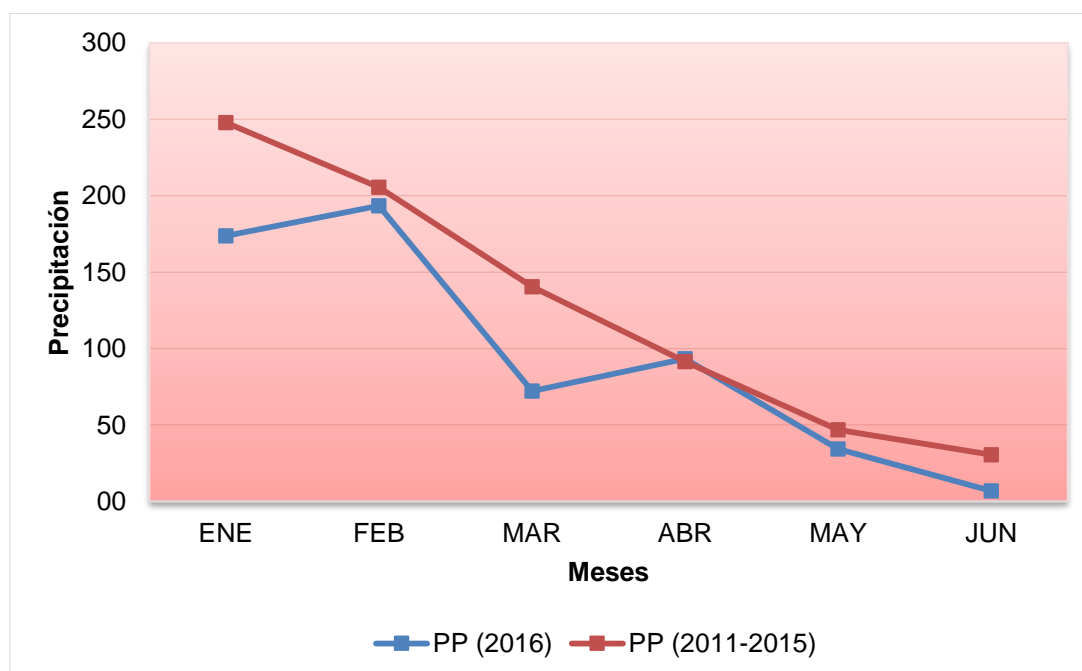


Gráfico 1. Precipitación comparativa entre el periodo (2011 – 2015) y (2016)

Los registros de precipitación se muestran en el Gráfico 1, con un promedio acumulado de 573,5 mm, destacando un periodo de mayor precipitación entre enero y febrero, mientras que en mayo y junio se observa un ambiente relativamente seco, así mismo la precipitación registrada durante el periodo de investigación expresa un comportamiento casi similar a los promedios obtenidos en la zona durante las últimas 5 gestiones (2011-2015) se alcanzó una precipitación acumulada de 763 mm, esta precipitación comparada con la gestión 2016 expresa una diferencia de 189,5 mm.

El mes que presentó una menor precipitación fue marzo, donde se inicia la etapa de macollamiento y se requiere mayor cantidad de agua.

La precipitación baja en la etapa de macollamiento afecto negativamente al cultivo de trigo en el rendimiento esperado. Durante la investigación la precipitación acumulada fue de 399,8 mm que está cerca de la cantidad recomendada.

Júarez (1989) indica que las respuestas de las plantas al estrés hídrico dependen en gran medida de la fase fenológica en la cual se produce el déficit hídrico. En general durante la fase generativa los efectos del estrés son mayores para el caso de los cereales, ya que en gran medida reduce la producción en granos. La magnitud y alcance de esta sequia estacional, decide en forma sustantiva el volumen de la cosecha.

Según el análisis de previo de caracterización del área y del régimen climático, quedó marcada la gran variabilidad que puede presentarse de un año a otro, con una alternancia de un régimen subhúmedo al arídico como extremos, indica (Júarez, 1989).

La resistencia a la sequía desde el punto de vista agronómico es mejor definida como la habilidad de la planta para minimizar las pérdidas en el rendimiento ocasionadas por una escasa disponibilidad de agua en el suelo. De acuerdo a este concepto la variedad más resistente al estrés no será necesariamente la más productiva en condiciones de sequía, sino la que disminuye en menor proporción el rendimiento respecto del testigo (Júarez, 1989). Finalmente indicar que el cultivo de trigo requiere una cantidad optima de 400-500 mm (SAGARPA, s.f.).

5.1.2. Temperatura

La temperatura es un factor muy primordial en el cultivo de trigo, pues se encuentra estrechamente ligada con la duración de la fase vegetativa, la cual presenta un comportamiento muy variable. La temperatura mínima registrada fue de 2,6 °C en el mes de junio donde la planta estaba en una etapa de maduración de grano; la temperatura mínima adecuada de crecimiento oscila de 3 a 4 °C, es decir que la temperatura fue menor a la requerida es probable que se espere efectos adversos en el comportamiento fenológico del cultivo. En la comunidad de Combaya la temperatura mínima promedio es 3,8 °C en el mes de junio.

En el Gráfico 2, se muestra que la temperatura máxima fue de 24,5 °C en el mes de marzo en la etapa fenológica de macollamiento, que se encuentra en los rangos menores 30 °C. La baja precipitación y la alta temperatura pueden influir en la proliferación de macollos.

La temperatura óptima para el cultivo es de 25 °C las temperaturas registradas de los seis meses se aproximan a la temperatura óptima. En la localidad de Combaya la temperatura máxima es 22,4 °C en el mes de diciembre.

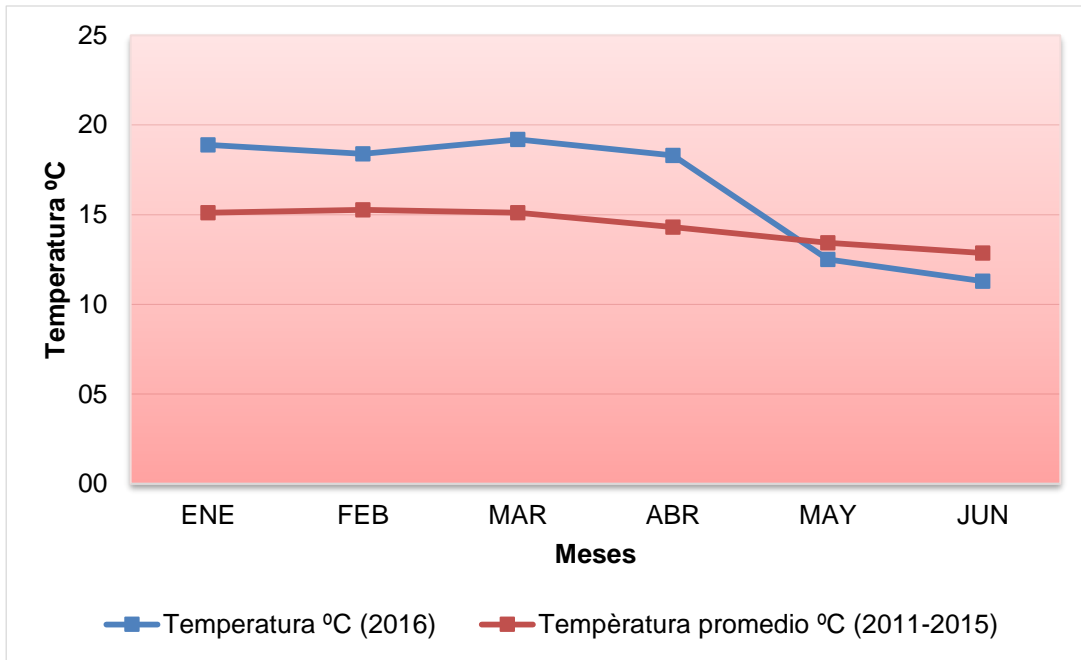


Gráfico 2. Temperaturas máximas y mínimas durante el periodo del ensayo

La temperatura registrada en el ensayo no tuvo un gran efecto del rendimiento, se encontró en los rangos requeridos para el desarrollo del cultivo, además Carretero *et al.* (2007) afirma que el cultivo necesita una cantidad de calor para cumplir su ciclo vegetativo.

En el Gráfico 2, se observa que la temperatura promedio de la gestión (2011-2015) ha variado con respecto a la gestión 2016, una diferencia de 2,9°C en el mes de enero, las temperaturas presentan un incremento en esta gestión hasta el mes de abril, la diferencia entre las temperaturas anteriores con la actual pueden hacer variar el resultado del rendimiento de la planta al incidir en su fenología y crecimiento.

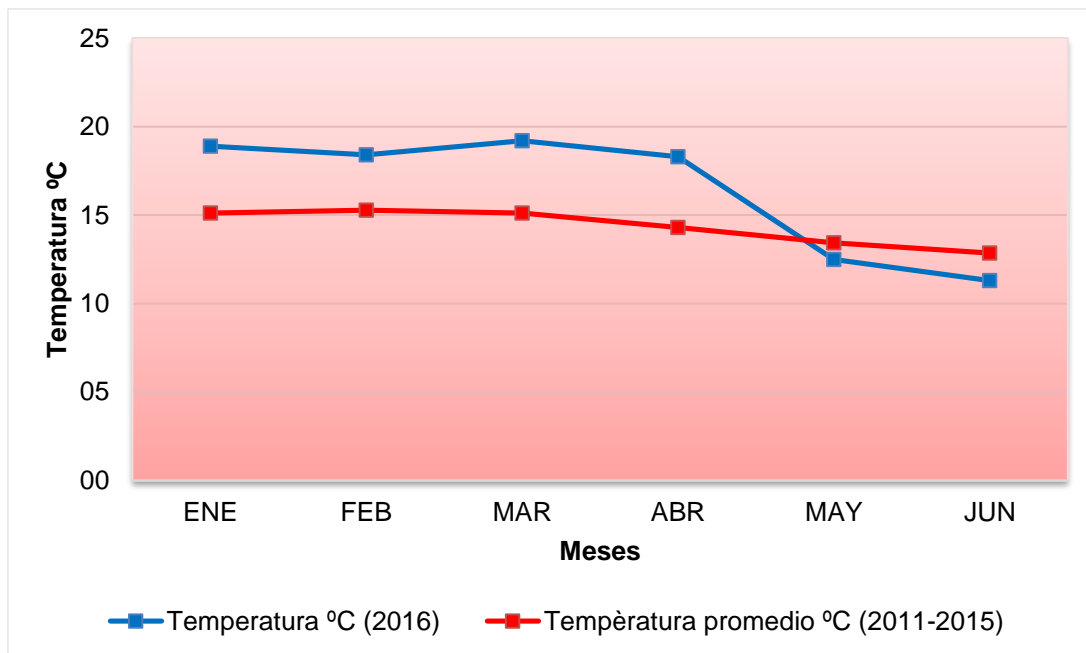


Gráfico 3. Temperatura media entre el periodo (2011 – 2015) y (2016)

En el Gráfico 3, se puede observar la diferencia que presentan las temperaturas medias en los primeros cuatro meses, en los cuales la temperatura tuvo un incremento diferenciado de 3,7 °C. En los meses de mayo y junio presentó una temperatura media menor al promedio de las gestiones (2011-2015) de 0,9 y 1,6 °C respectivamente.

Este cambio de temperatura entre las gestiones puede influir en la evaluación agronómica de las variedades en investigación y puede producir diferencias en los resultados entre una gestión y otra.

Por otra parte podemos resaltar el efecto del fotoperiodo, la importancia de este factor en el cultivo de trigo, la comunidad de Combaya debido a que es un valle interandino la neblina esta presente hasta las siete u ocho de la mañana en los primeros meses del año, motivo para que la duración del fotoperiodo es menor.

El trigo es aparentemente sensible desde la emergencia y el número mínimo de hojas coincide con el número de primordios iniciados a ese momento. La respuesta fotoperiódica se clasifica en relación a cómo afecta la tasa de desarrollo del cultivo y por lo tanto, la duración de las etapas fenológicas con relación al cambio en el fotoperíodo (Martin, s.f.).

Según realizado por Escobari (2000) señala que la zona de los Valles Interandinos tiene comportamiento topoclimático, la influencia de la topografía incide en la radiación solar, la presencia de montañas, valles, colinas sobre los vientos llevan a una modificación en la cantidad de precipitación.

5.1.3. Humedad relativa

La humedad relativa registrada durante el desarrollo del ensayo se aprecia en el siguiente gráfico.

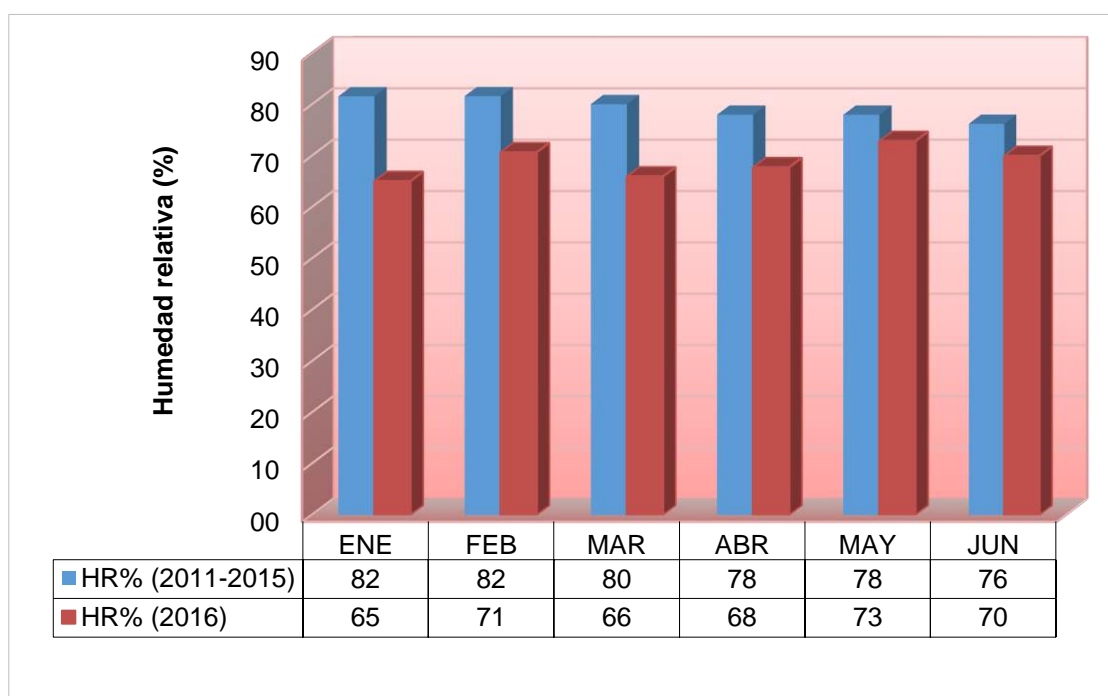


Gráfico 4. Humedad relativa registrada durante el desarrollo del ensayo

La variación de humedad relativa en el periodo 2016 oscila entre 65,1% a 72,9 % teniendo la humedad relativa que oscila entre los rangos óptimos que se requieren desde el espigamiento hasta la cosecha que son de 60% a un 70%.

El mes con menor humedad relativa corresponde al mes de enero, luego existe un comportamiento casi ascendente hasta llegar al máximo nivel de humedad relativa en el mes de mayo.

Así mismo la humedad relativa durante el periodo de la investigación expresa un comportamiento con una diferencia a los promedios obtenidos en la zona durante las últimas 5 gestiones 2011 a 2015, donde la humedad relativa mínima fue de 76,02% en el mes de junio en comparación a la gestión durante el desarrollo del ensayo presenta una humedad de 72,9%, con una diferencia de 3,12%. Las gestiones anteriores presentan una humedad máxima de 81,62% al contrario de la humedad del periodo de estudio de 65,1% en el mes de enero con una diferencia amplia de 16,52%, en el periodo de emergencia es fundamental la humedad relativa que influye en la germinación.

La humedad durante el periodo de ensayo presentó un promedio de 68,8% y el promedio de las anteriores gestiones es de 78,9% con una diferencia de 10,2% tiene una diferencia amplia entre las gestiones y pueden incidir en el cultivo de estudio. La humedad relativa obtuvo un efecto en el rendimiento del cultivo de trigo, afectando principalmente en la etapa de macollaje.

Las variaciones espaciales de la humedad relativa están influenciadas por la presencia de barreras naturales que se levantan en zonas intermedias de la cuenca y cambian su comportamiento, humedad relativa es elevada debido a obstáculos que hacen que la humedad no pase hacia las otras laderas (Escobari, 2000).

5.1.4. Análisis físico y químico del suelo

El área experimental presenta las siguientes características físicas y químicas, que presentan hasta los 15 cm de profundidad (profundidad radicular efectiva).

En cuanto a los indicadores físicos del suelo se puede observar que este presenta una textura franco arcillo arenoso (FYA), con una proporción de arena de 52%, arcilla 27%, limo 21% y grava de 41,48%. El cultivo de trigo prospera en suelos de textura media a pesada, de buena estructura y con un buen drenaje (Orsag, 2010).

Los suelos con proporciones equilibradas de arena limo y arcilla en general son suelos de mejor fertilidad natural debido a que existe una mejor relación entre los poros capilares (encargados de retener agua). Como los suelos arenosos predominan poros gruesos en general retiene poca agua (Orsag, 2010).

El pH del suelo es de 6,13 que se encuentra en el rango aceptable para el cultivo de trigo el valor es aceptable que es alto 5,5 a 7. El pH en el suelo afecta la estructura, porosidad y la mayoría de los nutrientes son más disponibles en condiciones neutras. En cuanto en materia orgánica presenta 1,25%, según a la categoría de disponibilidad de nutrientes en suelos de trigo presentado en el Anexo 47. la materia orgánica tiene un contenido bajo, este elemento influye en la estructura, porosidad del suelo, movilidad de aire y su temperatura, los suelos que presentan contenidos de materia orgánica por debajo de los 2% tienen una fertilidad baja (Orsag, 2010).

El resultado de la acidez de cambio (Al+ H) de 0,08 meq/100g; calcio de 7,88 meq/100g; magnesio 4,03 meq/100g; sodio 0,30 meq/100g y potasio 0,23 meq/100g, con una Capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 12,52 meq/100g. Los suelos con mayor cantidad de materia orgánica tienen mayor capacidad de intercambio catiónico, los suelos que tienen un CIC por debajo de 12 cmol(+)/kg tiene una fertilidad pobre debido a la escasa capacidad de retener agua (Orsag, 2010).

Presenta un nitrógeno total de 0,21% hallado por el método de kjeldahl donde los rangos de calificación de 0,1 a 0,2 % tiene un contenido medio de nitrógeno total (Chilon, 2013).

El cultivo de trigo requiere un promedio de 100 a 180 mg/kg de potasio, si presenta valores menores a 90 mg/kg son contenidos bajos. Según el análisis realizó el suelo contiene 89,7 mg/kg de potasio, según el Anexo 55, presenta un déficit del macronutriente que puede influir en su rendimiento.

El contenido medio de fosforo es de 21 a 35 mg/kg, valores menores a 20 mg/kg presenta bajo contenido de (P), en el análisis se obtuvo el valor de 19,6 mg/kg (P) que nos señala que hay deficiencia de este macronutriente.

Presenta un porcentaje de saturación de 99,4% que es mayor a 50% es decir que la fertilidad no se ve afectada por el incremento de la acidez del suelo debido al aumento de H, Al, Fe.

La presencia de sales en exceso en el suelo, particularmente por encima de 4 dS/m, perjudica el crecimiento de las plantas, los suelos libres de sales en zonas húmedas o con cantidades menores a 4 dS/m presentan una mejor fertilidad natural (Orsag, 2010), en nuestro análisis de suelos tenemos una conductividad eléctrica es de 0,021 dS/m menor al rango promedio, es decir presenta una fertilidad adecuada.

Si el porcentaje de sodio intercambiable excede al 15% de su CIC el suelo sufre un desequilibrio en su fertilidad, debido a afectos de NA sobre el deterioro de las propiedades físicas, un aumento del Ph y disminución de la actividad microbiana (Orsag, 2010), en el análisis de suelo realizado tiene un valor de 2,39% es decir que presenta un equilibrio adecuado.

El cultivo de trigo presenta una demanda de 55 Kg N/ha, pero realizando los cálculos correspondientes del suelo donde se realizó la siembra contenía 19 Kg N/ha, para aportar en contenido de nutrientes faltantes se utilizó el fertilizante UREA 36 Kg N/ha para completar la deficiencia de este nutriente Anexo 8.

La región de los valles interandinos es el lugar con mayor erosión menciona Escobari (2000) y su topografía y la morfología de las rocas y suelos le dan una situación ecológica inestable. En la zona de los valles, uno de los problemas más serios es la erosión de los suelos, debido al escurrimiento superficial en tiempo de lluvias, las fuertes pendientes de los taludes y las prácticas de uso de suelo no apropiadas.

5.2. Variables fenológicas

Las variables de respuesta medidas en el trabajo experimental fueron tomadas en cuenta de acuerdo a los descriptores usados por el Programa Nacional de Trigo (INIAF), siendo las principales variables las siguientes:

5.2.1. Días a la emergencia

La emergencia se caracteriza por la formación de la radícula o del coleoptilo en el embrión que llega a germinar. Se observó que esta fase vegetativa en las variedades de estudio está entre los $6 \pm 0,58$ a $11 \pm 0,58$ días.

En el análisis de varianza desarrollado en la Tabla 1, para días a la emergencia se muestra que no existen diferencias significativas entre los bloques, es decir que la pendiente no influyó en la emergencia. Por otro lado para variedades se muestra que existen diferencias altamente significativas que tuvieron efecto en la emergencia. El coeficiente de variación fue de 3,73 % que nos dio a conocer que los datos obtenidos son confiables.

Tabla 1. Análisis de varianza para días a la emergencia

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	0,01	2	0,01	0,49	0,6167 NS
VARIEDAD	1,73	11	0,16	13,21	<0.0001 **
Error	0,26	22	0,01		
Total	2,00	35			

C.V.= 3,73% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

Para determinar la diferencia entre las medias de días a la emergencia se realizó las comparaciones de medias mediante la prueba de Duncan que se presenta en el Gráfico 5, Tepoca T89 con un promedio de $6 \pm 0,58$ días fue la variedad que reportó el menor número de días de emergencia. Por otra parte, la variedad Motacu presentó una emergencia tardía con $11 \pm 0,58$ días.

