

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**ADAPTABILIDAD Y ESTABILIDAD FENOTÍPICA DE 15
GENOTIPOS DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.), EN
TRES LOCALIDADES DEL DEPARTAMENTO DE COCHABAMBA**

Por:

Nancy Huanca Alanoca

EL ALTO – BOLIVIA

Julio, 2016

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**TESIS ADAPTABILIDAD Y ESTABILIDAD FENOTÍPICA DE 15 GENOTIPOS DE TRIGO
HARINERO (*Triticum aestivum* L.), EN TRES LOCALIDADES DEL DEPARTAMENTO
DE COCHABAMBA**

*Tesis de Grado presentado como requisito
para optar el Título de Ingeniero en
Ingeniería Agronómica*

Nancy Huanca Alanoca

Asesores:

Dr. Ing. Félix Marza Mamani

.....

Dr. Ing. Francisco Mamani Pati

.....

Tribunal Revisor:

Ing. M. Sc. Milton Víctor Pinto Porcel

.....

Ing. René Rolando Tambo Herrera

.....

Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez

.....

Aprobada

Ing. Laoreano Coronel Quispe

.....



DEDICATORIA

A mi querida madre Basilia Alanoca (†) por su apoyo y buen ejemplo que siempre me mostró en la vida.

A mi querido padre Francisco Huanca, por estar siempre presente en los momentos buenos y malos de mi vida. Por su constante apoyo y consejo que me han servido en el transcurso de mi vida.

A mis hermanos y hermanas, quienes siempre me alentaron a continuar con mi superación académica.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida, salud y fortaleza para continuar con mis estudios.

A la carrera de Ingeniería Agronómica del Área de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Pública de El Alto, por contribuir a mi formación profesional.

Al Programa Nacional de Trigo perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, por haberme permitido a realizar el trabajo de campo.

A mis asesores Dr. Félix Marza y Dr. Francisco Mamani quienes me apoyaron desinteresadamente en el trabajo de campo, en el análisis de la información y en la redacción del documento.

A Ing. Ramiro Ochoa, por sus correcciones y sugerencias en el análisis estadístico del presente documento.

Al Ing. Rene Tambo, por sus orientaciones metodológicas y sugerencias para enriquecer el documento final.

Al Ing. M. Sc. Milton Pinto por su valiosa orientación y sugerencias de manera muy cordial y dedicada, muchas gracias.

Al Ing. Roberto Butrón, quien de manera generosa y desinteresada me colaboró en el análisis estadístico del presente documento, muchas gracias.

A mi compañero Gonzalo Quispe, por su colaboración en el trabajo de campo y su ayuda incondicional.

A mis compañeras Irene y Carla con quienes compartimos durante la realización del trabajo en campo, para la presente investigación.

CONTENIDO

	pág.
ÍNDICE DE TEMAS.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
ABREVIATURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii

ÍNDICE DE TEMAS

	pág.
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivo específico.....	3
1.5. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Generalidades del trigo.....	4
2.1.1. Origen.....	4
2.1.2. Taxonomía.....	4
2.1.3. Descripción botánica.....	4
2.1.4. Fases fenológicas del trigo.....	5
2.1.5. Requerimientos climáticos.....	5
2.1.5.1. Temperatura.....	5
2.1.5.2. Precipitación.....	6
2.1.5.3. Fotoperiodo.....	6

2.1.6. Enfermedades del cultivo de trigo.....	6
2.1.7. Plagas del Cultivo de Trigo.....	6
2.2. Cultivo de trigo en Bolivia.....	7
2.2.1. Antecedentes.....	7
2.2.2. Producción de trigo en Bolivia.....	7
2.2.3. Uso y consumo de trigo en Bolivia.....	9
2.2.4. La producción de trigo en los valles de Bolivia.....	9
2.3. Programas de mejoramiento de trigo en Bolivia.....	9
2.4. Introducción de líneas élite de ESWYT.....	10
2.5. Adaptabilidad y estabilidad fenotípica.....	10
2.5.1. Adaptabilidad.....	10
2.5.2. Estabilidad.....	11
2.6. Implicancias de la adaptabilidad y estabilidad fenotípica en el mejoramiento...	12
2.7. Interacción de Genotipos por Ambiente (IAG).....	12
2.8. Variables de componentes de rendimiento.....	14
2.9. Estadística descriptiva.....	14
2.10. Análisis de estabilidad.....	15
2.10.1. Modelo de Eberhart y Russell.....	15
2.11. Análisis multivariado.....	17
2.11.1. Análisis de componentes principales (ACP).....	17