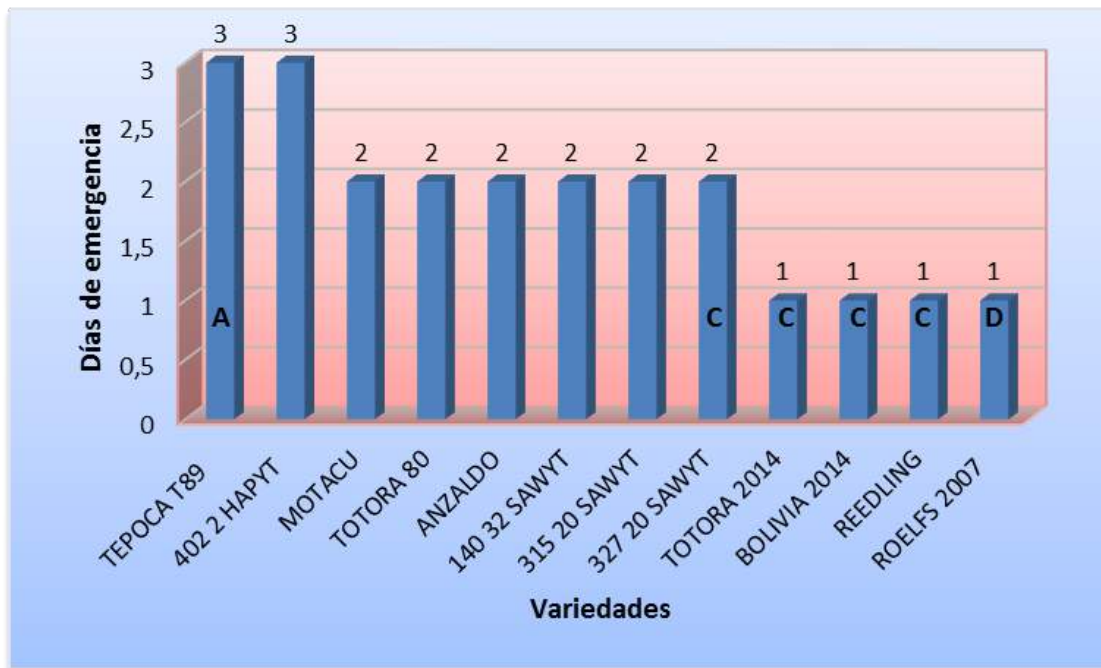


Gráfico 5. Días a la emergencia de doce variedades de trigo

La emergencia en las variedades fue debido al factor genético que las mismas poseen, las variedades con menores días de emergencia llegan a tener una producción más temprana comparada con las variedades que tienden a tener una emergencia tardía.

La emergencia ocurre en un porcentaje de las semillas sembradas, dependiendo del poder germinativo de las mismas, de la profundidad de siembra, de la disponibilidad de humedad en el suelo (Miralles *et al.*, 2014).

FUNDACION CHILE (2011), indica que entre 3 a 5 cm es la profundidad adecuada para el cultivo de trigo, las semillas depositadas a mayor de profundidad, dan origen a una emergencia más lenta, con plantas más débiles y con un menor número de macollos.

5.2.2. Días a la floración

Martin (s.f.) señala que esta etapa finaliza cuando los tallos completan su alargamiento, con el inicio de la floración (La floración se identifica con la antesis o emergencia de los estambres fuera de las espiguillas después de la fecundación) y comienza la formación de las cubiertas del grano entre la antesis y la madurez del cultivo.

La floración inicia con la ruptura de las primeras anteras en las espiguillas. En la siguiente tabla se muestra los detalles del análisis de varianza realizado con respecto a esta variable de respuesta.

Tabla 2. Análisis de varianza para días a la floración

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	0,04	2	0,02	1,56	0,2328 NS
VARIEDAD	0,81	11	0,07	5,34	0,0004 **
Error	0,30	22	0,01		
Total	1,16	35			

C.V.= 1,35% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

La Tabla 2 muestra, que para bloques no existe una diferencia significativa, es decir que este factor no interviene en los días a la floración de las variedades de trigo. Para el caso de la variedades se puede observar que existe una diferencia altamente significativa, es decir que las variedades de trigo influyeron en la floración. El coeficiente de variación registro un valor de 1,35% que indica que los datos son confiables.

Una vez que se determinó que existen diferencias significativas entre las variedades se realizó las comparaciones múltiples de medias.

En el Gráfico 6, según el test de rango múltiple de Duncan muestra que las variedades 4022 Hapyt y Tatora 2014 se encuentran con el valor más bajo de días a la floración con $72 \pm 1,53$ y $72 \pm 2,89$ días respectivamente, mientras que la variedad Motacu y 32720 Sawyt presentaron los valores más tardíos en la floración con $79 \pm 3,61$ y $79 \pm 0,58$ días, las demás variedades obtuvieron valores que no son significativos debido a que las medias presentan letras comunes. La desviación estándar de las demás variedades se presenta en el Anexo 11.

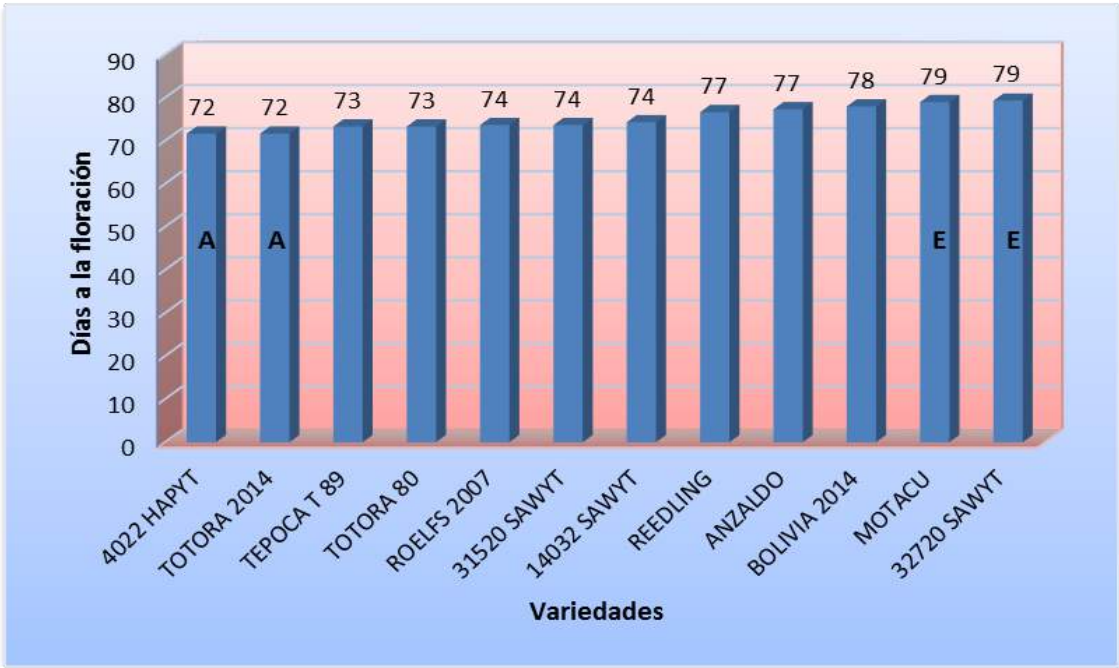


Gráfico 6. Días a la floración de doce variedades de trigo

La floración de cada variedad presentó diferencias, Motacu obtuvo mayor días a la floración como en la variable días a la emergencia. Según el CIAT (2013) actualmente la variedad Motacu es una de las más usadas en la producción triguera. Las características de esta variedad son de ciclo semiprecoz.

La experiencia del Programa de Mejoramiento de Trigo de INTA, Fraschina *et al.*, (2016) indica que hay variabilidad genética para posicionar la espigazón de trigo permitiendo alcanzar la madurez fisiológica.

La pendiente no influyó en el desarrollo de la floración, Fraschina *et al.* (2016) indica que a partir de la antesis el único órgano de la planta de trigo que crece es el grano, y esta etapa del cultivo transcurre directamente relacionada con la temperatura, modificando su ritmo o tasa de llenado, como también su duración

La floración ocurre 4 a 5 días después de la espigazón. En cambio, el período de llenado de grano varía de acuerdo al clima. Típicamente es de 30 días en ambientes con estrés severo; y puede exceder los 50 días en ambientes de alto rendimiento y sin estrés (Miller, 1990).

5.2.3. Días a la madurez fisiológica

Entre la antesis y la madurez del cultivo, se produce la etapa de llenado de grano. Durante esta fase se acelera progresivamente la senescencia foliar. La duración del período llenado de grano depende del genotipo de la planta y una buena disponibilidad hídrica. En madurez fisiológica los granos alcanzan su mayor tamaño y el cultivo ya no tiene más hojas verdes (Martin, s.f.).

Para días a la madurez se observa que existe diferencia significativa entre bloques es decir que la pendiente influyó, y para las variedades existen una diferencias altamente significativas, es decir existe diferencia estadística para días a la madurez fisiológica. Presenta un coeficiente de variación de 1,41% que significa que los datos son confiables.

Tabla 3. Análisis de varianza para días a la madurez fisiológica

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	0,26	2	0,13	4,78	0,0189 *
VARIEDAD	2,79	11	0,25	9,29	<0,0001 **
Error	0,60	22	0,03		
Total	3,66	35			

C.V.=1,41% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

Se realizó la prueba de Duncan para la diferencia que existe entre variedades que se muestra en el Gráfico 7, en la comparación de medias se observó que las variedades que presentaron menores días en llegar a la madurez fisiológica son; Tepoca T89, 402 2 Hapyt y Totora 2014 con $127\pm 2,89$, $127\pm 2,89$ y $128\pm 2,52$ días respectivamente, y la variedad Torora 80 que presentó $135\pm 4,62$ días a la maduración, mientras que la variedad Motacu con $146\pm 1,73$ días presentó una maduración tardía con respecto a las demás variedades.

La variedad Tepoca T89 obtuvo el menor día a la maduración al igual que las anteriores variables (emergencia y floración), la más tardía que fue la variedad Motacu en las mismas variables.

Según la investigación realizada por Ochoa (2002) indica que una madurez temprana le permite al cultivo escapar de la roya del tallo y las variedades tardías pueden ser dañadas por las altas temperaturas o sequías.

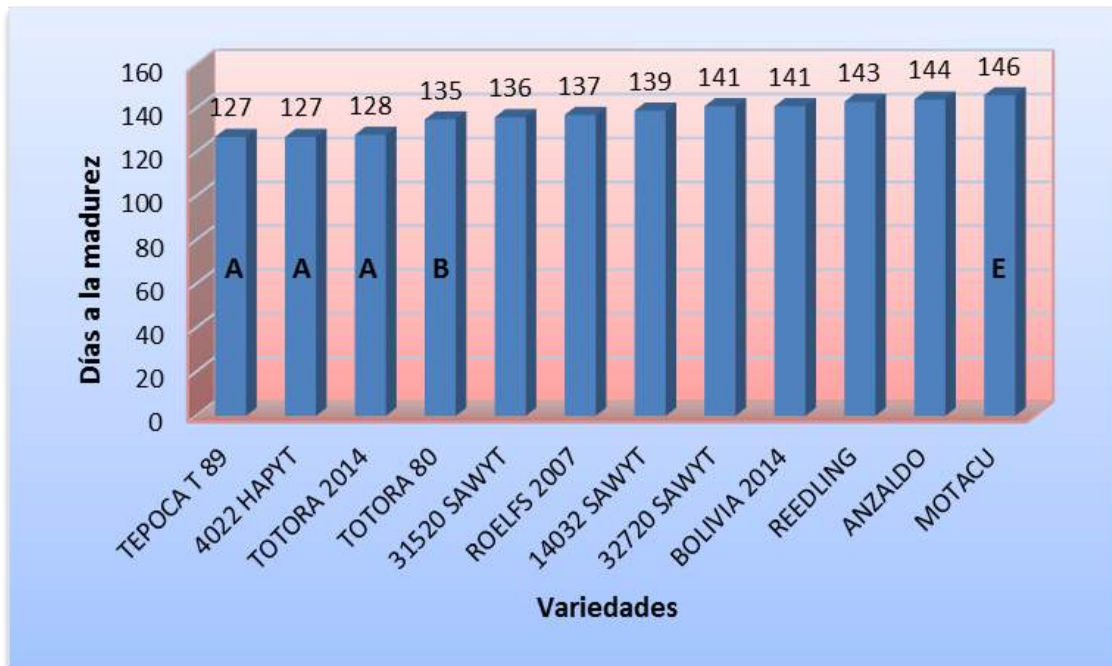


Gráfico 7. Días a la madurez fisiológica de doce variedades de trigo

La pendiente presentó diferencia en los días a la maduración en los bloques, debido que en la parte baja presenta mayor contenido de nutrientes que en la parte alta debido a la lixiviación lavado de nutrientes, esta condición afecta negativamente al rendimiento del cultivo.

Orsag (2010) indica que cuando se incrementa la pendiente y la longitud de las parcelas de cultivo, el agua de escurrimiento incrementa su caudal y velocidad y por consiguiente su capacidad de arrastrar las partículas del suelo aumenta considerablemente. El grado de la pendiente y su perfil inciden más en la erosión que la longitud de la pendiente.

En nuestro medio (altiplano y valles), los pequeños productores utilizan las laderas de serranías y colinas para la agricultura, debido a la escasez de tierras o para escapar del efecto de heladas inundaciones y otros limitantes (Orsag, 2010).

Antes la floración ocurre la acumulación de nutrientes para la formación de granos y el efecto de esta variable influyó en la maduración fisiológica, debemos resaltar la influencia de la radiación solar, temperatura y humedad que era variante debido al factor pendiente.

FUNDACION CHILE (2011) indica que en la maduración se pierden su color verde y mueren, es porque pierden el nitrógeno que es distribuido a los granos. Cuanto menor sea la cantidad de nitrógeno que ha sido almacenado, más rápidamente morirán las hojas. La cantidad de nitrógeno que ha sido almacenado depende de cuánto había disponible en el suelo antes de la antesis y de las prácticas de manejo del cultivo. Posteriormente a la floración, comienza la translocación del N acumulado en prefloración, hacia los granos, siendo las hojas las primeras en traslocar. El N absorbido hasta floración es el responsable de la biomasa generada y de gran parte del rendimiento.

Para SotoI (2009) el rendimiento está positivamente relacionado con la duración del período del llenado del grano; los factores genéticos, climáticos y de manejo que permiten una mayor duración y un mantenimiento de la fotosíntesis durante este período son fundamentales en su aporte a un incremento del rendimiento final.

5.3. Variables agronómicas

5.3.1. Número de macollos por planta

Miralles *et al.* (2014) indica que, los macollos provenientes de yemas de hojas del vástago principal se denominan macollos primarios, mientras que los macollos provenientes de hojas de un macollo primario se conocen como macollos secundarios. En general, el inicio de crecimiento del tallo (encañazón) desencadena el comienzo de mortandad de macollos que finaliza cuando se alcanza la espigazón, los macollos constituyen uno de los componentes numéricos más relevantes del rendimiento, ya que de ellos depende el número de espigas/m² (Miralles *et al.*, 2014).

En la Tabla 4 se aprecia que, para bloques la variable número de macollos presentó una diferencia estadística significativa y se llegó a la conclusión de que existe diferencias significativas en el número de macollos entre los diferentes bloques. Para variedades se obtiene un resultado altamente significativo, es decir que existe diferencias entre el número de macollos entre variedades.

El coeficiente de variabilidad obtenido para el variable número de macollos se obtuvo un resultado de 6,84% que quiere decir que los datos son confiables debido a que se encuentran dentro de los rangos de confiabilidad en campo.

Tabla 4. Análisis de varianza para el número de macollos por planta

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	0,67	2	0,34	27,20	<0,0001**
VARIEDAD	0,66	11	0,06	4,89	0,0008**
Error	0,27	22	0,01		
Total	1,61	35			

C.V.= 6,84% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

En la Gráfico 8, nos muestra que la variedad Tepoca T89 y 4022 Hapyt presentaron el mayor número de macollos con $3 \pm 0,58$, $3 \pm 0,58$, mientras que las demás variedades ocuparon el segundo lugar, en el Anexo 13 presenta el Duncan realizado con la desviación estándar de cada variedad.

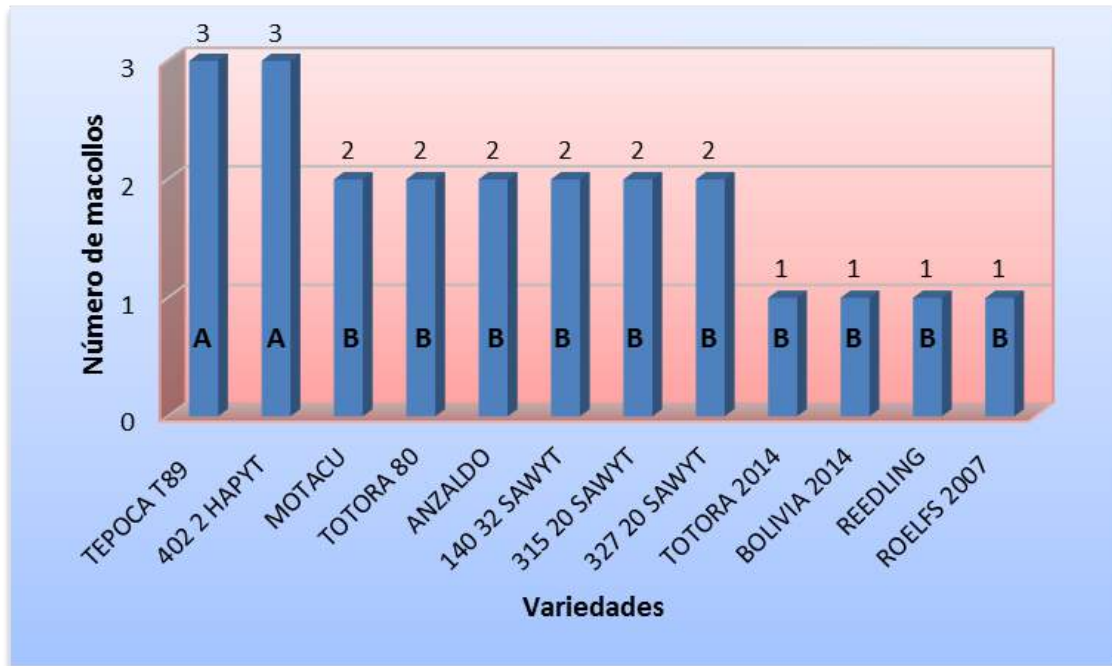


Gráfico 8. Número de macollos por planta de doce variedades de trigo

En el lugar de investigación se presentó una disminución de la precipitación durante la etapa de macollamiento que tuvo un efecto negativo en el número de plantas por m^2 , en la etapa de macollamiento se requiere condiciones climáticas adecuadas para su desarrollo.

Durante el desarrollo del cultivo se debe buscar maximizar el número de macollos/ m^2 ya que esto se traduce en un buen número de espigas. Siembras más tardías en cualquier tipo de trigo disminuyen el número de macollos productivos por planta entre un 10 a un 20% y la competencia con malezas y la incidencia de plagas y enfermedades también disminuyen la aparición de macollos. Bajo malas condiciones de desarrollo en el estado de macollo (fertilidad, humedad), se han detectado hasta un 50% de macollos que no producen ni una espiga (FUNDACION CHILE, 2011).

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 (Miller, 1999). Por otra parte el mismo autor menciona que no todos los macollos llegan a producir una espiga.

La cantidad depende de la variedad, pues las hay muy macolladoras y poco macolladoras. No obstante, el factor varietal también se ve influido por otros como la época de siembra, fertilidad del suelo, condiciones climáticas, etc. Si se siembra temprano al igual que si se siembra espaciada, el terreno fértil estimula el macollamiento al igual que las bajas temperaturas. En cambio, una misma variedad macolla menos si se le siembra tardíamente, muy densamente, en terreno de fertilidad pobre, así como también debe soportar lluvias excesivas (Moreno *et al.*, 2001).

5.3.2. Número de plantas por metro cuadrado

En el Tabla 5 se aprecian los resultados del análisis de varianza, se obtuvieron diferencias significativas en el número de plantas por m².

Para el caso de bloques el valor P=0,0002 es menor al nivel de 0,01, mostrando que entre bloques se presentaron diferencias estadísticas, para variedades el valor P=0,0001 es menor al nivel del 0,05, determinando que se tiene diferencia significativa en el número de plantas presentes entre los diferentes tratamientos. Teniendo un coeficiente de variación menor al 30% es decir que los datos son confiables.

Tabla 5. Análisis de varianza para el número de plantas /m²

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	18,36	2	9,18	12,50	0,0002 **
VARIEDAD	86,86	11	7,90	10,75	<0,0001 **
Error	16,16	22	0,73		
Total	121,38	35			

C.V.= 5,83% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

Una vez determinado que existen diferencias altamente significativas entre las variedades de trigo se procedió a realizar la comparación múltiple de medias a través de la prueba de Duncan.