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1. Localización.....	19
3.1.1. Características del área de estudio.....	20
3.1.1.1. Suelo.....	20
3.1.1.2. Clima.....	20
3.2. Materiales.....	21
3.2.1. Material genético.....	21
3.2.2. Material de campo y laboratorio.....	22
3.2.3. Material de gabinete.....	22
3.3. Metodología.....	22
3.3.1. Procedimiento experimental.....	22
a. Selección y preparación del sitio.....	22
b. Preparación de semilla.....	23
c. Siembra.....	24
d. Labores culturales.....	24
e. Cosecha.....	25
f. Trillado y venteado.....	26
3.3.2. Variables en estudio.....	26
3.4. Diseño experimental.....	30
3.5. Registro de datos.....	30

3.6. Análisis estadísticos de los resultados.....	30
a. Análisis descriptivo.....	30
b. Análisis de varianza combinado.....	30
c. Análisis de frecuencia para datos cualitativos.....	31
d. Análisis de estabilidad.....	32
e. Coeficiente de correlación simple.....	32
f. Análisis de componentes principales.....	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1. Características climáticas.....	33
4.2. Análisis descriptivo.....	34
4.3. Análisis de varianza combinado.....	36
4.4. Prueba de comparación de medias entre genotipos y localidades, evaluados para variables cuantitativas.....	37
4.4.1. Altura de la planta.....	37
4.4.2. Longitud de espiga.....	39
4.4.3. Número de macollos por planta.....	42
4.4.4. Número de espigas por metro cuadrado.....	44
4.4.5. Número de granos por espiga.....	47
4.4.6. Peso de mil granos.....	50
4.4.7. Peso hectolítrico.....	53
4.4.8. Rendimiento en grano.....	56

4.5. Análisis de frecuencia para variables cualitativas.....	58
4.6. Estabilidad fenotípica.....	64
4.6.1. Análisis de varianza de los parámetros de estabilidad.....	64
4.6.2. Rendimiento promedio y parámetros de estabilidad.....	65
4.7. Análisis de correlación.....	67
4.8. Análisis de componentes principales.....	68
5. CONCLUSIONES.....	72
6. RECOMENDACIONES.....	74
7. BIBLIOGRAFÍA.....	75
8. ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE CUADROS

		pág.
Cuadro 1.	Descripción de los genotipos en relación a sus parámetros de estabilidad.....	16
Cuadro 2.	Características edáficas de las localidades.	20
Cuadro 3.	Detalle del número de líneas, nombre de cruzamientos e historial de selección.....	21
Cuadro 4.	Análisis de varianza combinado para la evaluación de 14 líneas élite de trigo harinero en tres localidades.....	31
Cuadro 5.	Estadística descriptiva de variables agromorfológicas, componentes productividad y calidad de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.....	35
Cuadro 6.	Análisis de varianza combinado para variables cuantitativas de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.....	36
Cuadro 7.	Resumen de seis variables cualitativas de trigo harinero en tres localidades, durante la campaña agrícola 2013-2014.....	63
Cuadro 8.	Análisis de varianza de parámetros de estabilidad para rendimiento de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.....	65
Cuadro 9.	Rendimiento promedio y parámetros de estabilidad de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.....	66

Cuadro 10. Análisis de correlación para las variables cuantitativas de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.....	68
Cuadro 11. Valores propios y proporción de la varianza explicada en el análisis de componentes principales para las variables cuantitativas y cualitativas de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