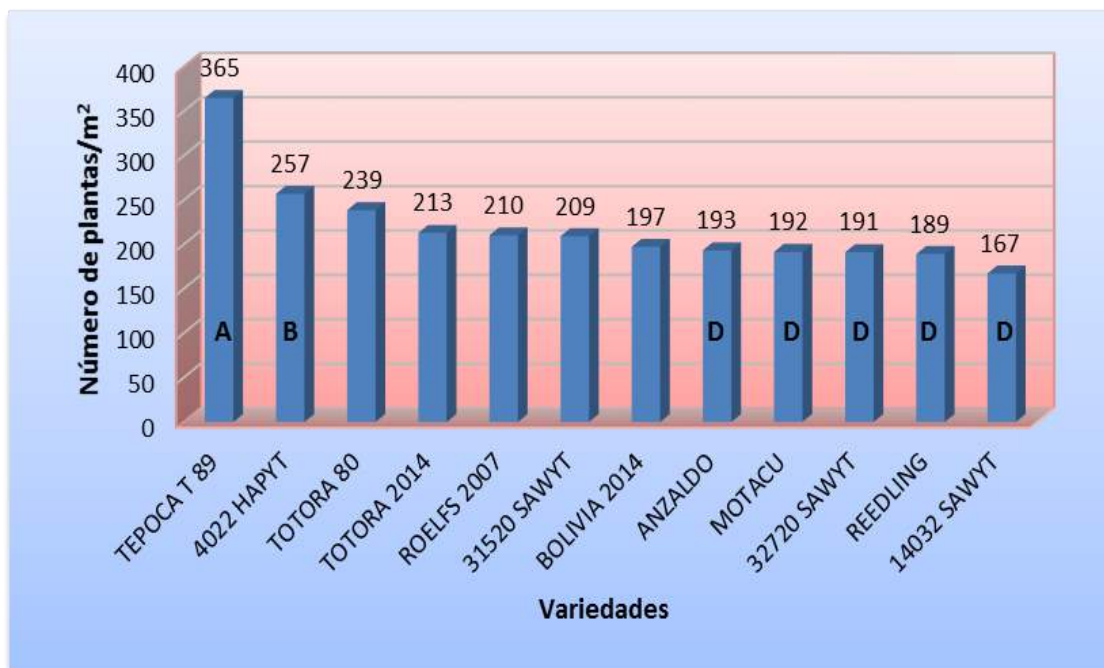


Gráfico 9. Número de plantas/m² de doce variedades de trigo

En la Gráfico 9, se observa la prueba de Duncan y en el Anexo 14 se observa la tabla de las doce variedades con su respectivo desvió estándar.

Para el número de plantas por metro cuadrado, se pudo apreciar que se forman grupos, de los cuales la variedad Tepoca T89 y 4022 Hapyt presentaron los mayores promedios con $365 \pm 40,15$ y 257 ± 26 plantas/m², siendo sus promedios estadísticamente superiores a los registrados por otras variedades, como: Anzaldo, Motacu, 32720 Sawyt, Reedling y 14032 Sawyt con promedios de $193 \pm 24,66$, $192 \pm 29,50$, $191 \pm 27,06$, $189 \pm 19,35$ y $167 \pm 72,95$ plantas/m² respectivamente, que obtuvieron los rendimientos más bajos en cuanto al número de plantas/m², las demás variedades presentan promedios bajos que estadísticamente son similares entre sí.

El efecto de la variable número de macollos influyó en el número de plantas por m² teniendo un efecto negativo en el rendimiento.

El número de plantas/m² está determinado, principalmente, por la dosis de siembra. Estudios sobre la influencia de la densidad de población sobre la producción de materia seca, han mostrado, generalmente, un incremento de la misma hasta alcanzar un umbral, con reducciones significativas a muy altas densidades, Factores tales como fertilización nitrogenada y riego, afectan, considerablemente, a la densidad óptima de plantas para conseguir rendimientos máximos (Hay y Walker, 1989 citado por Santiveri, 1992).

5.3.3. Número de espigas por metro cuadrado

Los macollos constituyen uno de los componentes numéricos más relevantes del rendimiento, ya que de ellos depende el número de espigas/m².

En el análisis de varianza realizado para el caso de bloques el valor $P=0.0262$ es menor al nivel del 0,05 y mayor a 0,01 por lo que concluimos que entre bloques se presentan diferencias estadísticas significativas, por tanto la pendiente influyó en el número de espigas, entre variedades el valor $P=0,0001$ es menor al nivel de 0,05 determinando que se tiene diferencias significativas en el número por tratamientos. Teniendo un coeficiente de variación 6,13%, por tanto los datos menores al 30% son confiables.

Tabla 6. Análisis de varianza para el número de espigas /m²

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	7,89	2	3,95	4,32	0,0262 *
VARIEDAD	82,81	11	7,53	8,24	<0,0001 **
Error	20,09	22	0,91		
Total	110,79	35			

C.V.= 6,13% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

En la prueba de medias Duncan las variedades que presentaron mayor número de espigas fueron Tepoca T89 y 4022 Hapyt que son estadísticamente superiores con promedios de $388 \pm 49,70$ y $293 \pm 10,97$ espigas/m² respectivamente, la variedad con menor número de espigas es 14032 Sawyt con $186 \pm 74,41$ espigas/m², las demás variedades presentan diferencias no significativas.

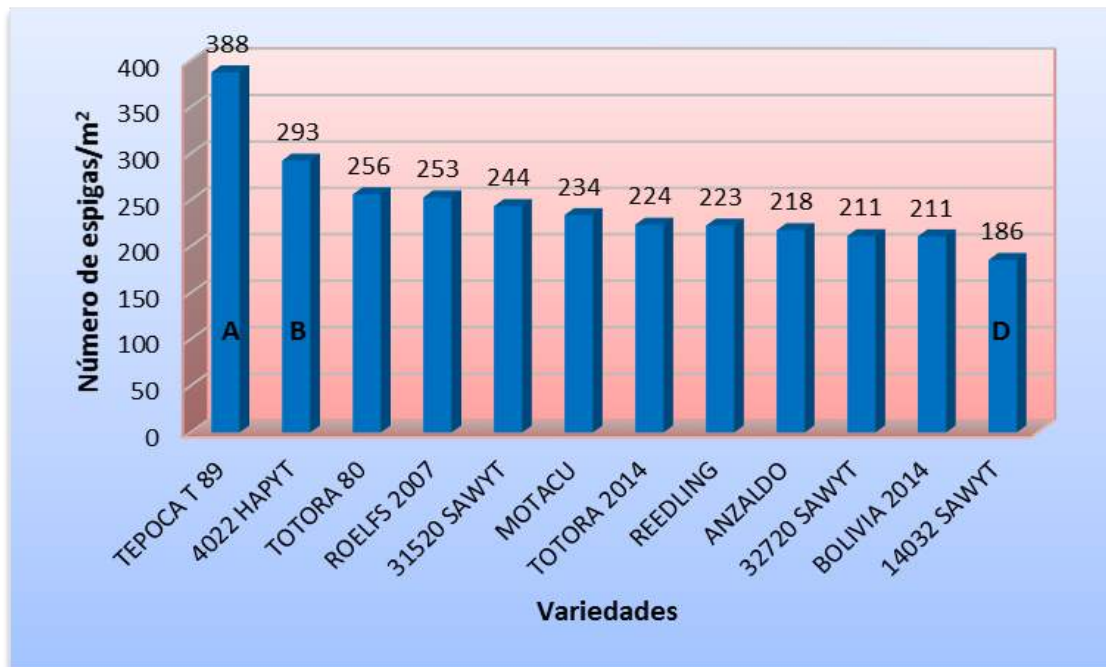


Gráfico 10. Número de espigas/m² de doce variedades de trigo

El número de espigas presentes en una variedad es importante para saber si los macollos llegaron a formar su respectiva espiga, que influyen en el rendimiento esperado de cada variedad.

En el número final de espigas por planta influyen el número de tallos producidos y la proporción de estos que dan lugar a espiga. Mientras que la primera depende fundamentalmente de las características genotípicas, densidad de siembra y aporte de nutrientes En numerosos estudios en trigo y cebada se ha comprobado como el número de espigas por unidad de superficie está fuertemente correlacionado con el rendimiento, señalándose este componente como el más importante en la determinación de la producción (Hay y Walker, 1989 citado por Santiveri, 1992).

Según la investigación de González y Maddonni (1990) citado por Moreno *et al.* (2010) en numerosos ensayos han puesto de manifiesto el rol del nitrógeno en las primeras etapas del cultivo, al aumentar el número de espigas por metro cuadrado y la determinación del número de granos por unidad de superficie

5.3.4. Altura de planta (cm)

En la tabla 7, se aprecian los resultados del análisis de varianza, donde se obtuvieron diferencias significativas en bloques y variedades.

Para el caso de bloques el valor $P=0,0001$ es menor al nivel de 0,05, por lo que afirmamos que entre bloques se presentan diferencias estadísticas altamente significativas en la altura de planta, por otro lado entre variedades, el valor $P=0,0077$ es menor al nivel del 0,05 determinándose que se tiene diferencias altamente significativas entre variedades.

Tabla 7. Análisis de varianza para la altura de planta (cm)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	264,54	2	132,27	14,26	0,0001 **
VARIEDAD	340,94	11	30,99	3,34	0,0077 **
Error	204,05	22	9,28		
Total	809,53	35			

C.V.=5,43% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

Se obtuvo coeficiente de variación de 5,43% que es menor al 30% es decir que los datos son confiables.

Ochoa (2009), para esta variable indica que el coeficiente de variación cuyo uso es para cuantificar en términos porcentuales la variación de las unidades experimentales frente a la aplicación de un determinado tratamiento, el coeficiente de variabilidad indica la confiabilidad de los datos.

En el Gráfico 11, se observa que para la altura de plantas de las doce variedades de trigo, la variedad Bolivia 2014 que es la más diferenciada porque obtuvo un promedio de altura mayor a $62,4 \pm 6,83$ cm, siendo sus promedios significativamente superiores a los registrados por otras variedades como: 4022 Hapyt y Roelfs 2007 con promedios de $53,04 \pm 2,43$ y $51,9 \pm 4,37$ cm respectivamente que presentan los rendimientos más bajos en cuanto a la altura de planta, las demás variedades presentan promedios que no son significativamente diferentes.

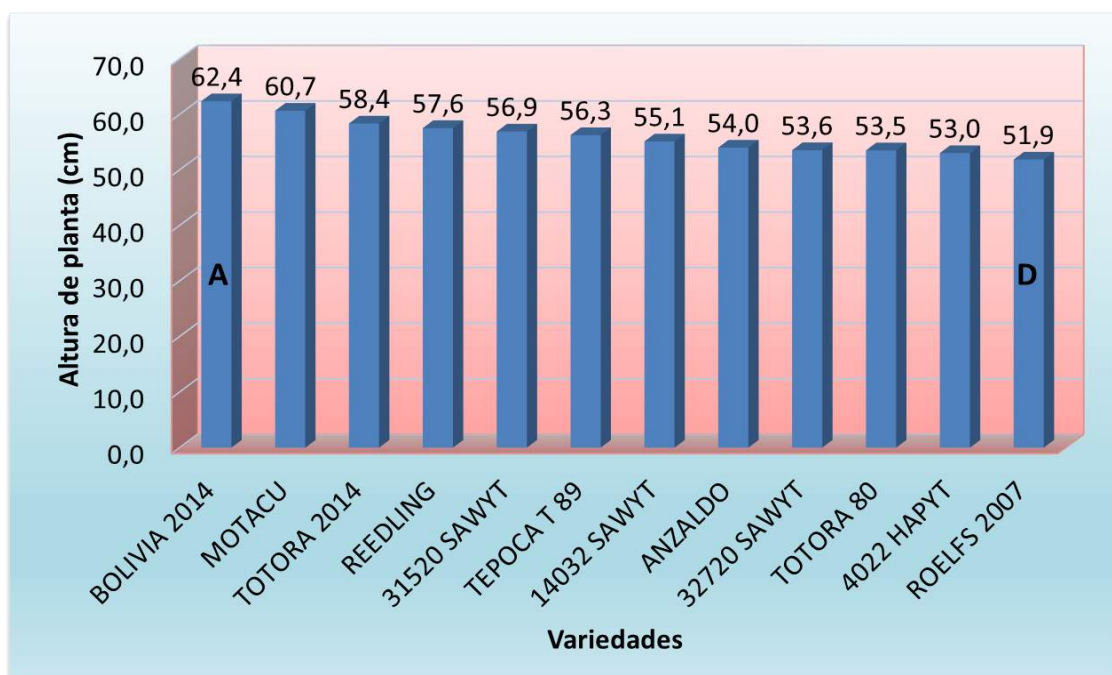


Gráfico 11. Altura de planta (cm) de doce variedades de trigo

Castañeda *et al.* (2004) indica que, la influencia de la temperatura en el crecimiento y desarrollo de las plantas es ampliamente reconocida; la temperatura afecta a los procesos de crecimiento como expansión foliar.

Miralles *et al.* (2014) menciona que, el comienzo de encañazón coincide con el cese de la diferenciación de macollos y el comienzo de la mortandad de los mismos, debido a que los asimilados se particionan principalmente hacia el tallo en crecimiento.

En el Gráfico 12, se presenta la curva de crecimiento de las doce variedades de trigo, entre ellas se tiene a la variedad Bolivia 2014 que presenta una altura de 60,2 cm que representa la mayor altura de planta, mientras que la variedad Roelfs 2007 presenta una altura de 51,5 cm correspondiente a la menor altura de las doce variedades.

Las variedades Bolivia 2014 y Roelfs 2007 presentaron alturas similares hasta los 31 días donde las alturas son de 13 y 14,1cm respectivamente, la variedad con menor altura en esta etapa presentó 1,1 cm más que la variedad Bolivia 2014. A partir del día 31 se presentó una diferencia de crecimiento entre las variedades de estudio.

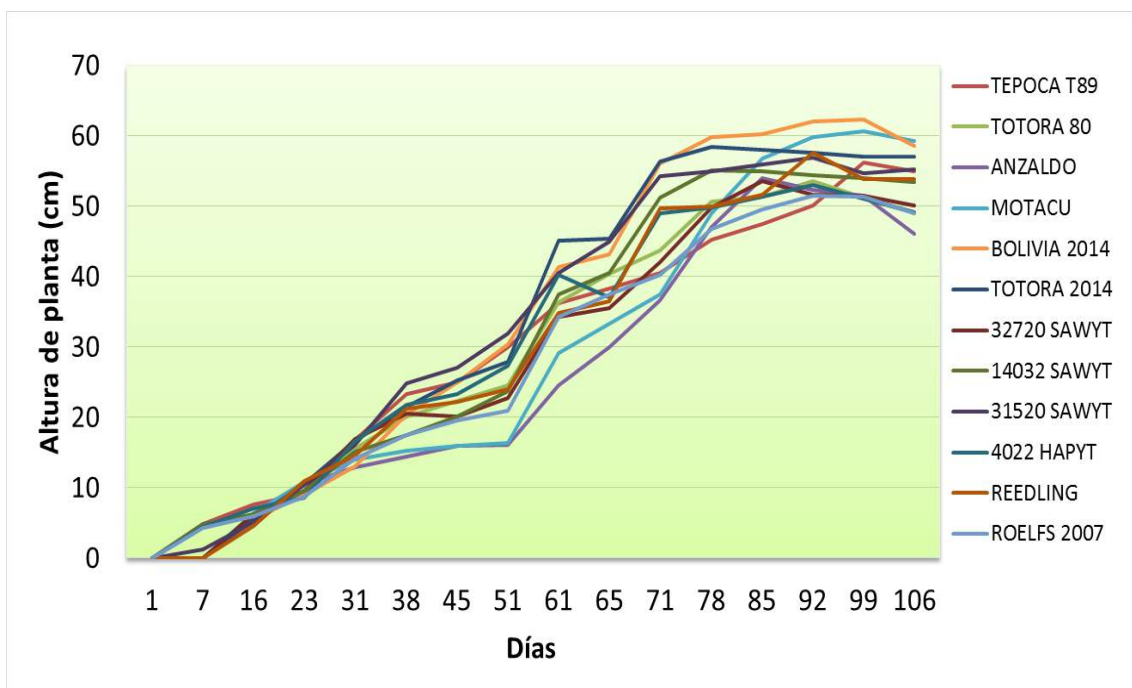


Gráfico 12. Curva de crecimiento de altura de planta de doce variedades de trigo

La variedad Bolivia 2014 obtuvo un crecimiento ascendente hasta los 85 días con una altura de 60,2 cm, después inicia un crecimiento descendente debido a que la espiga de la planta empieza a encorvarse una vez alcanzada su altura máxima hasta los 58,5 cm a los 106 días.

La variedad Roelfs 2007, presenta un crecimiento ascendente hasta los 92 días con una altura de 51,5 cm pero después presentó un comportamiento descendente hasta los 51,1 cm a los 106 días.

Las doce variedades tuvieron un crecimiento hasta los 99 días aproximadamente después presentaron un encurvamiento debido al peso de la espiga por su llenado de grano.

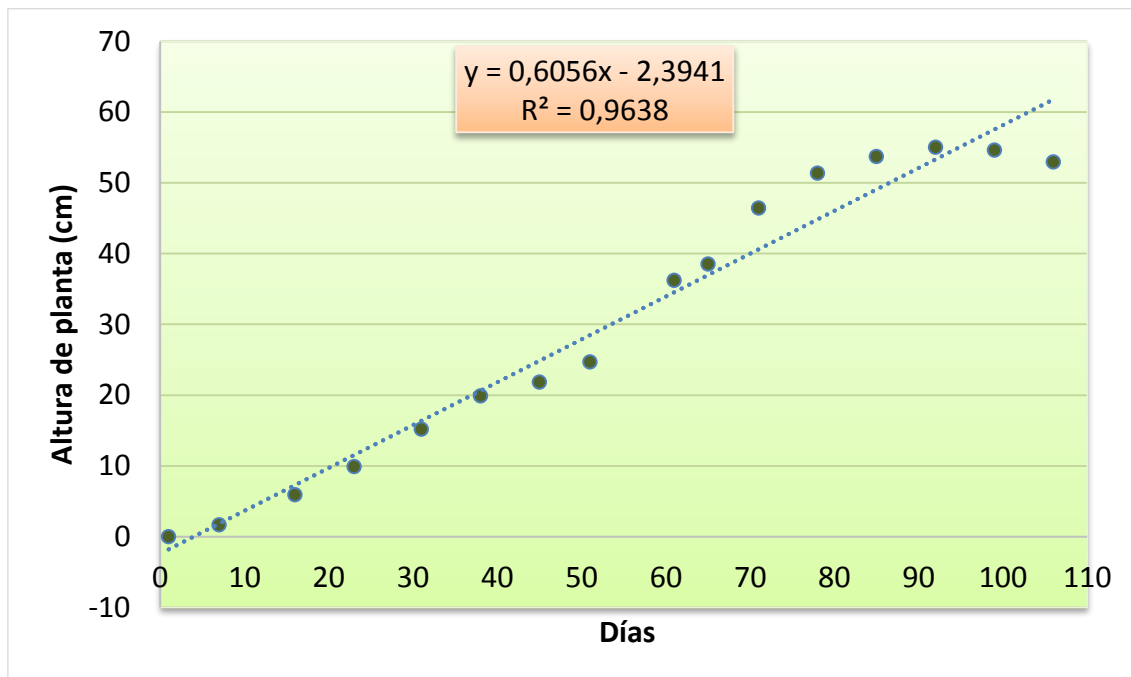


Gráfico 13. Regresión lineal de la altura de planta y días

En el Gráfico 13 se puede observar la tendencia de este grupo de datos es lineal indicando que es adecuado para el diagrama de dispersión, por cada día que pasa se espera en promedio que la altura de planta aumente en 0,6056 cm.

Se halló una correlación de 0,9638 es un valor alto que nos indica que hay una asociación positiva entre altura y días los que señala que a medida que aumentan los días la altura de planta aumenta.

Sin embargo, existen otras características agronómicas como precocidad y altura de planta adulta que pueden influir directamente sobre el rendimiento o indirectamente a través de su efecto sobre los componentes (Parodi, Patterson y Nyquist, 1970 citado por Barriga, 1990).

Según la investigación realizada por (Barriga, 1990). La correlación fenotípica entre altura de planta y rendimiento fue baja y no significativa (...) la altura de planta adulta pueden ser considerado como un componente secundario, ya que ejercen su efecto sobre el rendimiento a través de los componentes principales.

5.3.5. Longitud de espiga (cm)

Según el análisis de varianza realizado se puede observar que para bloques existe una diferencia no significativa es decir que la pendiente no influyó en esta variable de respuesta, para variedades presentó un valor significativo es decir que existe diferencia estadística en la longitud de espiga entre variedades. El coeficiente de variabilidad fue de 6.8%, nos indica que los datos son confiables.

Tabla 8. Análisis de varianza para la longitud de espiga (cm)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	0,24	2	0,12	0,73	0,4919 NS
VARIEDAD	5,75	11	0,52	3,21	0,0095 *
Error	3,58	22	0,16		
Total	9,57	35			

C.V.=6,8% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

De acuerdo al análisis de varianza solamente el factor variedad tuvo efecto significativo para la variable longitud de espiga, la medida de la longitud de espiga tuvo un coeficiente de variabilidad de 6,8% señalando que los datos son confiables.

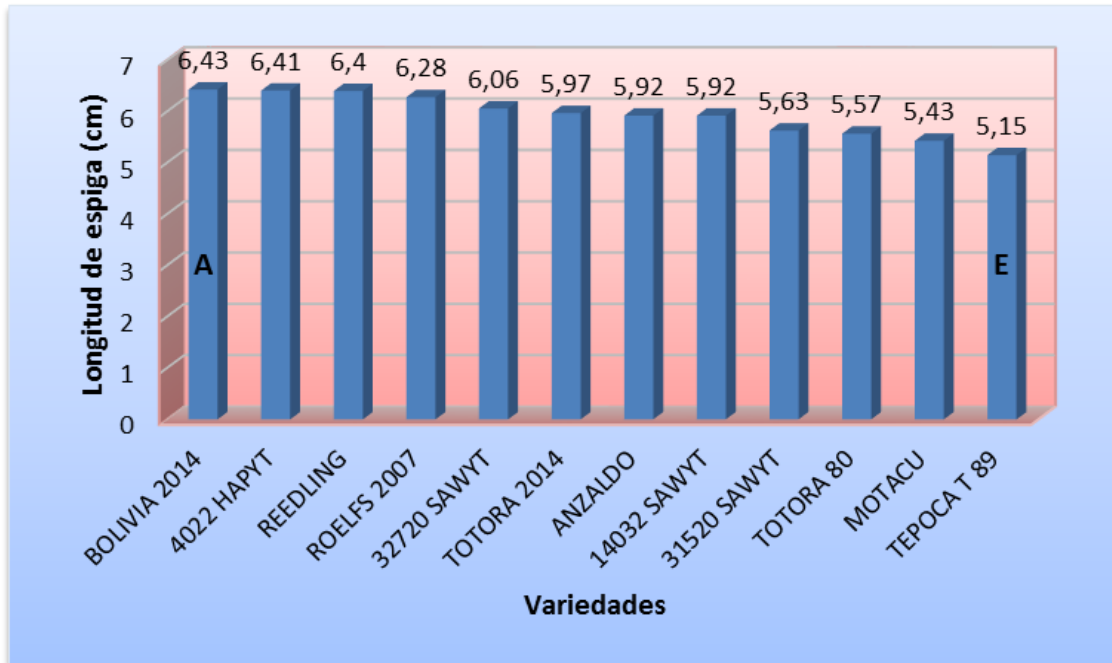


Gráfico 14. Longitud de espiga (cm) de doce variedades de trigo

La prueba de medias Duncan, donde indica que la variedad Bolivia 2014 presentó una altura mayor que las demás con $6,43 \pm 0,68$ cm, al contrario la variedad Tepoca T89 obtuvo la menor longitud de espiga con $5,15 \pm 0,34$ cm. La longitud de espiga es un factor que influye en el rendimiento de grano ya que determina la cantidad de espiguillas y granos presentes.

La variedad Tepoca T89 en la anterior variable obtuvo mayor número de plantas y espigas por metro cuadrado pero menor longitud de espiga. En la investigación realizada por Juárez (2011) menciona que los resultados estadísticos de la variable longitud de espiga fueron debido a las características genéticas de cada variedad, y que la reducción de tamaño de la espiga, aunque no de importancia se debió al incremento de la población.

Las demás variedades presentan un valor donde no son estadísticamente diferentes para la longitud de espiga.

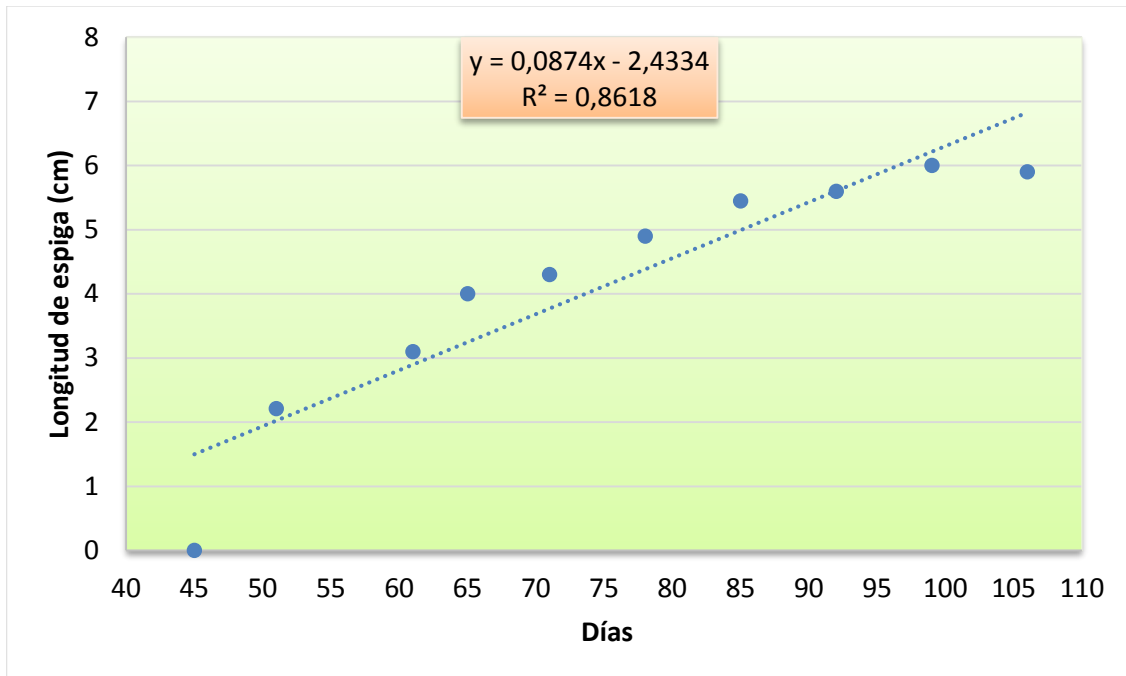


Gráfico 15. Regresión lineal de la longitud de espiga y días

En el Gráfico 15 muestra la tendencia de este grupo de datos es lineal indicando que es adecuado para el diagrama de dispersión, por cada día que pasa se espera en promedio que la longitud de espiga aumente en 0,0874 cm. Se halló una correlación de 0,8618 es un valor alto que nos indica que hay una asociación positiva entre la longitud y días los que señala que a medida que aumentan los días la altura de planta aumenta.

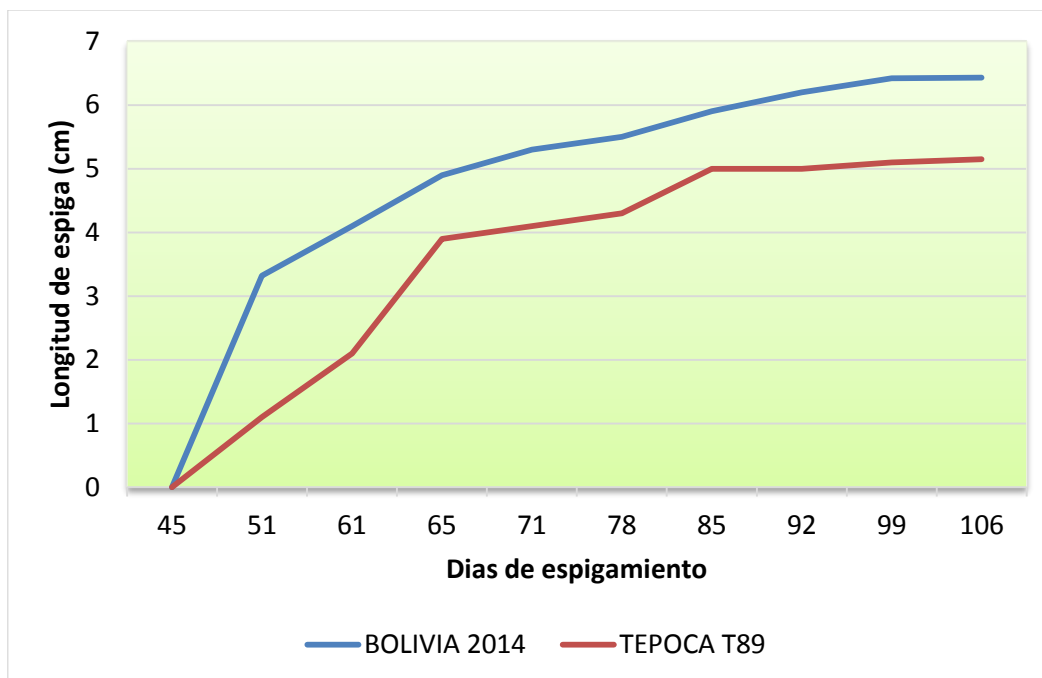


Gráfico 16. Curva de crecimiento entre la variedad Bolivia 2014 y Tepoca T89

En el Gráfico 16, se observa la curva de crecimiento para la variedad que presentó mayor longitud de espiga comparada con la variedad de menor longitud. Las dos variedades a los 45 días no presentaban la presencia de espigas, a los 51 días la variedad Bolivia 2014 obtuvo la mayor altura con 3,3 cm y la variedad Tepoca T89 con 1,1 cm de altura, existiendo una diferencia de 2,2 cm a los 99 y 106 días, la altura de espiga se mantuvo constante al momento de llegar a su maduración.

5.3.6. Número de espiguillas por espiga

Para el número de espiguillas se realizó el análisis de varianza, para esta variable de respuesta existe diferencias altamente significativas para el factor bloque pendiente, influyó en el número de espiguillas por espiga, para el factor variedad presentó una diferencia significativa, es decir que el número de espiguillas está influenciado por la variedad, esta variable puede influir en el rendimiento del grano. El coeficiente de variabilidad presentó un valor confiable de 3,79%.

Tabla 9. Análisis de varianza para el número de espiguillas por espiga

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	0,35	2	0,18	10,68	0,0006 **
VARIEDAD	0,53	11	0,05	2,91	0,0157 *
Error	0,36	22	0,02		
Total	1,25	35			

C.V.= 3,79% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

De acuerdo al análisis de varianza desarrollado se presentaron diferencias estadísticas significativas, por lo que se realizó la prueba de medias de Duncan en el Anexo 18, donde las variedades con mayor número de espiguillas por espiga son: Roelfs 2007 y 4022 Hapyt con $12 \pm 0,92$ y $12 \pm 1,01$, la variedad con menor número de espiguillas fue Tepoca T89 con $10 \pm 0,83$ espiguillas por espiga, existiendo una diferencia con la variedad anterior de 2 espiguillas. Las demás variedades presentan valores que no presentaron diferencias estadísticas significativas entre las mismas.

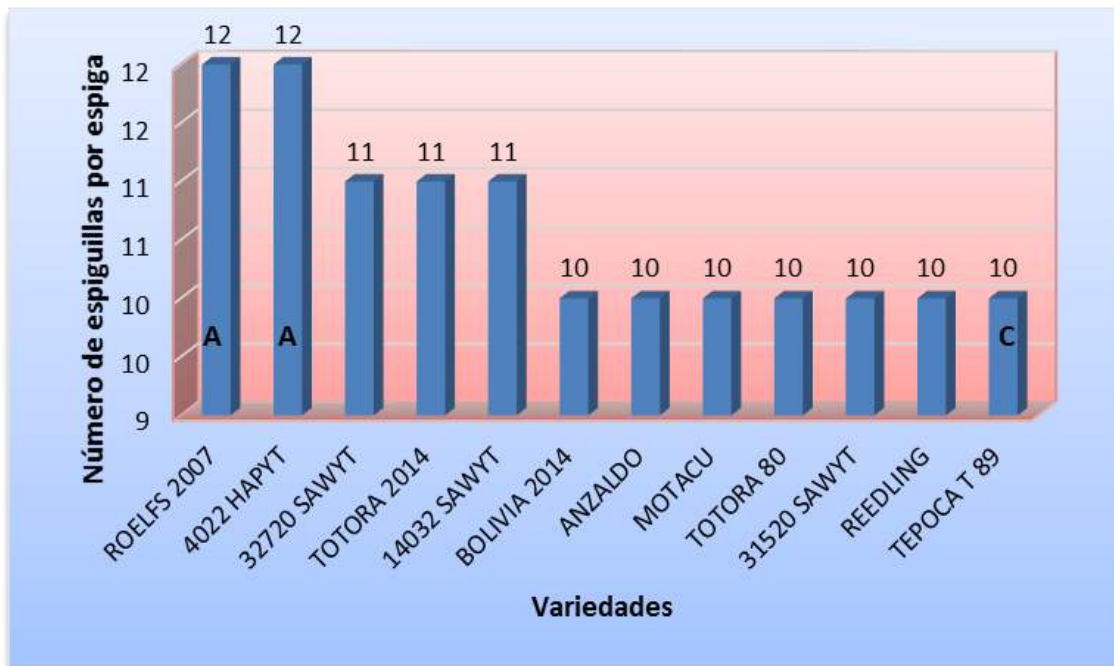


Gráfico 17. Número de espiguillas por espiga de doce variedades de trigo

La variedad Roelfs 2007 en la variable anterior longitud en espiga tuvo un efecto directo en el número de espiguillas, de igual manera la variedad Tepoca T89 presentó la menor longitud en espiga obteniendo así el menor número de espiguillas.

En la investigación realizada por Mamani (1999) afirma que el número de espiguillas guarda relación directa con la longitud de espiga, es así que, a mayor longitud de espiga, esta contendrá mayor número de espiguillas, pero se debe considerar las características de la espiga, ya que puede ser compacta rala o intermedia.

5.3.7. Número de granos por espiga

En la Tabla 10 se aprecia que el factor bloque y variedad presentaron una diferencia estadística significativa es decir que influyeron en el número de granos presentes por espiga, teniendo en cuenta que el rendimiento depende del número de granos existentes, el coeficiente de variabilidad es de 3,79% que significa que los datos de campo son confiables.

Tabla 10. Análisis de varianza para el número de granos por espiga

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	0,35	2	0,18	10,68	0,0006 **
VARIEDAD	0,53	11	0,05	2,91	0,0157 *
Error	0,36	22	0,02		
Total	1,25	35			

C.V.= 3,79% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo.

En Gráfico 18 se detalla la prueba de medias de Duncan donde la variedad Roelfs 2007 obtuvo la máxima producción de grano con $24 \pm 2,89$ ubicando en el subconjunto A, mientras que la variedad Tepoca T89 obtuvo $14 \pm 1,73$ granos por espiga ubicándose en el subconjunto D, teniendo el número mínimo de granos comparado con las demás variedades de estudio.

La variedad Roelfs 2007 obtuvo la mayor longitud en espiga, número de espiguillas y en el número de granos, la variedad Tepoca T89 presentó menores resultados en las mismas variables. Esto nos quiere decir que las variables estuvieron relacionadas.

El número de granos por espiga según López (1991) citado por Mamani (1999) depende del potencial genético de cada variedad para la formación de espiga, la longitud de espiga, número de espiguillas y flores preformadas y desarrolladas en la espiga también puede influir las condiciones climáticas en la antesis y fecundación, competencia entre plantas y la presencia de enfermedades.

En la investigación de trigo realizada por Mamani (1999) menciona que la relación entre el número de granos por espiga no es muy clara, atribuyéndose esto a las características de la espiga, principalmente al tipo de espiga (densa, intermedia o laxa) y al número de granos formados en cada espiguilla.

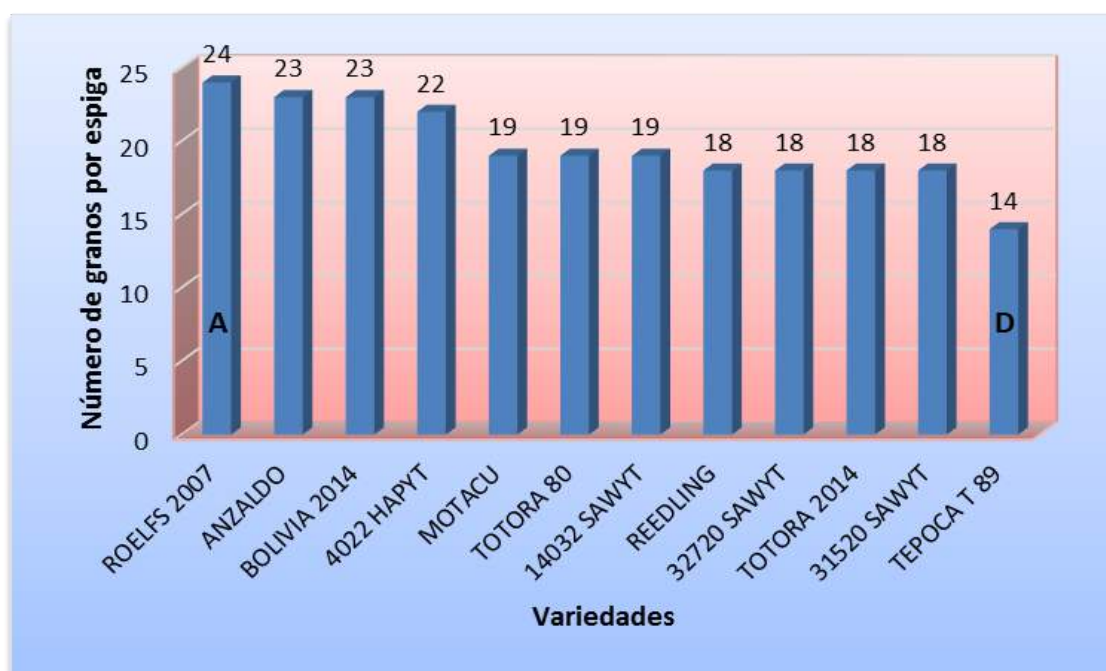


Gráfico 18. Número de granos por espiga de doce variedades trigo

En el Gráfico 19 se muestra una comparación entre el número de granos y espiguillas por espiga se pudo observar que la variedad Roelfs 2007 que presentó el mayor rendimiento para la variable de respuesta, el número de grano y número de espiguillas con $24 \pm 2,89$ y $12 \pm 0,92$ respectivamente que se encuentran con el valor máximo comprado con las demás variedades, se puede decir que existe una correlación positiva, a medida que presenta mayor número de espiguillas el número de granos será mayor.

La variedad Tepoca T89 presentó el menor rendimiento en ambas variables de comparación de $10 \pm 0,83$ y $14 \pm 1,73$ número de espiguillas y en el número de granos respectivamente.

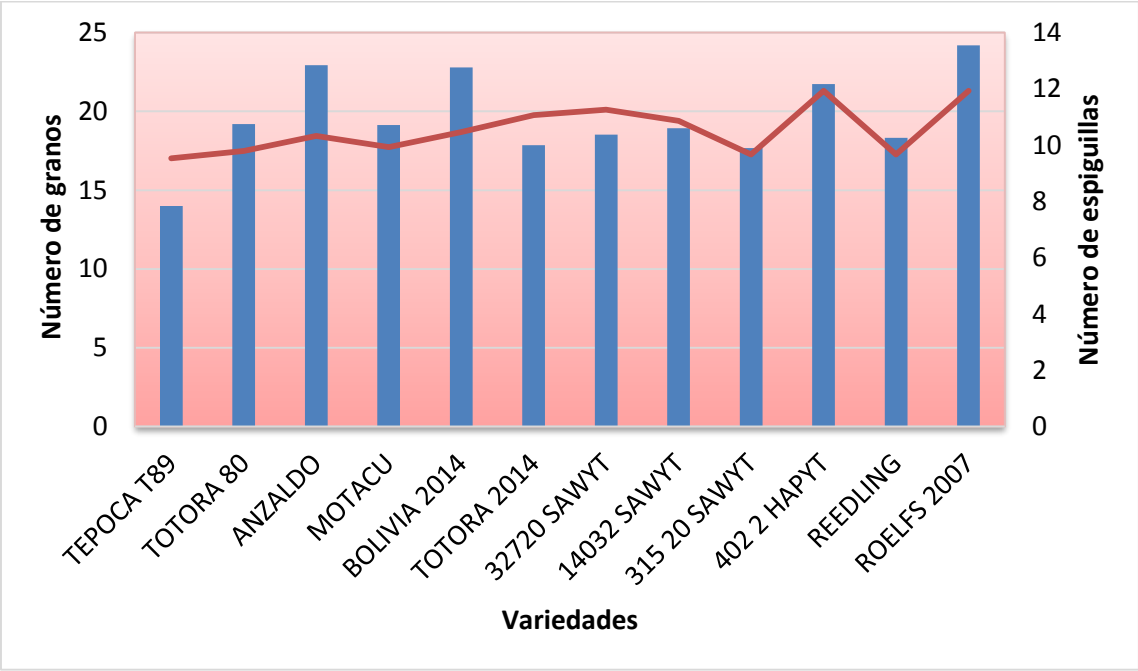


Gráfico 19. Comparación número de granos y el número de espiguillas/espiga

Estadísticamente se puede decir que si la espiga presenta por ejemplo 5 espiguillas, cada espiguilla está compuesta de 3 granos, se tendría 15 granos, por efecto adverso como ser la reacción acame y al desgrane de cada variedad y otros, el número de granos en campo varía.

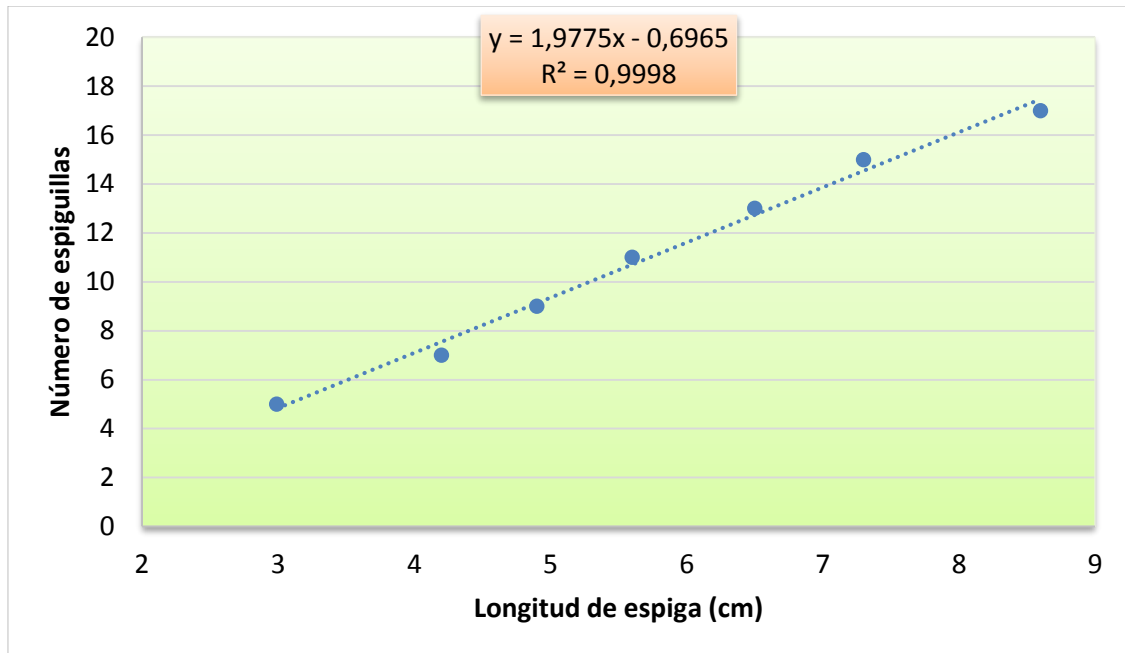


Gráfico 20. Regresión lineal del número de granos y el número de espiguillas/espiga

El Gráfico 20 muestra la tendencia de este grupo de datos es lineal indicando que es adecuado para el diagrama de dispersión, por cada longitud en (cm) que pasa se espera en promedio que el número de espiguillas aumente en 2. Se halló una correlación de 0,9998 es un valor alto que nos indica que hay una asociación positiva entre la longitud y días los que señala que a medida que aumenta la longitud de espiga el número de espigas se incrementa.