		pág.
Figura 1.	Producción nacional de trigo tm/año 2006-2014 (Fuente: MDRyT, 2014).....	8
Figura 2.	Producción de trigo por departamentos (%) año 2014 (Fuente: MDRyT, 2014).....	8
Figura 3.	Ubicación geográfica de las localidades de Cruce Incallajta, Yuraj Molino y Chullpa Chullpa Bajo.....	19
Figura 4.	Climadiagrama del municipio de Pocona, localidad Cruce Incallajta y Yuraj Molino en el estudio adaptabilidad y estabilidad de 14 líneas élite de trigo harinero en la campaña agrícola 2013-2014 (SENAMHI, 2014).....	33
Figura 5.	Climadiagrama del municipio de totora, localidad Chullpa Chullpa Bajo en el estudio adaptabilidad y estabilidad de 14 líneas élite de trigo harinero, en la campaña agrícola 2013-2014 (SENAMHI, 2014).	34
Figura 6.	Comparación de medias de altura de la planta entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.....	37
Figura 7.	Comparación de medias de altura de la planta entre localidad de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014.	38
Figura 8.	Interacción de la línea por localidad en la altura de la planta.....	39
Figura 9.	Comparación de medias de longitud de espiga entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.....	40
Figura 10.	Comparación de medias de longitud de espiga entre localidades de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014..	41

Figura 11.	Interacción de la línea por localidad en longitud de espiga.....	41
Figura 12.	Comparación de medias de número macollos entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.....	42
Figura 13.	Comparación de medias de número de macollos por planta entre localidades de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014.....	43
Figura 14.	Interacción de la línea por localidad en el número de macollos por planta.....	44
Figura 15.	Comparación de medias de número de espigas por metro cuadrado entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.....	45
Figura 16.	Comparación de medias de número de espigas por metro cuadrado entre localidades de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014.....	46
Figura 17.	Interacción de la línea por localidad en el número de espigas por metro cuadrado.....	47
Figura 18.	Comparación de medias de número de granos por espiga entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.....	48
Figura 19.	Comparación de medias de número de granos por espiga entre localidades de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014.....	49
Figura 20.	Interacción de la línea por localidad en el número de granos por espiga.....	50

Figura 21.	Comparación de medias para peso de mil granos entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.....	51
Figura 22.	Comparación de medias de peso de mil granos entre localidades de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014..	52
Figura 23.	Interacción de la línea por localidad en el peso de mil granos.....	53
Figura 24.	Comparación de medias para peso hectolítrico entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.....	54
Figura 25.	Comparación de medias de peso hectolítrico entre localidades de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014.	55
Figura 26.	Interacción de la línea por localidad en el peso hectolítrico.....	55
Figura 27.	Comparación de medias para rendimiento en granos entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.....	56
Figura 28.	Comparación de medias del rendimiento en grano entre localidades de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014.....	57
Figura 29.	Interacción de la línea por localidad en el rendimiento en grano.....	58
Figura 30.	Frecuencia de la precocidad en las localidades establecidas.....	59
Figura 31.	Frecuencia del tipo del grano en las localidades establecidas.....	59
Figura 32.	Frecuencia del tamaño del grano en las localidades establecidas.....	60
Figura 33.	Frecuencia de la densidad de espiga en las localidades establecidas.....	61
Figura 34.	Frecuencia de tolerancia a la roya en las localidades establecidas...	61

Figura 35.	Frecuencia de tolerancia a la septoria en las localidades establecidas.....	62
Figura 36.	Modelo de Eberhart – Russell relacionando coeficiente de regresión vs. Rendimiento promedio de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades, durante la campaña agrícola 2013-2014.....	67

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	pág.
Fotografía 1. Preparación del terreno.....	23
Fotografía 2. Preparación de la semilla.....	23
Fotografía 3. Siembra en la localidad de Chullpa Chullpa Bajo, Yuraj Molino y Cruce Incallajta.....	24
Fotografía 4. Desmalezado de forma manual	25
Fotografía 5. Cosecha de trigo harinero una vez que llegaron a la madurez fisiológica.....	25
Fotografía 6. Trillado y venteado de trigo harinero una vez que cosechado.....	26

ÍNDICE DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Croquis del experimento de 14 líneas élite y un Testigo (T-89) de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba	84
Anexo 2. Cuadro de análisis de simples para variables cuantitativas de de 14 líneas élite y un Testigo (T-89) de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba.....	85
Anexo 3. Frecuencia de seis variables cualitativas correspondientes a los 15 genotipos de trigo harinero en tres localidades, durante la campaña agrícola 2013-2014.....	86

ABREVIATURAS

CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
IBTA	Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria
MACA	Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios
PROTRIGO	Programa Trigo
ESWYT	Vivero de Selección de Trigos harineros para rendimiento
VIBOT	Vivero Nacional de Observación de Trigo
MDR y T	Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras
INIAF	Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal
PN-TRIGO	Programa Nacional de Trigo
ANAPO	Asociación Nacional de Productores del Oriente
ANVA	Análisis de Varianza
GGE	Genotipo, Genotipo por Ambiente
ACP	Análisis de Componentes Principales
EMAPA	Empresa de Apoyo a la Producción de Alimentos
IBCE	Instituto Boliviano del Comercio Exterior