Según los datos tomados en campo se pudo observar que mediante la obtención de datos de longitud de espiga y número espiguillas por espiga la mayoría de los datos obtenidos de las variedades de estudio presentaron una mínima longitud de 2 a 2,9 cm contenía 5 espiguillas, la máxima longitud de 8 a 8,9 contenía 15 espiguillas tomando en cuenta la densidad de espiga de compacta y laxa.

El rendimiento final puede definirse como el producto entre el peso de los granos y el número de granos (García *et al.*, 2003).

5.3.8. Posición de espiga

La posición de espiga que es otra variable de respuesta en las variedades de trigo, donde se obtuvo que las doce variedades de los tres bloques se tuvo una posición curva leve en la espiga, el factor externo que influyó en el encurvamiento fue debido a plaga pulgón presente en la espiga que causó leves deformaciones en la espiga que no tuvieron importancia en el rendimiento.

Podemos argumentar señalando que el encurvamiento de la espiga se debe al proceso en llenado de los granos, esto quiere decir que a medida que se forma el grano la posición de la espiga será más curva por el peso que genera. También esta variable puede ser influenciada por el número de granos que posee.

5.3.9. Longitud de arista

Cuando el trigo es aristado, las aristas se originan en la punta de los órganos sexuales, tres estambres y un pistilo, así como dos pequeños órganos redondeados llamados lodículas. En la antesis, las lodículas se hinchan afuera y con ellas se produce la apertura de la flor (Moreno *et al.*, 2010).

Otra de las variables de respuesta que se midió es la longitud de arista de la espiga de trigo, la presencia o ausencia de aristas, se determina en espigas maduras. Según el análisis de varianza realizado a un nivel de significancia del 5% se afirma que para bloques se reporta un valor no significativo, para variedades presenta una diferencia significativa, con un coeficiente de variabilidad de 7,02% que significa que los datos son confiables.

Tabla 11. Análisis de varianza para la longitud de arista (cm)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	0,39	2	0,20	1,12	0,3434 NS
VARIEDAD	5,01	11	0,46	2,59	0,0275 *
Error	3,86	22	0,18		
Total	9,26	35			

C.V.=7,02% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

Luego de realizar el respectivo análisis de varianza, se observó que existe diferencias significativas entre variedades y se procedió a realizar la comparación de medias de Duncan.

Las variedades con mayor longitud de arista son Totorá 80 y 4022 Hapyt con $6,59 \pm 0,52$ y $6,49 \pm 0,50$ cm. respectivamente y las variedades que presentaron una longitud menor a las demás variedades son Reedling y Anzaldo con $5,58 \pm 0,51$ y $5,53 \pm 0,32$ cm. respectivamente. Las variedades no mencionadas es esta variable de respuesta no presentaron diferencias significativas.

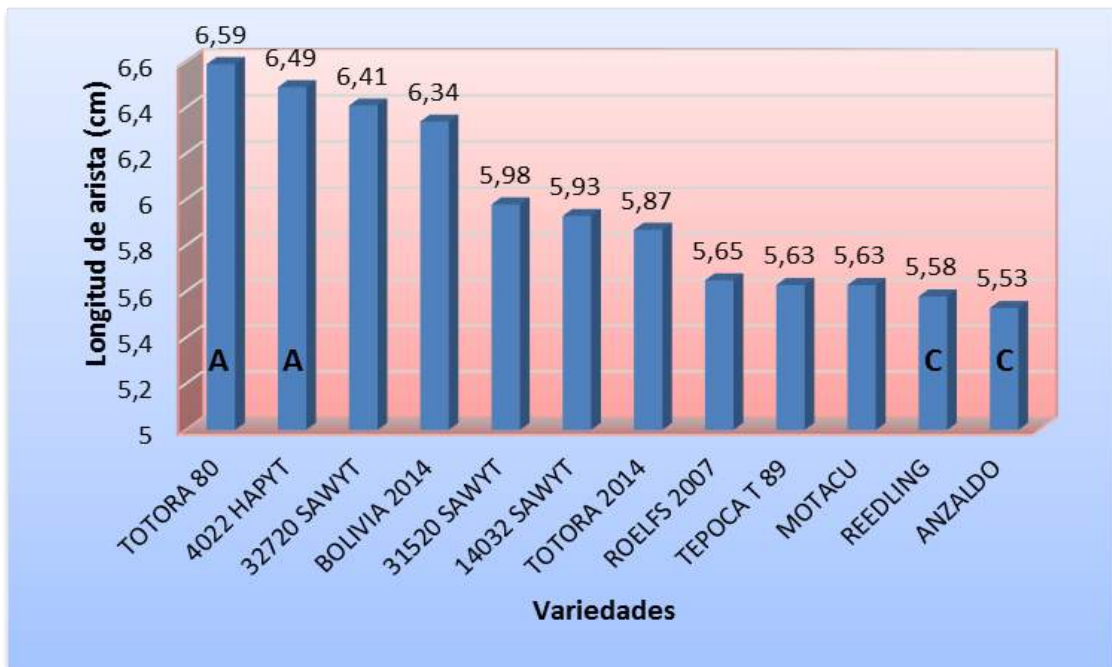


Gráfico 21. Longitud de arista (cm) de doce variedades de trigo

Esta variable de respuesta no afecta directamente al rendimiento del cultivo, pero tiene un efecto indirecto en las características agronómicas de la planta para la producción de trigo y saber el enfoque cuantitativo de esta longitud de arista.

La longitud de arista es otra variable agronómica si bien no tiene un efecto directo en el rendimiento del cultivo es una característica propia de cada variedad. Existen otras características que pueden influir directamente sobre el rendimiento o indirectamente a través de su efecto sobre los componentes (Parodi, Patterson y Nyquist, 1970) citado por (Barriga, 1990).

5.3.10. Densidad de espiga

En la comunidad de Combaya las variedades presentaron diferentes densidades, cuyo rango de calificación se encuentra en el Anexo 9, la variedad Roelfs 2007 y Reedling, presentaron una densidad con una calificación de 5 y 4 respectivamente, cuya denominación es muy compacta y compacta, que representaron las características más deseadas, con respecto al mayor número de granos.

Por otro lado las variedades Tepoca T89, Totorá 2014, 14032 Sawyt y 4022 Hapyt obtuvieron una densidad con una calificación de 3 que corresponde a moderadamente compacta.

A diferencia las variedades Totorá 80, Anzaldo, Motacu, Bolivia 2014, 32720 Sawyt y 31520 Sawyt, presentan una calificación de 2 que corresponde a laxa.

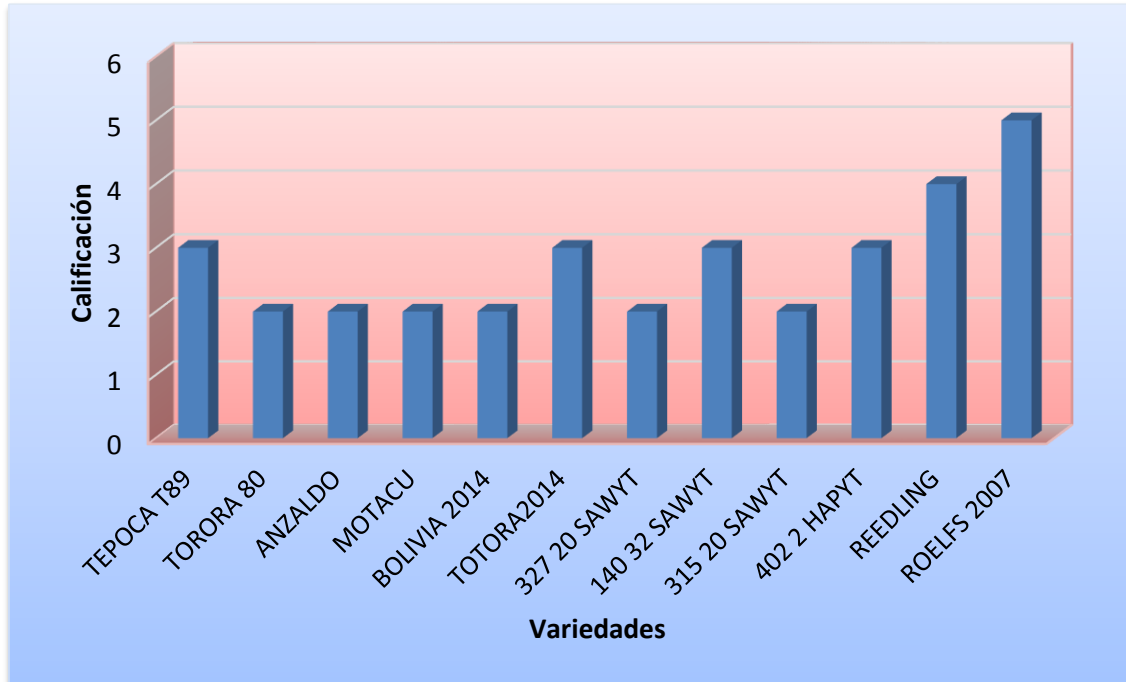


Gráfico 22. Calificación de la densidad de espiga

Este fenotipo depende de cada variedad, los niveles de densidad varían de muy laxa a muy compacta. Las variedades que presentaron una denominación de densidad compacta o muy compacta presentaron mayores rendimientos (independientemente de otras variables) debido a que la distancia entre espiguillas es menor en una espiga, el contenido de grano será mayor (se puede decir que es un carácter secundario en el rendimiento final), al contrario las variedades que obtuvieron una densidad de laxa presentaron un menor rendimiento en el número de granos.

5.3.11. Tipo de grano

Otra de las variables evaluadas fue el tipo de grano de las doce variedades de trigo, es decir que da a conocer el carácter de la forma del grano, según los rangos de calificación (Anexo 9), las variedades de trigo Torota 80, Bolivia 2014 y Totorá 2014 presentaron un rango de 5 que corresponde a muy lleno, y las variedades Tepoca T89, Anzaldo, Motacu, 32720 Sawyt, 14032 Sawyt, 31520 Sawyt, 4022 Hapyt, Reedling y Roelfs 2007 que corresponde al tipo de grano lleno.

Es importante resaltar que las variedades obtuvieron un tipo de grano adecuado para el rendimiento de trigo debido a que ninguna variedad presentó el rango 1 denominado grano muy chupado.

Se puede afirmar que el llenado del grano está relacionado con la madurez y la variedad, los granos chupados indican que no se dieron las condiciones adecuadas para obtener un fenotipo adecuado, se llevó la cosecha antes del llenado adecuado del grano o es carácter de la propia variedad.

5.3.12. Tamaño de grano

Según los resultados evaluados las variedades Totorá 80, Motacu, Bolivia 2014, Totorá 2014, 32720 Sawyt, 14032 Sawyt, 31520 Sawyt, 4022 Hapyt, Reedling, Roelfs 2007 presentaron el mayor tamaño de grano comparado con las demás variedades, con un rango de calificación de 3, denominado grano mediano (6-7 mm), mientras que las variedades Tepoca T89 y Anzaldo presentaron un rango de calificación de 1 con denominación de grano pequeño (≥ 6 mm).

El tamaño de grano es un factor importante que puede afectar en el rendimiento de final de una variedad, debido a que el grano pequeño no tendrá el mismo rendimiento que un grano de mayor tamaño.

Así mismo la investigación realizada por el autor Parsons (1999) citado por Condori, (2005), menciona que las condiciones ambientales afectan la calidad de los granos en cuanto a su textura y al porcentaje de proteína y almidón. Las temperaturas extremas durante el desarrollo de la planta, resultan en granos con menos proteína. Así como una alta humedad durante la formación de los granos favorece la formación de estos con un alto porcentaje de almidón.

5.3.13. Color de grano

Las variedades Tepoca T89, Totorá 80, Anzaldo, Bolivia 2014, Totorá 2014, 32720 Sawyt, 140 32 Sawyt, 315 20 Sawyt, 402 2 Hapyt, Reedling y Roelfs 2007 presentaron el color de grano blanco, mientras que la variedad Motacu presentó un color de grano de color rojo-purpura siendo sobresaliente a las demás variedades, actualmente la variedad Motacú es una de las más usadas en la producción triguera.

Por otra parte para la producción de harina se usa más las variedades de color blanco debido a que presenta un color más agradable comparado con otras variedades.

5.3.14. Precocidad

La variedad Totorá 2014 obtuvo una calificación de 5, siendo la más precoz con respecto a las demás variedades. La precocidad es una variable importante ya que determina el tiempo de la madurez fisiológica desde la siembra. Las variedades más precoces se consideran óptimas para la producción pero no así en las variedades tardías.

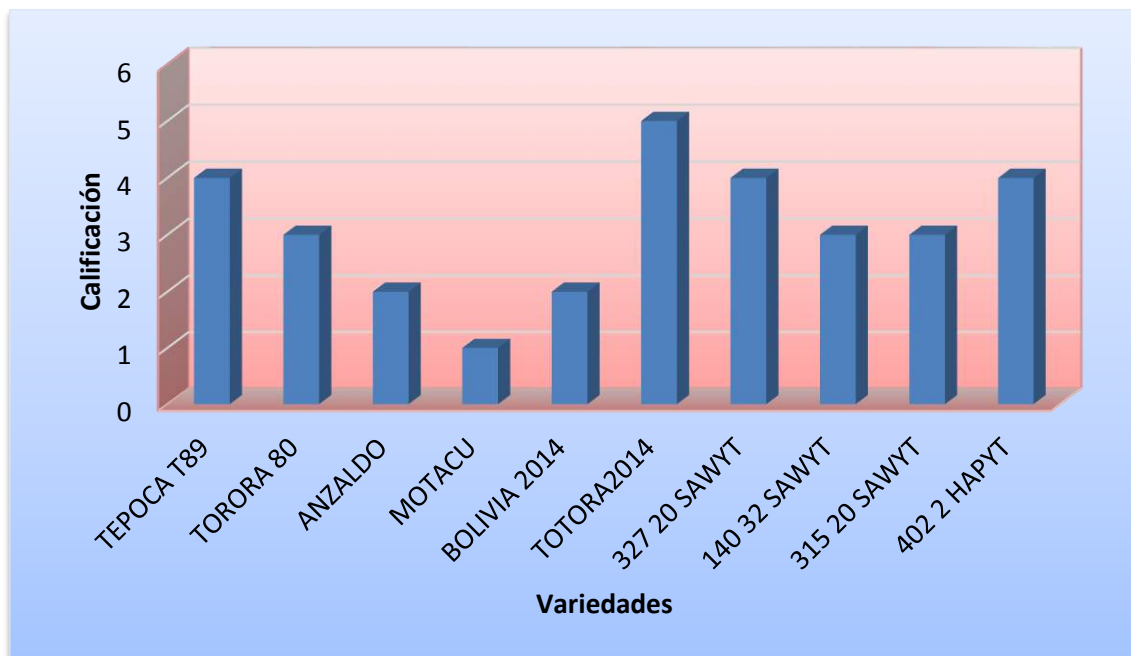


Gráfico 23. Calificación de la precocidad de grano

En este marco, la disponibilidad de variedades precoces de trigo se ha vuelto relevante, porque permiten la cosecha más temprana (...) lo que a su vez permite adelantar la siembra de soja de segunda a una mejor fecha (Moreno *et al.*, 2010).

La mayoría de los agricultores de los valles interandinos de La Paz como en Combaya, todavía cultivan variedades criollas, estos cultivos son susceptibles a enfermedades y plagas, son de ciclos tardíos con bajos rendimientos que no satisfacen a la demanda interna y con dificultad en la cosecha

5.3.15. Reacción al acame y reacción al desgrane

Las plantas de trigo presentan una inclinación o con tendencia a echarse sobre el suelo, tallo recostado sobre el suelo, con el extremo erguido.

En el Gráfico 24 se puede observar que la variedad Roelfs 2007 obtuvo un rango de calificación de 5 que significa que la planta presentó una tendencia recta, mientras que las variedades Tepoca T89, Motacu, Anzaldo, 31520 Sawyt, 32720 Sawyt, Totorá 2014 y 14032 Sawyt presentaron un rango de calificación de 4 que significa que las variedades son semierectas y las variedades Reedling, Torora 80, 4022 Hapyt y Anzaldo tiene un rango menor a las demás variedades.

La reacción acame puede ser por factores naturales de la variedad o influenciado por factores externos como condiciones ambientales o antrópico.

Reacción al desgrane; las variedades 315 20 Sawyt, Bolivia 2014, Totorá 2014, Tepoca T89, 14032 Sawyt, Totorá 80, Roelfs 2007, Motacu y Anzaldo presentaron una clasificación de 4 siendo tolerantes al desgrane y las variedades 32720 Sawyt, Reedling y 4022 Hapyt presentaron el menor grado de calificación de 3, de moderadamente tolerantes al desgrane.

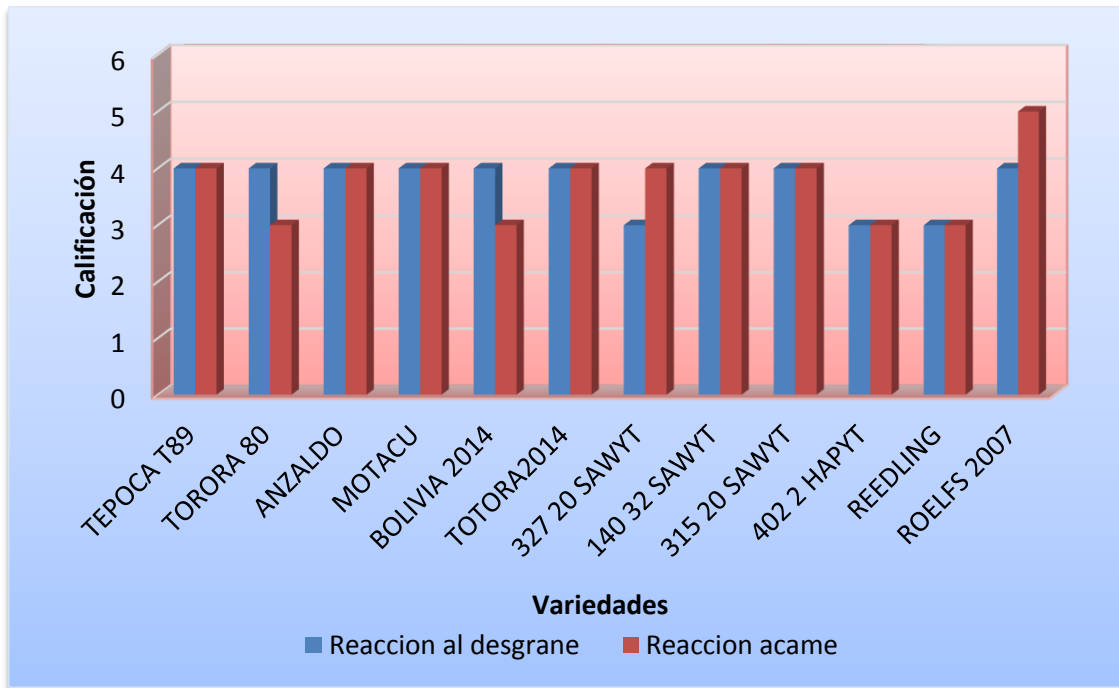


Gráfico 24. Calificación para la variable reacción acame y reacción al desgrane

La reacción al desgrane es un factor que puede afectar el rendimiento de grano por la existencia de pérdida del mismo, este factor puede ser propia de la variedad o influenciado por factores externos. Ninguna de las variedades presentaron niveles altos en la reacción al desgrane y reacción acame, es decir que no tuvo un gran efecto en el rendimiento final.

Las variedades 31520 Sawyt, Totorá 2014, Tepoca T89, 14032 Sawyt, Roelfs 2007, Motacu y Anzaldo presentaron características moderadamente deseables con una reacción al desgrane como tolerante y al acame como tolerante y muy tolerante.

5.3.16. Calificación agronómica

La calificación agronómica del cultivo de trigo se basa en las características fenotípicas, es decir las características observable del cultivo en campo considerando los tres bloques, como ser la altura de planta, longitud de espiga, número de plantas, reacción acame, desgrane y presencia de enfermedades que se tomaron en cuenta para poder realizar la correspondiente calificación agronómica de las doce variedades de trigo.

Las variedades Roelfs 2007, Bolivia 2014 y 4022 Hapyt presentaron las mejores características fenotípicas alcanzando el rango mayor de sobresaliente comparado con las demás variedades, mientras que la variedad Totoro 80, Anzaldo, Motacu, Totoro 2014, 32720 Sawyt y 4022 Hapyt obtuvieron una calificación de un fenotipo con muy buen desarrollo y por ultimo las variedades con fenotipo con buen desarrollo son Tepoca T89, 14032 Sawyt y 31520 Sawyt.

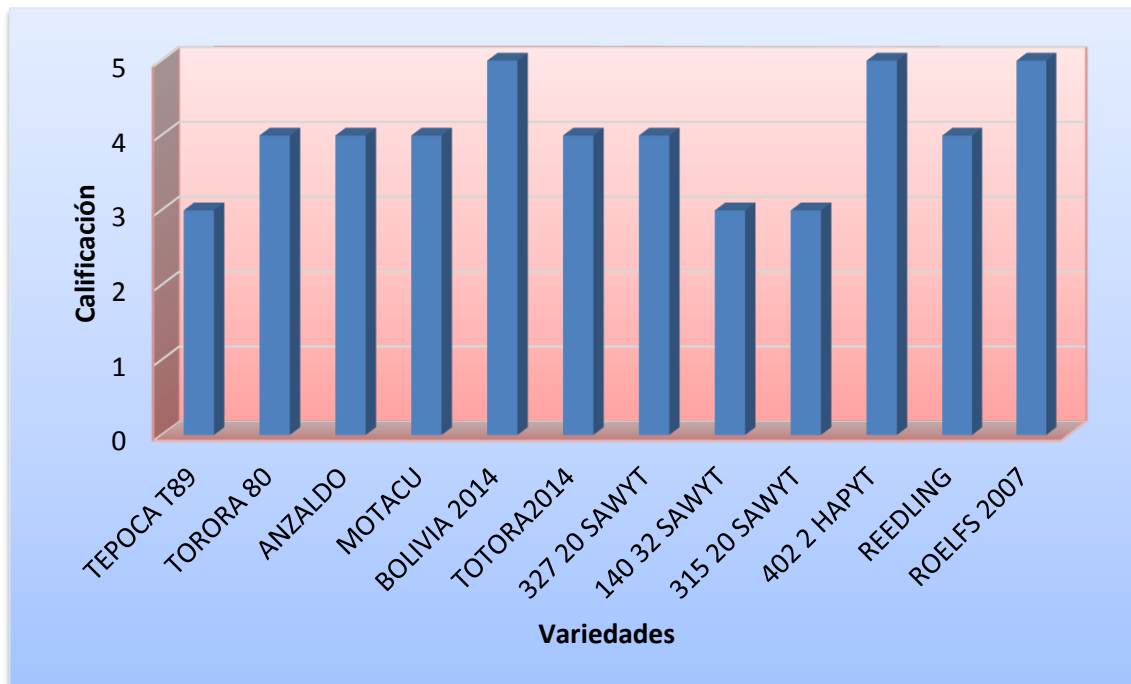


Gráfico 25. Calificación agronómica de doce variedades de trigo

Es importante realizar la calificación agronómica ya que podemos comparar las características observables en campo con los resultados obtenidos de todas las variables de respuesta y poder señalar las similitudes entre ambas variables.

5.3.17. Peso de 1000 granos

Como parte de la evaluación realizada se determinó el peso de 1000 granos de trigo para poder realizar el análisis de varianza para esta variable.

Tabla 12. Análisis de varianza para el peso de 1000 granos (g)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	11,17	2	5,58	1,38	0,2735 NS
VARIEDAD	257,63	11	23,42	5,77	0,0002 *
Error	89,27	22	4,06		
Total	358,07	35			

C.V.=4,87% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

Según el ANVA realizado por los datos de esta variable, el factor variedad fue la única fuente de variación presentando un resultado significativo, para bloques presentó un resultado no significativo es decir que la pendiente no influyó en el peso del grano.

Según la comparación de medias de Duncan en el Gráfico 26 se puede observar que las variedades que presentaron mayor peso fue la variedad 31520 Sawyt con un peso de $45,47 \pm 2,00$ g de 1000 granos de trigo y se puede indicar el tamaño del grano ya que está en correlación con el peso y el rendimiento esperado. Mientras que la variedad 4022 Hapyt y Anzaldo presentan el menor peso de $39,37 \pm 0,91$ y $34,33 \pm 0,40$ g respectivamente.

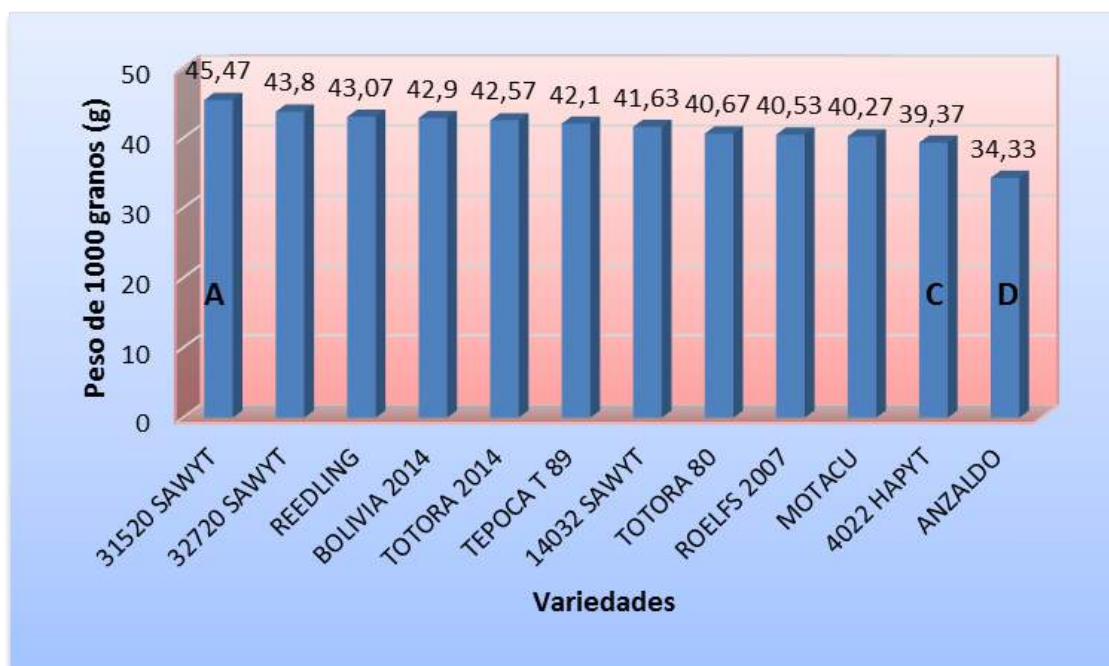


Gráfico 26. Peso de 1000 granos (g) de doce variedades de trigo

La variedad 31520 Sawyt presentó el mayor peso, y en el variable tamaño de grano presentó un rango de calificación de mediano, es decir que ambas van correlacionadas, mientras que la variedad que presentó el menor tamaño y peso fue Anzaldo.

5.3.18. Peso hectolitrico

Realizado el análisis de varianza se determinó que para variedades que existe una diferencia altamente significativa en el peso hectolitrico, entre bloques existe una diferencia no significativa es decir que la pendiente no influyó en el peso hectolitrico de las variedades. Con un coeficiente de variabilidad de 1,49% que nos indica que los datos son confiables.

Tabla 13. Análisis de varianza para el peso hectolitrico (kg/hl)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	0,71	2	0,35	0,23	0,7952 NS
VARIEDAD	89,06	11	8,10	5,31	0,0004 **
Error	33,54	22	1,52		
Total	123,30	35			

C.V.=1,49% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

En la Tabla 13 se presenta el peso hectolitrico de cada variedad. Según la prueba de Duncan en el Gráfico 27 las variedades con mayor peso hectolitrico son Bolivia 2014 y 4022 Hapyt con $85,18 \pm 0,17$ y $84,44 \pm 0,28$ kg/hl respectivamente, los granos de mayor peso presentaron mayor rendimiento.

Las variedades con menor peso hectolitrico fueron Totorá 2014 con $80,13 \pm 0,23$ kg/hl, es decir que los granos tienden a ser semillenos o chupados, que afecta al rendimiento de harina, pero también puede influir la densidad de espiga, el número de espigas, la humedad y otros factores. Las demás variedades no son significativamente diferentes en el peso hectolitrico.

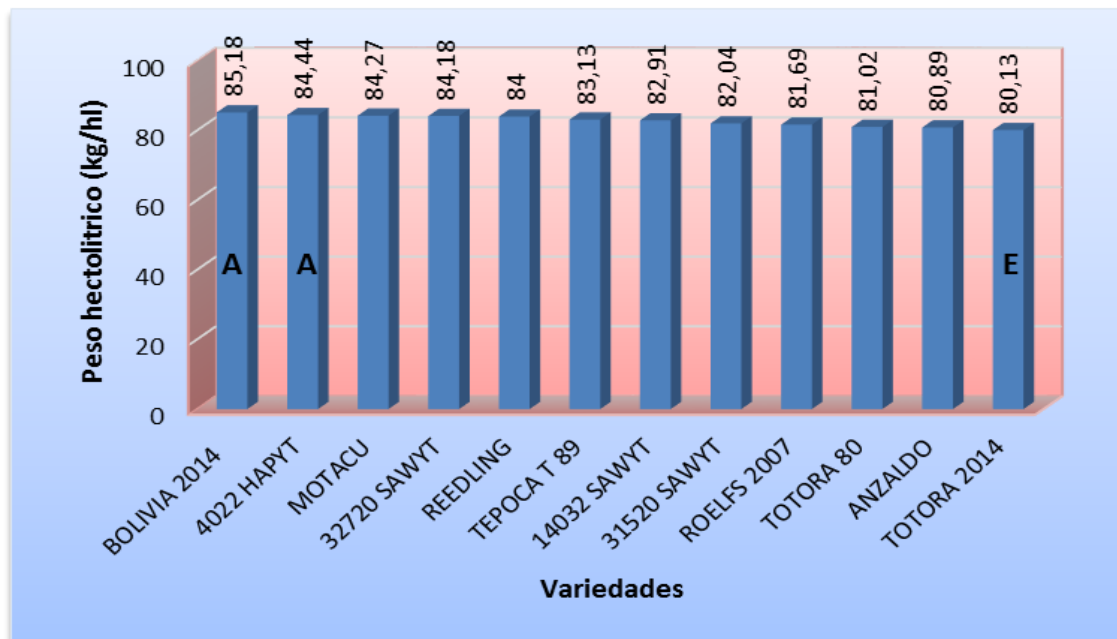


Gráfico 27. Peso hectolitrico (kg/hl) de doce variedades de trigo

Mellado (1986), indica que una variedad bien elegida lleva una serie de características entre ellas se debe destacar un alto potencial de rendimiento, para conocer el beneficio económico que aporta un grano es necesario conocer el peso hectolitro. Generalmente los granos chupados presentan bajo peso hectolitrico en tanto los granos llenos presentan mayor peso, otro factor que influye es el tamaño de grano al peso hectolitrico.

Un bajo peso puede ser indicador de trigos dañados o brotados. Para un mismo trigo, y dentro de ciertos rangos, a mayor peso hectolítico, mayor rendimiento de harina (Chidichimo, 2005).

El peso hectolitrico es importante (Mellado, 1986) indica que en general existe relación directa entre peso del hectolitro de una variedad y su rendimiento de harina es decir, que un grano bien desarrollado rinde más harina que un grano chupado.

Generalmente los granos chupados o arrugados presentan bajo peso del hectolitro, en tanto que los granos llenos tienen buen paso del hectolitro. El peso del hectolitro también es influenciado por la uniformidad de tamaño y forma .del grano. Otro factor que incide en el peso del hectolitro es la densidad del grano, la que a su vez depende de la estructura biológica y composición química del mismo/ incluyendo el contenido de humedad (Mellado, 1986).

5.3.19. Rendimientos en grano kg/ha

El rendimiento es el resultado final de un grupo de interacciones, donde intervienen el genotipo, clima, suelo y manejo del cultivo. El impacto de los distintos parámetros que intervienen en estas variables del sistema define la fenología y el rendimiento de los cultivos (Sotol, 2009).

Esta variable de respuesta es de suma importancia ya que determina la productividad de la variedad en grano. Los componentes de rendimiento en trigo son cinco: plantas/m², macollos/m², espigas/m², granos/espiga y peso de los granos.

Los resultados para en análisis de varianza para rendimiento (Tabla 14), con un nivel de significancia del 5% muestra que para los bloques existe una diferencia altamente significativa, para variedades existe una diferencia significativa, es decir que la variedad y el bloque afectan en el rendimiento del trigo. El coeficiente de variabilidad es de 17,49%, los datos tomados en campo son confiables.

Tabla 14. Análisis de varianza para el rendimiento de grano (kg/ha)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	477330,29	2	238665,15	10,68	0,0006 **
VARIEDAD	582701,42	11	52972,86	2,37	0,0408 *
Error	491540,08	22	22342,73		
Total	1551571,80	35			

C.V.= 17,49% (**) Altamente significativo (*) Significativo (NS) No significativo

Una vez que se determinó que existen diferencias significativas en el factor más importante que es la variedad, se procedió a la comparación de medias utilizando la prueba de Duncan.

Según la prueba de medias se muestra que efectivamente existen diferencias significativas entre las variedades, la variedad Tepoca T89 presentó un rendimiento de $1067,67 \pm 302,15$ Kg/ha comparado con las demás variedades, mientras que las variedades Roelfs 2007, 4022 Hapyt, 31520 Sawyt, Reedling, Motacu, 32720 Sawyt, Bolivia 2014, Totorá 80 y Anzaldo con un rendimiento en grano de $986,17 \pm 157,09$; $979,75 \pm 125,57$; $955,83 \pm 288,83$; $904,67 \pm 115,52$; $887,25 \pm 208,40$; $836,58 \pm 156,77$; $821,33 \pm 288,57$; $772,25 \pm 224,28$; $731,25 \pm 105,43$ Kg/ha respectivamente no presentan diferencias significativas en el rendimiento en grano de trigo. Las variedades que presentaron el menor rendimiento son Totorá 2014 y 14032 Sawyt con $664,50 \pm 297,23$ y $648,50 \pm 154,92$ Kg/ha respectivamente.

Las variables de respuesta como ser macollos, número de plantas, número de espigas determinó que la variedad Tepoca T89 presentara el mayor rendimiento, ya que en las demás variables de respuesta como número de grano, longitud de espiga, densidad de espiga presentaba características menores comparado con las otras variedades. Mientras que la variedad Roelfs 2007 presentó características más deseables con un adecuado número de espiguillas, número de granos y densidad de espiga, que presentó en el segundo lugar en rendimiento en grano.

La variedad Totorá 2014 y 14032 Sawyt presentaron un número de plantas, macollos y número de espigas menores a las demás variedades, siendo un factor que influyó en el menor rendimiento comparado con las doce variedades.

El rendimiento es una característica importante que depende de la variedad y los factores externos que pueden influir en su productividad.

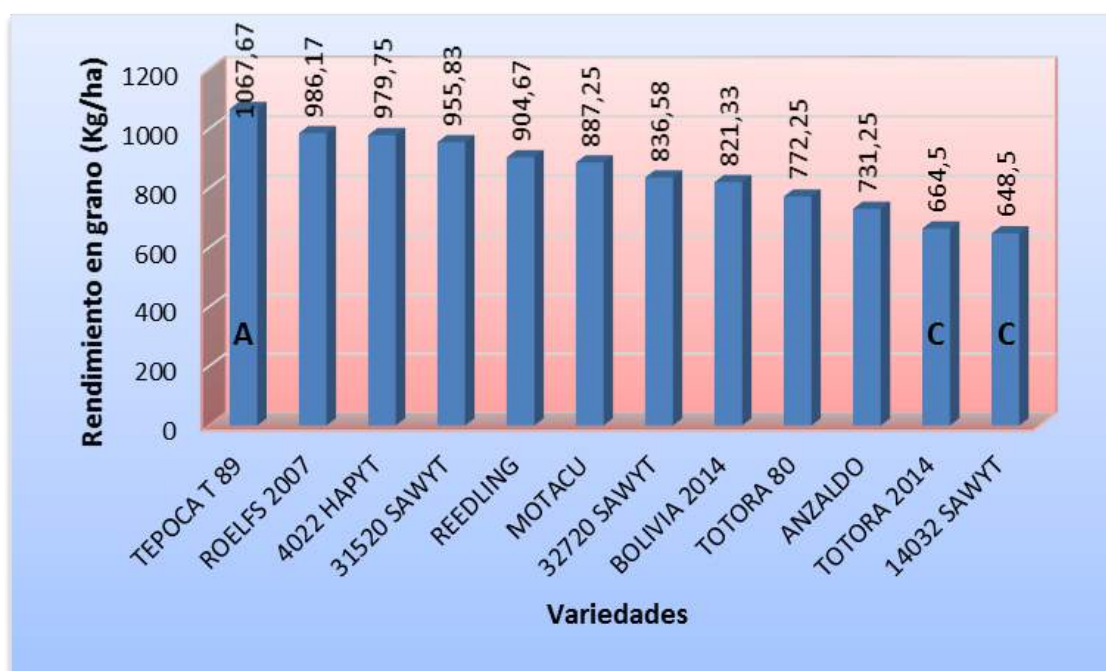


Gráfico 28. Rendimiento de grano (kg/ha) de doce variedades de trigo

Finalmente se concluyó que la variedad Tepoca T89 presentó el mayor rendimiento con $1067,67 \pm 302,15$ Kg/ha, pero comparado con la producción nacional de trigo que es de 1500 a 2000 kg/ha, la comunidad de Combaya presentó un rendimiento menor debido a los factores mencionados en la investigación. La variedad Motacu obtuvo un rendimiento de $887,25 \pm 208,40$ kg/ha pero según la revisión bibliográfica revisada la variedad presenta un rendimiento mayor de 2.500 kg/ha, se puede indicar que esta variedad estudiada en la comunidad de Combaya no genera una producción favorable, por último la producción de la variedad Anzaldo es de 1.600 a 2.300 kg/ha, en la comunidad de Combaya se obtuvo un rendimiento de 731,25 kg/ha.

En la investigación realizada por (Barriga, s.f.) señala que el número de espigas, granos por espiga y peso de los granos pueden ser considerados como componentes principales del rendimiento. En tanto que la precocidad y altura de planta adulta pueden ser considerados como componentes secundarios, ya que ejercen su efecto sobre el rendimiento a través de los componentes principales.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados y los resultados obtenidos, en el presente trabajo de investigación se llegaron a las siguientes conclusiones:

- La precipitación baja en la etapa de macollamiento afecto negativamente al rendimiento esperado. Durante la investigación la precipitación acumulada fue de 399,8 mm que está cerca de la cantidad recomendada. La temperatura en el ensayo no tuvo un gran efecto en el rendimiento, la temperatura mínima fue de 2,6 °C en el mes de junio y la temperatura máxima fue de 24,5 °C que estuvo cerca de los parámetros recomendados.
- El factor variedad influye en las variables de respuesta registradas como ser el rendimiento debido a las características individuales que poseen.
- Para las variables fenológicas como ser emergencia, depende de las características individuales de cada variedad y de los factores ambientales como ser temperatura, humedad, la precipitación. Comparada con los 5 años anteriores, en el mes de marzo presentó la menor precipitación registrada con 72,1 mm en la etapa de macollaje llegando a incidir así en el número de plantas por metro cuadrado y en el rendimiento final.
- Las variables más resaltantes que fueron afectadas por el factor topográfico (pendiente) fueron el número de macollos que influyó en el número de plantas por metro cuadrado, altura de planta, número de espigas por metro cuadrado, número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga y el rendimiento final.
- Las variables más importantes que no fueron afectadas por el efecto del factor bloque fueron días a la emergencia, días a la floración, longitud de espiga, longitud de arista, peso hectolitrico y el peso de 1000 semillas.

- La variedad que presentó el mayor rendimiento fue Tepoca T89 con $1067,67 \pm 302,15$ kg/ha, en las variables de respuesta como ser; emergencia $6 \pm 0,58$ días; madurez fisiológica $127 \pm 2,89$ días; $3 \pm 0,58$ macollos; $365 \pm 40,15$ número de plantas/m² y $388 \pm 49,7$ número de espigas/m² presentó los mejores promedios comparados con las demás variedades, pero con respecto longitud de espiga $5,15 \pm 0,34$ cm; número de espiguillas $10 \pm 0,83$ y al número de granos por espiga obtuvo $14 \pm 1,73$ granos, que fueron según Duncan los promedios más bajos de las doce variedades. Esto nos indica que el rendimiento de la variedad Tepoca T89 estuvo ligado al número de macollos, número de plantas/m² y al número de espigas/m².
- Por otro lado la variedad 14032 Sawyt obtuvo el menor rendimiento con $648,5 \pm 154,92$ kg/ha, las variables que limitaron este rendimiento fueron el número de plantas/m² y el número de espigas/m² con $167 \pm 72,95$, $186 \pm 74,41$ respectivamente, que fueron las mismas variables que influyeron en el rendimiento de la variedad Tepoca T89.
- Según la calificación agronómica del cultivo de trigo que se basa en las características fenotípicas, es decir las características observable del cultivo en campo, la variedad que obtuvo las mejores características fue Bolivia 2014 que presentó un rendimiento de $821,33 \pm 288,57$ kg/ha, no tuvo mucha significancia comparado con las demás variedades, pero destacó en las características fenotípicas como ser; altura de planta $62,4 \pm 6,83$ cm; longitud de espiga $6,43 \pm 0,68$ cm y el peso hectolitrico $85,18 \pm 0,17$ kg/hl.
- Las variedades presentaron diferentes características genéticas con características fenológicas favorables, pero este aspecto no coincide con el rendimiento final, la variedad Bolivia 2014 con una altura de planta, longitud de espiga y peso hectolitrico mayores a las demás variedades.

- La variedad Roelfs 2007 que en el estudio realizado presentó las mayores características en la espiga presentando mayor número de espiguillas con $12 \pm 0,92$, número de granos $24 \pm 2,89$ granos y la densidad de espiga mayor de todas las variedades de estudio.
- Para los parámetros de calidad de semilla el mayor peso hectolítrico, peso de 1000 granos y llenado de grano indica mayor rendimiento de harina donde las variedades más destacables son Bolivia 2014 $85,18 \pm 0,17$ kg/hl, 4022 Hapyt $84,44 \pm 0,28$ kg/hl y 31520 Sawyt $45,47 \pm 2$ g.
- Se determinó que la mayoría de las variables de respuesta tomadas en la investigación del cultivo del trigo no ejercieron un efecto importante en el rendimiento final en grano excepto el número de macollos, número de granos por espiga, tamaño de grano, densidad de grano que ejercieron una gran importancia en el resultado final y también la importancia de las demás variables es tomada para determinar características fenotípicas de la planta durante su desarrollo según la variedad.
- Según los resultados presentados el factor variedad y bloque sumaron una gran importancia en el rendimiento final del cultivo de trigo, el factor bloque es decir la pendiente realizó una comparación de promedios de las doce variedades por bloque, en el bloque I, bloque II, bloque III se obtuvieron rendimientos de 743,4; 807,2 y 1042,7 Kg/ha correspondientemente.
- Las factor variedad demostró ser un factor importante para el rendimiento del cultivo que presentaron un buen desarrollo en la localidad de Combaya, pero con una diferencia en los rendimientos esperados por variedad, el mayor rendimiento de las variedades de investigación fue de Tepoca T89 con $1067,67 \pm 302,15$ Kg/ha pero en zona de valle interandino se espera un rendimiento de 1500 a 2000 Kg/ha.