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de determinar la adaptabilidad y estabilidad fenotípica de 15 genotipos de trigo harinero en tres localidades del departamento de Cochabamba, para seleccionar líneas élite que tengan alto potencial de rendimiento, estable y adaptable en distintas localidades. El material genético utilizado constó de 14 líneas élite (32 ESWYT) introducidas por el Programa Nacional de Trigo (PN-Trigo) del INIAF, provenientes de CIMMYT y 1 testigo (T-89). Los 15 tratamientos se evaluaron bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones con una densidad de siembra de 100 kg/ha. Se evaluaron 14 variables entre cualitativas y cuantitativas; para el análisis de estabilidad y adaptabilidad del rendimiento se utilizó el modelo Eberhart y Russell (1996).

De acuerdo a los parámetros de estabilidad b_j y S^2d_j se encontraron cuatro grupos. Se observa al testigo tepoca (T-89) en el grupo (C), mostrando mejor respuesta en ambientes desfavorables y consistentes ($b_j < 1$ y $S^2d_j = 0$). El segundo grupo (D) conformó a las líneas L144, L121, L123, L120 y L107 que mostraron mejor respuesta en ambientes desfavorables e inconsistentes ($b_j < 1$ y $S^2d_j > 0$); de los cuales la línea L144 mostró rendimiento superior al testigo (T-89). El tercer grupo (E) conformó a las líneas L126, L122, L130, L112 y L145 con buena respuesta en ambientes favorables y consistentes ($b_j > 1$ y $S^2d_j = 0$); de tal forma todas estas líneas tienen rendimientos superiores al testigo (T-89) a excepción de la línea L145. Finalmente se encontró a las líneas L142, L140, L108 y L139 en el grupo (F) con mejor respuesta en ambientes favorables e inconsistentes ($b_j > 1$ y $S^2d_j > 0$); estas mismas líneas tienen los mejores rendimiento dentro de todas las líneas estudiadas.

En base al análisis de correlación y biplot se pudo determinar que las variables peso de mil granos, peso hectolítrico, número de granos por espiga, longitud de espiga, número de espigas por metro cuadrado y número de macollos tuvieron mayor correlación con el rendimiento. Y respecto al rendimiento las líneas más sobresalientes a través de las tres localidades en base a la prueba promedios y análisis de biblot se encuentran líneas L142, L140, L108, L139 y L126 con 3340.2, 3333.1, 3274.2 y 3150,0 kg/ha respectivamente; estas mismas líneas por sus buenas características de productividad facilita al agricultor para mejorar su producción.

ABSTRACT

This work was developed with the objective of determining the adaptability and phenotypic stability of 15 wheat genotypes in three localities of the department of Cochabamba, to select elite lines with high yield potential, stable and adaptable in different locations. The genetic material used consisted of 14 elite lines (32 ESWYT) introduced by the National Wheat Program (PN-Wheat) INIAF, from CIMMYT and one witness (T-89). The 15 treatments were evaluated under a design randomized complete block design with three replications with a seeding density of 100 kg / ha. 14 between qualitative and quantitative variables were evaluated; for analyzing performance stability and adaptability the Eberhart and Russell model (1996) we were used.

According to the stability parameters b_j and S^2d_j four groups were found. It is observed to Tepoca control (T-89) in the group (C), showing better response and consistent unfavorable environments ($b_j < 1$ and $S^2d_j = 0$). The second group (D) formed lines L144, L121, L123, L120 and L107 showed better response and inconsistent in unfavorable environments ($b_j < 1$ and $S^2d_j > 0$); of which the L144 line was superior to the control (T-89) performance. The third group (E) conformed to the L126, L122, L130, L112 and L145 lines with good response and consistent favorable environments ($b_j > 1$ and $S^2d_j = 0$); so all these lines have yields higher than the control (T-89) except the line L145. Finally lines L142, L140, L108 and L139 was found in the group (F) with best response and inconsistent favorable environments ($b_j > 1$ and $S^2d_j > 0$); these lines have the best performance in all lines tested.