- La variedad Tepoca T89 presentaba el último lugar de las variables de respuesta estudiadas en la espiga pero presentaba mayor número de macollos, número de plantas y número de espigas, estas variables hicieron que esta variedad se obtuviera un rendimiento mayor, dejando por debajo a las variedades que presentaban características favorables.
- Las variedades con menor rendimiento fueron las variedades Totorá 2014 y 14032 Sawyt con $664,50 \pm 297,23$ y $648,50 \pm 154,92$ Kg/ha respectivamente, presentaban menor número de plantas y espigas por metro cuadrado que fueron un factor para que estas variedades tengan el menor rendimiento en grano.

7. RECOMENDACIONES

En el presente trabajo de investigación según los resultados de campo y gabinete se realizan las siguientes recomendaciones:

- Las variedades presentes en la investigación obtuvieron baja cantidad de macollos, es posible realizar pruebas con mayores densidades ya que el número de plantas y espigas por metro cuadrado fueron factores importantes para el rendimiento final, de esta manera también obtener a mayor producción.
- Se destacar que la información presente en este trabajo de investigación es importante para tener el rendimiento del cultivo en la localidad de Combaya pero es necesario realizar este estudio en diferentes zonas, con diferente topografía ya que los valles interandinos presentan un futuro para la producción de trigo.
- Se debe conocer las variedades locales que se siembran en las diferentes zonas de producción de trigo para tener datos de rendimiento, ya que es un material completamente adaptado al lugar así poder mejorar su modo de producción o implementar nuevas variedades.
- Se recomienda continuidad de la investigación incluyendo los parámetros de calidad de las variedades.
- Se debe ampliar la investigación en el cultivo de trigo ya que es muy primordial para el consumo humano y los valles interandinos tienen las características necesarias para desarrollar este cultivo de manera intensiva para que Bolivia sea autosustentable.

8. BIBLIOGRAFÍA

AGROBANCO, (2012). Guía técnica “análisis de suelo y fertilización en el cultivo de quinua orgánica”. Puno - Peru. 32p.

Arteaga, Y. (2003). Diseños Experimentales. La Paz – Bolivia. 79p.

Barriga, P. (1990). Análisis de causa y efecto para rendimiento y componentes del rendimiento en trigo de primavera. Chile. pp.2-3.

Barriga, P. (s.f.). Análisis de causa y efecto para rendimiento y componentes del rendimiento en trigo de primavera. Chile. pp. 2-3.

Carrasco, N. y Báez, A. (2005). Trigo: manual de campo. INTA EEA. Buenos Aires- Argentina.125p.

Carrasco, N., Báez, A. y Belmonte, M. (2009). Trigo Manual de campo. Bolivia - La Paz. 82p.

Carretero, R., Esgarro, R. y Millares, D. (2007). Las enfermedades foliares en el cultivo de trigo. Universidad de Buen Aires- Argentina. 268p.

Castañeda, C., López., C., Molina, J., Colinas, T. y Livera, A. (2004). Crecimiento y desarrollo de cebada y trigo. 27(2). México. pp. 8-9.

Chidichimo, H., Sempé, M., Aulicino, y Almaráz, M. (2005), Informe sobre calidad comercial e industrial de trigo. 183p.

Chilon, E. (1997). Manual de fertilidad de suelos y nutrición vegetal. La Paz - Bolivia.

CIAT, (2013), Centro de investigación tropical. 2p.

- Condori, G. (2005). Adaptación de 15 variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) En los valles interandinos de las provincias Camacho, Bautista Saavedra y Muñecas de La Paz. Tesis Ing.Agr.La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 134p.
- Duran, J., Maldonado, A., Nina, R., Duran, A. Duran, V. y Calderón, B. (2013). Servicios de Consultoría Municipio de Combaya, La Paz.
- Escobari, M. E. (2000). Prefectura del departamento de La Paz, dirección departamental de recursos naturales y medio ambiente unidad de pueblos indígenas y ordenamiento territorial proyecto valles interandinos, zonificación agroecológica y socioeconómica de los valles interandinos del departamento de La Paz. Bolivia. 155p.
- FAO, (2010). Perspectivas alimentarias, análisis de los mercados mundiales.130p.
- Felicitas, H. (2012) Componentes químicos y algunas propiedades físicas del grano de trigo y su relación con la funcionalidad de las harinas. Concepción. 25p.
- Fernández, M. (1984). La urea, fertilizante nitrogenado.pp.1-2.
- Figuroa, P., Dávila, G., Valenzuela, V., Chávez G., Fuentes, F. y Mendoza, J. (2011). 'ROELFS F2007', nueva variedad de trigo harinero para el noroeste de México. México. (34)3. 85p.
- Fraschina J., Gomez D., Donaire G., Bainotti C, y Salines J. (2016). Trigo y doble cultivo en la region central. Argentina.6p.
- FUNDACION CHILE, (2011). Manual de recomendaciones de trigo. Chile - Santiago. pp. 29-32.
- García, A. y Díaz, M. (2001). Tecnología para altos rendimientos en trigo. pp133-134.

- García, P., Balbi, C. y Ferrero, A. (2003). Ensayo de cultivares de Trigo Pan (*Triticum aestivum* L.) en la provincia de Corrientes: Fenología y componentes de rendimiento Campo Didáctico Experimental. Facultad de Ciencias Agrarias. Argentina. pp. 3-4.
- Gardner, F.P., Brent Pearce, R. y Mitchel, R.L. (1985). Fijación de carbono por los cultivos. pp. 31-57.
- Garofalo, F., Ponce, L y Abad, S. (2011). Cultivo de trigo. Ecuador. pp. 2-3.
- INIAF, (2011). 3ra feria y simposio nacional de trigo y sus derivados Pocona 2011. - Cochabamba – Bolivia. pp. 20-22.
- INIAF, (2014). Investigación de innovación para la seguridad alimentaria y soberanía alimentaria en Bolivia. Revista científica de investigación. (1)3, La Paz-Bolivia. 104p.
- INIAF, (2014). Variabilidad fenotípica de 50 líneas de trigo adaptadas a condiciones semiáridas. Investigación e innovación para la seguridad y soberanía alimentaria en Bolivia. 1 (3). pp. 10-11.
- INTA, (2006). Comportamiento de cultivares seleccionados por calidad y sanidad en diferentes ambientes de la provincia Córdoba campaña. Argentina. 50p.
- INTA, (2007). Trigo Manual de campo. Argentina. (2da). pp 26-28.
- Júarez, M. (1989). Mejoramiento de la resistencia a la sequía en trigo. En Golberg, R. y Peinetti, C. (1986). Relaciones hídricas y comportamiento genotípico en trigo. Argentina. pp. 26-40.
- Juárez, R. J. (2011). Comportamiento agronómico de tres variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) Bajo tres densidades de siembra en zonas de cabecera de valle del departamento de la paz. Tesis Ing.Agr.La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 84p.

- Juárez, Z., Bárcenas, M. y Hernández, L., (s.f.). El grano de trigo: características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento. México. 14p.
- Mamani, T. H. (1999). Evaluación de 15 variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en el altiplano central y norte de Bolivia. Tesis Ing.Agr.La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía.
- Manangon, P. (2014). Evaluación de siete variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) con tres tipos de manejo nutricional, a 2890 m.s.n.m. Juan Montalvo – Cayambe 2012. Quito - Chile.111p.
- Martin, (s.f.). Cultivo del trigo. 29p.
- Mellado, M. (1986). Peso hectolitrico del trigo.pp. 15-16.
- Miller, T. (1990). Estadios de crecimiento del cultivo de trigo. La identificación y su entendimiento para un mejor manejo de los cultivos. Estados Unidos, Texas.
- Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) (2011). Informes climatológicos de las diferentes zonas productivas.
- Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) (2015). Producción agropecuaria y soberanía alimentaria, Bolivia.
- Miralles, D.J., González, F.G., Abeledo, L.G., Serrago, R. A., Alzueta, I., García, G. A., de San Caledonio, R. P. y Valvo P. (2014). Manual de trigo y cebada para el cono sur procesos fisiológicos y bases de manejo. Buenos aires–Argentina. 48p.
- Mondoñedo, J.,Kirchner, F., Medina, J. y De La Rosa, (1999) manual para educación agropecuaria trigo, cebada, avena. (Ed) trillas. México. 56p.
- Moreno, I., Ramírez, A., Plana, R. y Iglesias, L. (2001). El cultivo del trigo. Algunos resultados de su producción en cuba, La Habana, Cuba, 22, (4), pp. 55-67.

- Ochoa, R. R. (2002). Introducción de quince variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) en dos comunidades de la provincia de La Paz. Tesis Ing.Agr.La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 75p.
- Ochoa, R., (2009), Diseños Experimentales. La Paz – Bolivia. 387p.
- Orsag, V. (2010). El recurso suelo principio para su manejo y conservación. Bolivia: Zeus.23p.
- Panorama agroalimentario (2014). Dirección de Investigación Económica y Sectorial Subdirección de Evaluación Sectorial. México. 29p.
- PDM, (2013). Plan de desarrollo municipal del gobierno autónomo municipal de Combaya. Bolivia - La Paz. 155p.
- Pilar, R. (2015). Trigo: nuestro producto está muy bien valorado debido al influjo del Sol. España.
- Plana, R., Álvarez, M., Moreno., Ramírez, A. y Caballero., A. (2001). Evaluación de una colección de variedades de trigo (*triticum aestivum*) resistentes a *helminthosporium sativum* en el occidente de cuba. Cuba. (22)2. pp. 2-3.
- PROINPA, (2010a). Trigo harinero Ansaldo, Cochabamba - tirajasca. pp. 2-3.
- PROINPA, (2010b). Trigo harinero Tepoca-T89, Cochabamba. pp. 2-3.
- PROTRIGO (1998). Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Para el Cultivo de Trigo y Cereales Menores.
- Prudencio, J. (1999). La inseguridad alimentaria en Bolivia: el caso del trigo. La Paz Bolivia. 231p.
- SAGARPA (s.f.). (Secretaría de Alimentación, Ganadería y Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). Cultivo de trigo.10p.

- Santiveri, P. (1992). Influencia del habito de crecimiento sobre el comportamiento agronómico y fisiológico del Triticale Hexaploide (Xtriticosecale, Wittmack). 95p.
- SENAMHI, (2016). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Datos climáticos de Sorata. Departamento de suministro de información termo pluviométricos. La Paz, Bolivia.
- Silva, P., Matus, I., Madariaga, R. y Acevedo, E. (2011) criterios técnicos del cultivo de trigo candelan. Chile, Santiago. 56p.
- Sotol, F. (2009). Influencia de la temperatura en la duración de las fases fenológicas del trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) y triticale (X *Triticum secale* Wittmack) y su relación con el rendimiento. (La Habana). SciELO, Scientific Electronic Library Online. 30(3). 2-3p.
- Urbano, (1999). Efecto de la radiacion sobre las plantas. pp. 2-3.
- Valle, S., Lizana, C y Calderini, D. (2011). Trigo y Cebada: Decisiones de manejo en base a conceptos eco fisiológicos para optimizar el rendimiento, la calidad y el uso de los recursos. Chile. 194p.
- Valle, S., Lizana, L y Calderini, D. (2011). Sistemas de Producción de Trigo y Cebada: Decisiones de manejo en base a conceptos ecofisiológicos para optimizar el rendimiento, la calidad y el uso de los recursos. Chile. 194p.
- Villareal, M. (2000). Efectos de la producción del trigo (*Triticum aestivum* L) en el mundo, Mexico y la región 5 manantiales. México. 86p.
- Zúñiga J. (2017). Trigo blanco valor nutricional y potencial. Chile. 4p.

ANEXOS

Anexo 1. Composición típica de macro y micronutrientes del grano de trigo

NUTRIENTE	UNIDADES POR 100 (g)	HARINA DE			
		GRANO	GRANO ENTERO	REFINADA	CÁSCARA
ANÁLISIS PROXIMAL					
Proteínas	g	12,6	13,7	9,7	15,6
Almidón	g	62,4	60	58,9	14,1
Lípidos	g	1,54	1,87	1,48	4,25
Cenizas	g	1,57	1,6	0,58	5,79
Fibra dietética	g	12,2	12,2	5,5	42,8
MINERALES					
Hierro	mg	3,19	3,88	1,26	10,57
Magnesio	mg	126	138	25	611
Fósforo	mg	288	346	107	1013
Potasio	mg	363	405	149	1182
Zinc	mg	2,65	2,93	1,02	7,27
Cobre	mg	0,43	0,38	0,19	1
Selenio	ug	71	71	15	78
VITAMINAS					
Tiamina	mg	0,38	0,45	0,19	0,52
Riboflavina	mg	0,12	0,22	0,07	0,58
Niacina	mg	5,46	6,37	1,2	13,58
Ácido pantoténico	mg	0,95	1,01	0,25	2,18
Vitamina B-6	mg	0,3	0,34	0,04	1,3
Folato	ug	38	44	31	79
Vitamina A	IU	9	9	0	9
Vitamina E	mg	1,01	0,82	0,05	1,49
Vitamina K	ug	1,9	1,9	0,3	1,9
PERFIL LIPÍDICO (ÁCIDOS GRASOS)					
Saturados	g	0,27	0,32	0,3	0,63
Monoinsaturados	g	0,2	0,23	0,19	0,64
Poliinsaturados	g	0,63	0,78	0,85	2,21
Carotenoides					
Luteína + zeaxantina	ug	220	220	18	240

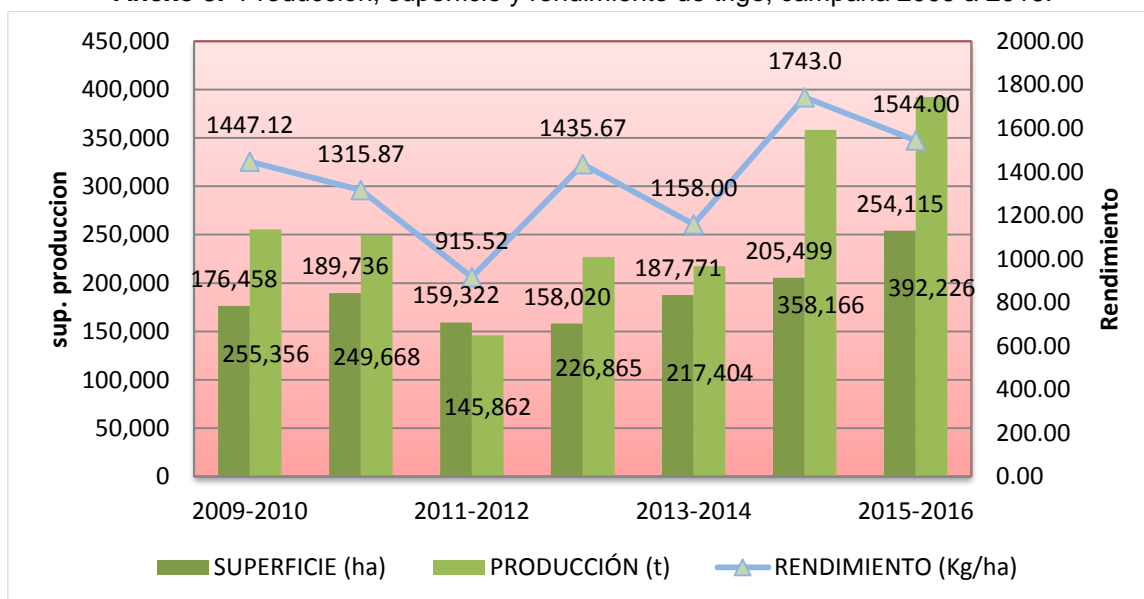
FUENTE: elaboración propia basada en USDA-ARS, 2006 y National Public Health Institute, 2007

Anexo 2. Principales países productores de trigo

PAÍSES	PRODUCCIÓN PROYECTADA (millones de toneladas) 2013/14	PARTICIPACIÓN EN LA PRODUCCIÓN (%)
Unión Europea (27 países)	142,9	20,1
China	122	17,1
India	92,5	13
EE.UU.	58	8,1
Rusia	52,1	7,3
Canadá	37,5	5,3
Australia	26,5	3,7
Pakistán	24	3,4
Ucrania	22	3,1
Turquía	18	2,5
Kazajstán	15,5	2,2
Irán	14,5	2
Argentina	10,5	1,5
Egipto	8,8	1,2
Marruecos	7	1
Otros	60,9	8,6
Total	712,7	100

FUENTE: elaborado por Odepa con información de enero 2014 del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, USDA.

Anexo 3. Producción, superficie y rendimiento de trigo, campaña 2009 a 2016.



Fuente: ministerio de desarrollo rural y tierra (2015)

Anexo 4. Oferta y demanda (grano y harina equivalente en grano) en (tn)

DESCRIPCION	2010	2011 (p)	2012 (p)	2013 (p)	2014 (p)	2015 (e)
Producción	241.648	138.672	215.170	206.826	356.781	371.507
Importación	332.573	346.647	405.334	265.697	422.835	134.344
Oferta total	574.221	485.319	620.504	472.523	779.616	505.851
Consumo	693.283	704.626	716.002	727.412	738.845	750.286
Exportación	0	0	0	0	0	0
Demanda total	693.283	704.626	716.002	726.412	738.845	750.286
Superávit (+)/déficit (-) aparente	119.062	219.037	95.497	254.889	40.771	244.435

Fuente: Ministerio de Desarrollo Rural y Tierra (2015)

Anexo 5. Condiciones climáticas durante el desarrollo del ensayo

MESES	PP(mm)	HR%	T max	T min	T media
ENERO	173,7	65,1	24,5	13,4	18,9
FEBRERO	193,4	70,7	23,0	13,8	18,4
MARZO	72,1	66,0	24,5	13,8	19,2
ABRIL	93,3	67,8	23,6	13,0	18,3
MAYO	34,2	72,9	22,1	2,8	12,5
JUNIO	6,8	70,0	20,1	2,6	11,3
TOTAL	573,5				
PROMEDIO		68,75	22,97	9,9	16,43

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2016)

Anexo 6. Condiciones climáticas promedio de los periodos (2011-2015)

AÑO	PP(mm)	HR%	T max	T min	T media
2011	912,1	78,75	21,8	9,5	15,5
2012	750,6	78,20	21,5	8,6	15,1
2013	629,1	80,32	22,5	3,2	12,8
2014	650,3	79,60	21,5	7,3	14,4
2015	873,0	77,83	21,7	6,0	13,9
PROMEDIO	763,0	78,94	21,8	6,9	14,3

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2016)

Anexo 7. Categorías del nivel de disponibilidad de nutrientes del suelo

Cmol (+)/Kg=meq/100 g.

ANÁLISIS	CATEGORÍA		
	BAJO	MEDIO	ALTO
pH en agua 1:2,5	< 5,5	5,5 - 6,0	> 6,0
N-NO ₃ disponible, mg/kg	0 - 20	21 - 35	> 35
P Olsen, mg/kg	0 - 10	11 - 20	> 20
K disponible, mg/kg	0 - 99	100 - 180	> 180
Materia orgánica, %	< 5	5 - 12	> 12
Ca intercambiable cmol(+)/kg	< 5	5 - 9	> 9
Mg intercambiable, cmol(+)/kg	< 0,5	0,5 - 1,0	> 1,0
Na intercambiable, cmol(+)/kg	< 0,20	0,20 - 0,30	> 0,30
Al intercambiable, cmol(+)/kg	< 0,25	0,25 - 0,50	> 0,50
Suma bases intercambio, cmol(+)/kg	< 0,60	6,0 - 10,0	> 10,0
Saturación aluminio, %	< 0,5	5,0 - 10,0	> 10,0
S-SO ₄ extractable, mg/kg	< 10,0	10,0 - 16,0	> 16,0
Fe, mg/kg	< 2,5	2,5 - 4,5	> 4,5
Mn, mg/kg	< 0,5	0,6 - 1,0	> 1,0
Zn, mg/kg	< 0,5	0,5 - 1,0	> 1,0
B, mg/kg	< 0,5	0,5 - 1,0	> 1,0
Cu, mg/kg	< 0,3	0,3 - 0,5	> 0,5

FUENTE: FUNDACION CHILE (2011)

Anexo 8. Resumen de resultado del análisis de fertilización

REQUERIMIENTOS	CANTIDAD	RESULTADO
PCA	1500 Tm/ha	
Nitrógeno	0,21 %	3150 Tm/ha
Coefficiente de Asimilación	3 %	94,50 kg Ndisp/ha/año
Ciclo vegetativo	6 meses	47,25 Kg Ndisp/ha/6meses
Coefficiente de Asimilación de La planta (3%)	40 %	19Kg N/ha

	N	P2O5	K2O
DEMANDA	55	25	50
OFERTA	19		
DOSIS	36		

REQUERIMIENTO	CANTIDAD
Eficiencia de fertilizante (80%)	45 kg/ha
UREA (46%)	98 Kg/ha

Anexo 9. Descriptores de las variables de respuesta

POSICIÓN DE ESPIGA (PE)	
UNIDAD DE MEDIDA	
CALIFICACIÓN	DENOMINACIÓN
1	Curvo
2	Recto

FUENTE: Programa nacional de trigo

DENSIDAD DE ESPIGA (DEN)	
UNIDAD DE MEDIDA	
CALIFICACIÓN	DENOMINACIÓN
1	Muy laxa
2	Laxa
3	Moderadamente compacta
4	Compacta
5	Muy compacta

FUENTE: Programa nacional de trigo

TIPO DE GRANO (TG)	
UNIDAD DE MEDIDA	
CALIFICACIÓN	DENOMINACIÓN
1	Muy chupado
2	Chupado
3	Casi lleno
4	Lleno
5	Muy lleno

FUENTE: Programa nacional de trigo

TAMAÑO DE GRANO (TG)	
UNIDAD DE MEDIDA	
CALIFICACIÓN	DENOMINACIÓN
1	Grano pequeño (< 6 mm)
3	Grano mediano (6-7mm)
5	Grano grande (> 7 mm)

FUENTE: Programa nacional de trigo

COLOR DE GRANO (CG)	
UNIDAD DE MEDIDA	
CALIFICACIÓN	DENOMINACIÓN
1	Purpura
3	Rojo
5	Blanco

FUENTE: Programa nacional de trigo

PRECOCIDAD (P)	
CALIFICACIÓN	DENOMINACIÓN
1	Muy Tardío
2	Tardío
3	Intermedio
4	Precoz
5	Muy Precoz

FUENTE: Programa nacional de trigo

REACCIÓN ACAME (RA), REACCIÓN AL DEDESGRANE (RD) Y SEPTORIA (SE)	
UNIDAD DE MEDIDA	
CALIFICACIÓN	DENOMINACIÓN
1	Muy susceptible
2	Susceptible
3	Moderadamente tolerante
4	Tolerante
5	Muy tolerante

FUENTE: Programa nacional de trigo

PORTE DE PLANTA DE TRIGO	
UNIDAD DE MEDIDA	
CALIFICACIÓN	DENOMINACIÓN
1	Muy decumbente
2	Decumbente
3	Semi decumbente
4	Semierecto
5	Erecto

FUENTE: Programa nacional de trigo

CALIFICACIÓN AGRONÓMICA (CA)	
UNIDAD DE MEDIDA	
CALIFICACIÓN	DENOMINACIÓN
1	Fenotipo indeseable
2	Fenotipo pobre
3	Fenotipo intermedio
4	Fenotipo bueno
5	Fenotipo sobresaliente

FUENTE: Programa nacional de trigo

Anexo 10. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para días a la emergencia

VARIETADES	PROMEDIO DÍAS A LA EMERGENCIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	DUNCAN ($\alpha=0,05$)
TEPOCA T89	6	0,58	A
4022 HAPYT	6	0,58	AB
14032 SAWYT	7	0,58	AB
ROELFS 2007	7	0,58	AB
32720 SAWYT	8	0,58	BC
TOTORA 80	8	0,58	BC
31520 SAWYT	8	0,58	BC
REEDLING	8	1,00	C
TOTORA2014	8	0,58	C
ANZALDO	8	0,58	C
BOLIVIA 2014	8	0,58	C
MOTACU	11	0,58	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 11. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para días a la floración

VARIETADES	PROMEDIO DÍAS A LA FLORACIÓN	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	DUNCAN ($\alpha=0,05$)
4022 HAPYT	72	1,53	A
TOTORA 2014	72	2,89	A
TEPOCA T89	73	2,89	AB
TOTORA 80	73	1,53	AB
ROELFS 2007	74	0,58	ABC
31520 SAWYT	74	1,15	ABC
14032 SAWYT	74	1,15	ABCDE
REEDLING	77	1,53	BCDE
ANZALDO	77	2,52	CDE
BOLIVIA 2014	78	2,65	DE
MOTACU	79	3,61	E
32720 SAWYT	79	0,58	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 12. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para días a la madurez fisiológica

VARIETADES	PROMEDIO DÍAS A LA MADUREZ	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	DUNCAN (A=0,05)
TEPOCA T89	127	2,89	A
4022 HAPYT	127	2,89	A
TOTORA 2014	128	2,52	A
TOTORA 80	135	4,62	B
31520 SAWYT	136	5,13	BC
ROELFS 2007	137	2,52	BCD
14032 SAWYT	139	9,02	BCDE
32720 SAWYT	141	5,51	BCDE
BOLIVIA 2014	141	4,04	BCDE
REEDLING	143	5,57	CDE
ANZALDO	144	0,58	DE
MOTACU	146	1,73	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 13. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para número de macollos

VARIETADES	PROMEDIO NÚMERO DE MACOLLOS	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	DUNCAN (A=0,05)
TEPOCA T89	3	0,58	A
402 2 HAPYT	3	0,58	A
MOTACU	2	1,15	B
TOTORA 80	2	0,58	B
ANZALDO	2	0,58	B
140 32 SAWYT	2	0,58	B
315 20 SAWYT	2	0,58	B
327 20 SAWYT	2	1,15	B
TOTORA 2014	1	0,58	B
BOLIVIA 2014	1	0,58	B
REEDLING	1	0,58	B
ROELFS 2007	1	0,58	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 14. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para número de plantas/m²

VARIETADES	PROMEDIO NÚMERO DE PLANTAS/m²	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	DUNCAN (A=0,05)
TEPOCA T89	365	40,15	A
4022 HAPYT	257	26,00	B
TOTORA 80	239	13,32	BC
TOTORA 2014	213	15,72	CD
ROELFS 2007	210	33,23	CD
315 20 SAWYT	209	34,39	CD
BOLIVIA 2014	197	34,65	CD
ANZALDO	193	24,66	D
MOTACU	192	29,50	D
32720 SAWYT	191	27,06	D
REEDLING	189	19,35	D
14032 SAWYT	167	72,95	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 15. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para número de espigas/m²

VARIETADES	PROMEDIO NÚMERO DE ESPIGAS/m²	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	DUNCAN (A=0,05)
TEPOCA T89	388	49,70	A
4022 HAPYT	293	10,97	B
TOTORA 80	256	14,36	BC
ROELFS 2007	253	32,45	BC
31520 SAWYT	244	32,02	BC
MOTACU	234	12,00	BC
TOTORA 2014	224	15,82	CD
REEDLING	223	10,02	CD
ANZALDO	218	16,62	CD
32720 SAWYT	211	26,10	CD
BOLIVIA 2014	211	31,00	CD
14032 SAWYT	186	74,41	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 16. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para la altura de planta (cm)

VARIETADES	PROMEDIO ALTURA DE PLANTA (cm)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	DUNCAN (A=0,05)
BOLIVIA 2014	62,4	6,83	A
MOTACU	60,7	3,49	AB
TOTORA 2014	58,4	8,53	AB
REEDLING	57,6	5,08	ABCD
31520 SAWYT	56,9	0,91	ABCD
TEPOCA T89	56,3	3,44	BCD
14032 SAWYT	55,1	3,42	BCD
ANZALDO	54,0	2,37	CD
32720 SAWYT	53,6	3,04	CD
TOTORA 80	53,5	3,57	CD
4022 HAPYT	53,0	2,43	CD
ROELFS 2007	51,9	4,37	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 17. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para la longitud de espiga (cm)

VARIETADES	PROMEDIO LONGITUD DE ESPIGA (cm)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	DUNCAN (A=0,05)
BOLIVIA 2014	6,43	0,68	A
4022 HAPYT	6,41	0,03	AB
REEDLING	6,40	0,51	AB
ROELFS 2007	6,28	0,40	ABC
32720 SAWYT	6,06	0,35	ABC
TOTORA 2014	5,97	0,06	ABCD
ANZALDO	5,92	0,50	ABCD
14032 SAWYT	5,92	0,34	ABCD
31520 SAWYT	5,63	0,19	ABCDE
TOTORA 80	5,57	0,60	CDE
MOTACU	5,43	0,06	DE
TEPOCA T 89	5,15	0,34	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 18. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para el número de espiguillas por espiga

VARIETADES	PROMEDIO NÚMERO DE ESPIGUILLAS POR ESPIGA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	DUNCAN (A=0,05)
ROELFS 2007	12	0,92	A
4022 HAPYT	12	1,01	A
32720 SAWYT	11	0,23	ABC
TOTORA 2014	11	1,68	ABC
14032 SAWYT	11	0,83	ABC
BOLIVIA 2014	10	1,97	ABC
ANZALDO	10	1,15	ABC
MOTACU	10	1,51	BC
TOTORA 80	10	1,20	BC
31520 SAWYT	10	0,61	BC
REEDLING	10	0,83	BC
TEPOCA T 89	10	0,83	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 19. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para el número de granos por espiga

VARIETADES	PROMEDIO NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	DUNCAN (A=0,05)
ROELFS 2007	24	2,89	A
ANZALDO	23	2,89	AB
BOLIVIA 2014	23	2,52	AB
4022 HAPYT	22	4,62	ABC
MOTACU	19	5,13	ABC
TOTORA 80	19	2,52	BCD
14032 SAWYT	19	9,02	BCD
REEDLING	18	5,51	BCD
32720 SAWYT	18	4,04	BCD
TOTORA 2014	18	5,57	CD
31520 SAWYT	18	0,58	CD
TEPOCA T 89	14	1,73	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 20. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para la longitud de arista (cm)

VARIETADES	PROMEDIO LONGITUD DE ARISTA (cm)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	DUNCAN (A=0,05)
TOTORA 80	6,59	0,52	A
4022 HAPYT	6,49	0,50	A
32720 SAWYT	6,41	0,12	AB
BOLIVIA 2014	6,34	0,37	ABC
31520 SAWYT	5,98	0,35	ABC
14032 SAWYT	5,93	0,09	ABC
TOTORA 2014	5,87	0,80	ABC
ROELFS 2007	5,65	0,51	BC
TEPOCA T 89	5,63	0,25	BC
MOTACU	5,63	0,10	BC
REEDLING	5,58	0,51	C
ANZALDO	5,53	0,32	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 21. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para el peso de 1000 granos (g)

VARIETADES	PROMEDIO DE PESO DE 1000 GRANOS (g)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	DUNCAN (A=0,05)
31520 SAWYT	45,47	2,00	A
32720 SAWYT	43,8	1,64	AB
REEDLING	43,07	0,55	AB
BOLIVIA 2014	42,9	3,00	ABC
TOTORA 2014	42,57	3,67	ABC
TEPOCA T 89	42,1	3,38	ABC
14032 SAWYT	41,63	2,61	ABC
TOTORA 80	40,67	0,87	BC
ROELFS 2007	40,53	0,49	BC
MOTACU	40,27	0,71	BC
4022 HAPYT	39,37	0,91	C
ANZALDO	34,33	0,40	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 22. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para el peso hectolitrico (kg/hl)

VARIETADES	PROMEDIO PESO HECTOLITRICO (kg/hl)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	DUNCAN (A=0,05)
BOLIVIA 2014	85,18	0,17	A
4022 HAPYT	84,44	0,28	A
MOTACU	84,27	0,46	AB
32720 SAWYT	84,18	0,95	AB
REEDLING	84,00	0,00	ABC
TEPOCA T 89	83,13	0,18	ABCD
14032 SAWYT	82,91	0,74	ABCD
31520 SAWYT	82,04	3,54	BCD
ROELFS 2007	81,69	1,47	CDE
TOTORA 80	81,02	0,04	DE
ANZALDO	80,89	0,77	DE
TOTORA2014	80,13	0,23	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 23. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$), para el rendimiento de grano (kg/ha)

VARIETADES	PROMEDIO RENDIMIENTO EN GRANO (kg/ha)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	DUNCAN (A=0,05)
TEPOCA T 89	1067,67	302,15	A
ROELFS 2007	986,17	157,09	AB
4022 HAPYT	979,75	125,57	AB
31520 SAWYT	955,83	288,83	AB
REEDLING	904,67	115,52	ABC
MOTACU	887,25	208,40	ABC
32720 SAWYT	836,58	156,77	ABC
BOLIVIA 2014	821,33	288,57	ABC
TOTORA 80	772,25	224,28	BC
ANZALDO	731,25	105,43	BC
TOTORA 2014	664,5	297,23	C
14032 SAWYT	648,5	154,92	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 24. Resumen del análisis de varianza de las variables de respuesta

RESUMEN DEL ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA DEL EFECTO DE BLOQUE			
VARIABLES	NS	(*)	(**)
EMERGENCIA	0,6167		
FLORACIÓN	0,2328		
MADUREZ FISIOLÓGICA		0,0189	
MACOLLOS			0,0001
PLANTAS/m²			0,0002
ESPIGAS/m²		0,0262	
ALTURA DE PLANTA			0,0001
LONGITUD DE ESPIGA	0,4919		
NÚMERO DE ESPIGUILLAS		0,0006	
NÚMERO DE GRANOS/ESPIGA			0,0006
LONGITUD DE ARISTA	0,3434		
EL PESO DE 1000 GRANOS	0,2735		
PESO HECTOLITRICO	0,7952		
RENDIMIENTO DE GRANO			0,0006

Anexo 25. Resumen de las variables de respuesta con mayor promedio

RESUMEN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA CON MAYOR PROMEDIO (DUNCAN)				
VARIABLES	VARIEDAD	PROMEDIO	D.E.	DUNCAN (A=0,05)
Emergencia	TEPOCA T89	6	0,58	A
Floración	4022 HAPYT	72	1,53	A
	TOTORA 2014	72	2,89	A
Madurez fisiológica	TEPOCA T89	127	2,89	A
	4022 HAPYT	127	2,89	A
	TOTORA 2014	128	2,52	A
	TOTORA 2014	128	2,52	A
	TOTORA 80	135	4,62	B
Macollos	TEPOCA T89	3	0,58	A
	4022 HAPYT	3	0,58	A
Número de plantas/m²	TEPOCA T89	365	40,15	A
	4022 HAPYT	257	26	B
Número de espigas/m²	TEPOCA T89	388	49,7	A
	402 2 HAPYT	293	10,97	B
Altura de planta (cm)	BOLIVIA 2014	62,4	6,83	A
Longitud de espiga (cm)	BOLIVIA 2014	6,43	0,68	A
Número de espiguillas	ROELFS 2007	12	0,92	A
	4022 HAPYT	12	1,01	A
Número de granos por espiga	ROELFS 2007	24	2,89	A
Longitud de arista (cm)	TOTORA 80	6,59	0,52	A
	4022 HAPYT	6,49	0,5	A
Peso de 1000 granos (g)	31520 SAWYT	45,47	2	A
Peso hectolitrico (kg/hl)	BOLIVIA 2014	85,18	0,17	A
	4022 HAPYT	84,44	0,28	A
Rendimiento de grano (kg/ha)	TEPOCA T 89	1067,67	302,15	A

Anexo 26. Resumen de las variables de respuesta con menor promedio

RESUMEN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA CON MENOR PROMEDIO (DUNCAN)				
VARIABLES	VARIEDAD	PROMEDIO	D.E.	DUNCAN (A=0,05)
Emergencia	REEDLING	8	1	C
	TOTORA 2014	8	0,58	C
	ANZALDO	8	0,58	C
	BOLIVIA 2014	8	0,58	C
Floración	MOTACU	79	3,61	E
	32720 SAWYT	79	0,58	E
Madurez fisiológica	MOTACU	146	1,73	E
Número de plantas/m²	ANZALDO	193	24,66	D
	MOTACU	192	29,5	D
	32720 SAWYT	191	27,06	D
	REEDLING	189	19,35	D
Número de espigas/m²	14032 SAWYT	186	74,41	D
Altura de planta (cm)	ROELFS 2007	51,9	4,37	D
Longitud de espiga (cm)	TEPOCA T 89	5,15	0,34	E
Número de espiguillas	TEPOCA T 89	10	0,83	C
Número de granos por espiga	TEPOCA T 89	14	1,73	D
Longitud de arista (cm)	REEDLING	5,58	0,51	C
	ANZALDO	5,53	0,32	C
Peso de 1000 granos (g)	4022 HAPYT	39,37	0,91	C
	ANZALDO	34,33	0,4	D
Peso hectolitrico (kg/hl)	TOTORA 2014	80,13	0,23	E
Rendimiento de grano (kg/ha)	TOTORA 2014	664,5	297,23	C
	14032 SAWYT	648,5	154,92	C

Anexo 27. Parcela de investigación en la comunidad de Combaya



Anexo 28. Etapa de emergencia de las doce variedades de trigo



Anexo 29. Etapa de macollamiento de las doce variedades de trigo



Anexo 30. Desmalezado de la parcela de investigación



Anexo 31. Toma de datos de las variables de respuesta



Anexo 32. Crecimiento del cultivo de trigo



Anexo 33. Presencia del controlador biológico de la plaga en el cultivo



Anexo 34. Presencia de la plaga en la espiga del cultivo de trigo



Anexo 35. Aplicación de la receta casera de tabaco para el control del pulgón



Anexo 36. Aplicación del insecticida químico stermin en la parcela



Anexo 37. Etapa de antesis en la espiga del cultivo de trigo



Anexo 38. Etapa de maduración del grano de trigo (estado lechoso)



Anexo 39. Diferencia fenotípicas entre las variedades de trigo



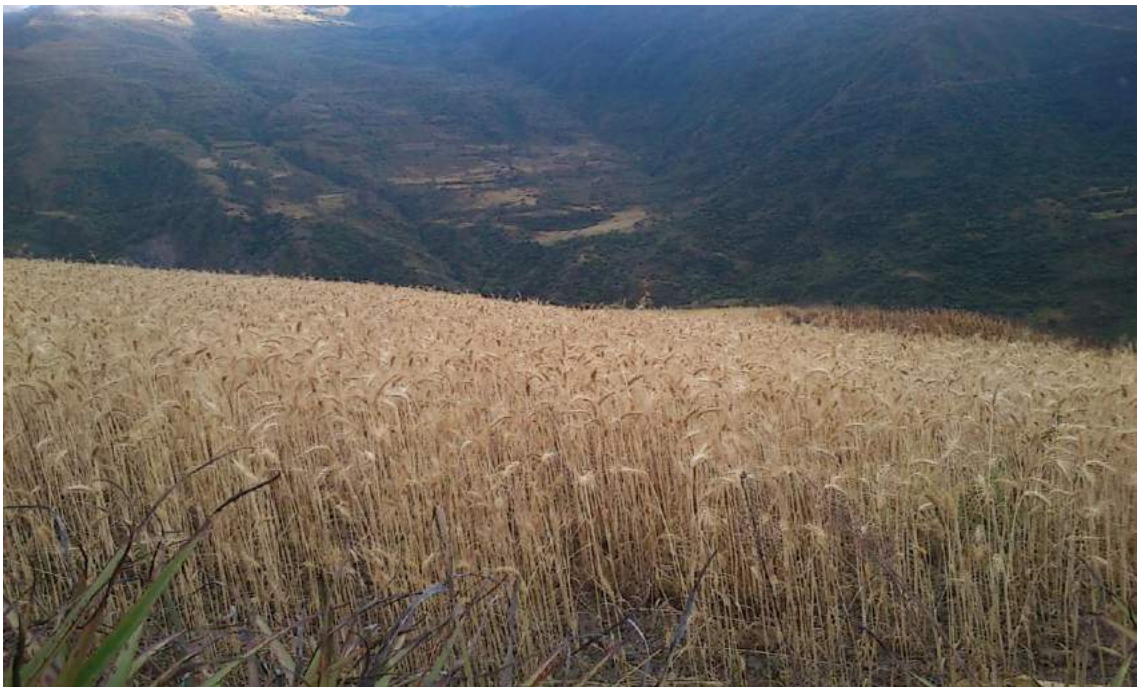
Anexo 40. Vista panorámica del cultivo de trigo



Anexo 41. Vista panorámica de la parcela de investigación



Anexo 42. Etapa de maduración del cultivo de trigo



Anexo 43. Recolección de las muestras en la parcela de investigación



Anexo 44. Cosecha de las variedades del cultivo de trigo



Anexo 45. Variedades cosechadas



Anexo 46. Diferencia en la longitud y densidad de espiga de trigo



Anexo 47. Variedad de trigo (sin residuos de cosecha)



Anexo 48. Doce variedades de trigo de la parcela de investigación



Anexo 49. Contenido de 1000 granos por variedad de trigo



Anexo 50. Diferencia visual entre variedad en el contenido de 1000 granos



Anexo 51. Peso de 1000 granos de cada variedad de trigo



Anexo 52. Método para el cálculo del peso hectolitrico



Anexo 53. Peso hectolitrico de trigo



Anexo 54. Rendimiento de trigo en grano



Anexo 55. Análisis de suelo de la parcela de investigación



MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : *TESISTAS DE COMBAYA*
PROCEDENCIA : *Departamento: LA PAZ*
Provincia: LARECAJA
Municipio: COMBAYA

NO SOLICITUD: *096 / 2016*
FECHA DE RECEPCION : *03 / Enero / 2016*
FECHA DE ENTREGA : *06 / Febrero / 2016*

FACULTAD DE AGRONOMÍA - UMSA

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : Comunidad Combaya, Z/Vargas*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
392-01 /2016	TEXTURAL	ARENA	52	%	Hidrómetro de Bouyoucos
392-02 /2016		ARCILLA	27	%	Hidrómetro de Bouyoucos
392-03 /2016		LIMO	21	%	Hidrómetro de Bouyoucos
392-04 /2016		CLASE TEXTURAL -	FYA	-	Hidrómetro de Bouyoucos
392-05 /2016		GRAVA	41,48	%	Gravimetría
392-06 /2016	CARBONATOS LIBRES	P	-	Reacción ácida	
392-07 /2016	pH en agua 1:5	6,13	-	Potenciometría	
392-08 /2016	pH en KCl 1:5	4,94	-	Potenciometría	
392-09 /2016	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,021	dS/m	Conductancia	
392-10 /2016	CATIONES	Acidez de cambio (Al + H)	0,08	meq/100 g	Volumetría
392-11 /2016		Calcio	7,88	meq/100 g	Absorción atómica
392-12 /2016		Magnesio	4,03	meq/100 g	Absorción atómica
392-13 /2016		Sodio	0,30	meq/100 g	Emisión atómica
392-14 /2016		Potasio	0,23	meq/100 g	Emisión atómica
392-15 /2016	Suma de Bases	12,44	meq/100 g	Suma de bases	
392-16 /2016	Capacidad de Intercambio Catiónico	12,52	meq/100 g	Volumetría	
392-17 /2016	% de Saturación	99,4	%	Cálculo numérico	
392-18 /2016	Materia orgánica	1,25	%	Walkley Black	
392-19 /2016	Nitrógeno total	0,21	%	Kjeldahl	
392-20 /2016	Fósforo asimilable	1,96	ppm	Espectrofotometría UV-Visible	

OBSERVACIONES,- ** Cationes de Cambio extraídos con Acetato de amonio 1 N.
C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.
CARBONATOS LIBRES; A: Ausente, P: Presente, PP: Presente en gran cantidad

CLASE TEXTURAL

F : Franco Y : Arcilloso FA : Franco Arenoso YL : Arcilloso Limoso
L : Limoso YA : Arcilloso Arenoso AF : Arenosos Franco FYL : Franco Arcilloso Limoso
A : Arenoso FYA : Franco Arcilloso Arenoso FY : Franco Arcilloso FL : Franco limoso



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.