Based on the correlation analysis and biplot it was determined that the variables thousand kernel weight, test weight, number of grains per spike, spike length, number of spikelets per square meter and number of tillers were more correlated with performance. And regarding the performance the most outstanding lines across the three locations based on the average biblot testing and analysis are lines L142, L140, L108, L139 and L126 with 3340.2, 3333.1, 3274.2 and 3150.0 kg / ha respectively ; these same lines for good productivity features facilitates farmers to improve their production.

1. INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) se constituye como el cereal más importante en el mundo por ser esencial en la dieta alimentaria de la población mundial, principalmente por ser fuente importante de hidratos de carbono, proteínas, lípidos, vitaminas, sales minerales, fibra y su capacidad para formar gluten; de tal forma llega a ser uno de los cereales principales de la canasta familiar (Edel y Rosell, 2007).

En décadas pasadas en países como Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia la producción de trigo era suficiente para abastecer a la población. En la actualidad importan entre el 85% y 99% para cubrir el déficit de consumo interno, en el caso de Bolivia entre los años de 1998 y el 2007 se llega a importar el 70.5% de Argentina y el 29.5% de los Estados Unidos (Herbas, 2008). La disminución de producción y el incremento de importación de este cereal se debió a la apertura de libre mercado (IBCE, 2014); sin embargo este rubro es catalogado de primera necesidad por sus derivados como el pan y los fideos que se constituyen como componentes esenciales en la dieta para la población boliviana (INIAF, 2012).

En Bolivia el rendimiento nacional fluctúa entre 0.9 a 1.2 t/ha con mejores rendimientos en el oriente de 0.9 a 1.6 t/ha que en el área tradicional 0.6 a 0.9 t/ha más o menos estable, con una producción que tiende a abastecer entre 21 a 36% de la demanda interna, con un consumo per cápita alrededor de 60 kg/año (Marza y Quispe, 2013).

Ante este contexto el Programa Nacional de Trigo (PN-Trigo) del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y forestal (INIAF) con la introducción del germoplasma del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) está realizando un continuo proceso de mejoramiento del trigo. Con esta base de germoplasma de trigo harinero se pretende seleccionar e identificar genotipos estables que produzcan alto rendimiento y tengan adaptabilidad a un amplio rango de ambientes para tener variedades deseables ante el productor y para ello es necesario establecer ensayos en diferentes localidades; así como menciona Crossa (1990), que es fundamental establecer ensayos en multilocalidades para determinar la estabilidad fenotípica. De ahí radica en los programas de mejoramiento genético de plantas la importancia de estimar la estabilidad fenotípica de los genotipos antes de liberarlos ya que es un factor preponderante que evalúa el agricultor cuando opta por un nuevo cultivar (Condon *et al.*, 2004).

1.1. Antecedentes

En Bolivia no hay estudios realizados sobre estabilidad y adaptabilidad en el cultivo de trigo, pero si realizaron estudios similares. En el año 1992 con la introducción de germoplasma del CIMMYT se procedieron a la investigación para obtención de variedades, estableciendo ensayos por varios años y en diferentes localidades para mostrar a los agricultores las calidades y bondades de las nuevas líneas; es así como se obtuvo la variedad de Charcas en la gestión de 1994-1995 por técnicos de transferencia de CARITAS (Salazar *et al.*, 2001).

En la gestión agrícola de 1991-1992 el programa nacional de trigo (IBTA) introdujo la línea Tepoca T-89 en la colección de viveros recibidos del CIMMYT, específicamente el 25 TH IBWSN. En la gestión de 1997-1998 hasta el 1999-2000 fue evaluada en el ensayo regional del área tradicional realizando evaluaciones participativas en campo de agricultores y en la gestión de 2000-2001 luego de haber identificado a la Tepoca T-89 como uno de los genotipos por su adaptación, características agronómicas deseables, tolerancia al estrés hídrico y a las principales enfermedades, el PROTRIGO decidió registrar como una nueva variedad T-89 (Gómez y Gabriel, 2001).

1.2. Planteamiento del problema

En el municipio de Pocona y Totorá del departamento de Cochabamba, el principal cultivo es el trigo, el cual por la influencia que ejerce el medio ambiente en las diferentes variedades tradicionales algunas interaccionan de una manera diferente y otras responden diferente. En estas zonas trigueras en los últimos años la producción ha disminuido porque no hay confiabilidad económica para el productor; debido a que no hay variedades que muestren estabilidad, adaptabilidad y tengan alto potencial de rendimiento. Sin embargo la población humana crece cada día más y con la producción que se tiene con el uso de semillas tradicionales apenas se llega a cubrir entre 29 a 36% de la demanda en el país.

1.3. Justificación

Por tener bajo rendimiento en el país, existe la necesidad de buscar genotipos que muestren estabilidad, adaptabilidad y tengan alto potencial rendimiento. Es muy importante realizar este tipo de investigación en un programa de mejoramiento genético;

para así poder incrementar la producción de este cereal; ya que el incremento no solo depende de genotipos más productivos, sino que cada vez es más necesario identificar los ambientes. Con este trabajo se pretende identificar genotipos que muestren buenas características de estabilidad, adaptabilidad y a la vez tengan buen rendimiento, para que el agricultor tenga confiabilidad económica y pueda optar

estos genotipos para emplear en la producción futura.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la adaptabilidad y estabilidad fenotípica de 15 genotipos de trigo harinero en tres localidades del departamento de Cochabamba, para seleccionar líneas élite que tengan alto potencial de rendimiento, estable y adaptable en distintas localidades.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar variables agronómicas, morfológicas y componentes de rendimiento de 15 genotipos de trigo harinero en tres localidades del departamento de Cochabamba.
- Identificar líneas que muestren características de adaptabilidad y estabilidad de rendimiento en las localidades establecidas.
- Identificar líneas con alto potencial de rendimiento de 15 genotipos de trigo harinero en tres localidades del departamento de Cochabamba.

1.5. Hipótesis

- **H₀**: No existen diferencias significativas en el comportamiento agronómico, morfológico y componentes de rendimiento de los 15 genotipos de trigo harinero en tres localidades del departamento de Cochabamba.
- **H₀**: Los 15 genotipos de trigo harinero no muestran diferencias significativas genéticas entre líneas para las características adaptabilidad y estabilidad en las tres localidades establecidas.
- **H₀**: no existen diferencias significativas en el rendimiento de los 15 genotipos de trigo harinero en tres localidades del departamento de Cochabamba.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades de trigo

2.1.1. Origen

Según Polo (2010), el trigo fue cultivado desde comienzo de la agricultura, aunque se desconoce el lugar exacto de su origen, pero en una gran mayoría de las investigaciones indican que este grano tuvo su origen en Asia menor y Afganistán, mientras que su evolución a partir de gramíneas silvestres probablemente se dio en el cercano oriente. En estudios realizados por Camacho (2011), afirma que se originó en Mesopotamia entre los valles de los ríos Tigris y Éufrates en el Oriente Medio, área que se denomina comúnmente como el Arco Fértil, hace 10.000 años a. C., el cual se constituía como la dieta básica de los grupos de cazadores que la habitaban. Marza y Quispe (2013), mencionan que el cultivo de trigo forma parte de la dieta alimentaria desde hace 10.000 años, en los habitantes de Europa, oeste de Asia y del norte de África; actualmente hay seis especies de trigo: dos diploides ($2n=2x=14$), dos tetraploides ($2n=4x=28$), y dos hexaploides ($2n=6x=42$); de los cuales se cultiva casi en su totalidad en el mundo dos subespecies: *Triticum turgidum*, L. y *Triticum aestivum*, L.

2.1.2. Taxonomía

Según Escobar (1997), el trigo tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Triticum*

Especie: *aestivum*

Nombre científico: *Triticum aestivum* L.

2.1.3. Descripción botánica

La raíz es fasciculada con numerosas ramificaciones, las cuales suelen llegar a una profundidad de 25 cm hasta 100 cm. El tallo es una caña hueca con seis nudos, llega a alcanzar desde 0.5 a 2 m de altura. Las hojas tienen una forma linear lanceolada con vaina, lígula y aurículas. La inflorescencia es una espiga compuesta por un raquis sobre el cual van dispuestas 20 a 30 espiguillas en forma alterna y laxa o compacta llevando cada

una nueve flores rodeadas por gluma, glumillas, lodículos o glomélulo (Edel y Rosell, 2007).

2.1.4. Fases fenológicas del trigo

Marza y Quispe (2013), indican que la fase fenológica es el periodo en el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas; también puede considerarse como el tiempo de una manifestación biológica. Los mismos autores distinguen las siguientes etapas fenológicas para este cultivo: Emergencia, aparición de las primeras plantitas con 1 o 2 hojas sobre la superficie del suelo. Tercera hoja, momento en que se observa la tercera hoja en la planta. Macollaje, cuando aparece el primer macollo en la planta ubicado en la axila de una de sus hojas más bajas de la planta. Encañado, momento en que aparece el primer nudo en el tallo principal de la planta. Espiga, cuando las espigas comienzan a salir de la vaina foliar de la hoja superior. Floración ocurre en el momento en que se abren las primeras flores. Maduración lechosa, cuando los granos al ser presionados, presentan un líquido lechoso. Maduración pastosa, los granos al ser presionados presentan una consistencia pastosa. Maduración cornea, los granos están duros, no pueden ser cortados con las uñas de los dedos. Todas las partes de la planta están secas.

2.1.5. Requerimientos climáticos

2.1.5.1. Temperatura

Según San Mateo (2005), el trigo soporta temperaturas mínimas de aproximadamente 3-4°C, la óptima alrededor de 25°C y la máxima entre 30-32°C, durante las fases fenológicas de germinación y floración tienden a ser más susceptibles a temperaturas inferiores a 16°C. Las condiciones más favorables son aquellas que tienen una estación fresca y húmeda durante el desarrollo, seguida de una seca y cálida en la maduración. Ticona (2006), citado por Cartagena (2012), indican que este cereal es apto para zonas templadas; pero puede ser cultivada en superficies de baja temperatura pero la temperatura óptima para su buen desarrollo de este cereal oscila entre 15 a 31°C.

2.1.5.2. Precipitación

Según Ticona (2006) citado por Cartagena (2012), el cultivo de trigo se adapta a zonas con precipitación de 300 a 400 mm de agua.

2.1.5.3. Fotoperiodo

Según Ticona (2006) citado por Cartagena (2012), el requerimiento de horas luz está de acuerdo a sus fases fenológicas, durante la época de crecimiento y floración de manera general los cereales necesitan más de 12 horas luz por día, en caso que no llegue a obtener esa cantidad de horas luz en la época de floración, esta tiende a retrasarse y no podría llegar a florecer.

2.1.6. Enfermedades del cultivo de trigo.

Según Guzmán et al., (2000), las principales enfermedades son la roya de la hoja (*Puccinia recóndita*) y helmintosporiosis (*Bipolaris sorokiniana*), el desarrollo de estas enfermedades se debe principalmente a las condiciones de temperaturas altas (temperatura media anual de 23°C), combinado con condiciones de humedad, las cuales promueven una rápida multiplicación de los hongos que atacan al cultivo; las pérdidas en rendimiento varían del 5 al 28% debido a estas enfermedades.

Otra de las enfermedades principales es la septoria (*Septoria tritici*), que se presentan en las hojas inferiores y progresan hacia las superiores, estas se desarrollan en climas frescos (10-15°C), prolongadamente húmedo y nublado; en los últimos años se ha determinado que las pérdidas en rendimiento en trigo por efecto de esta enfermedad varían del 10 al 30% (Claire, 2001).

2.1.7. Plagas del cultivo de trigo.

Para la Empresa de Apoyo a la Producción de alimentos (EMAPA) en el año 2014, las plagas son organismos que causan daños a las plantas cultivadas y tienen un efecto negativo sobre la producción agrícola. Las principales plagas del cultivo de trigo son:

Pulgón verde (*Schizaphis graminum*), son insectos que chupan la savia de la planta. Su cuerpo es blando y casi transparente, cuando son abundantes provocan la muerte de las hojas y hacen que el trigo se torne amarillo llegando la calidad del trigo.

Según Prescott *et al.*, (1986), una de las principales plagas que afectan al cultivo de trigo es el trips (*Haplothrips tritici*) quien con su aparato bucal perforador y succionador ataca las hojas, tallos y espigas cambiando de coloración del tejido. Sin embargo esta rara vez causan daño grave y es poco frecuente infestaciones de un grado tal que justifique medidas para combatirlos.

2.2. Cultivo de trigo en Bolivia.

2.2.1. Antecedentes.

Herbas (2008), sostiene que en 1880, la harina chilena invade en el territorio boliviano, ya que las zonas tradicionales productores de trigo (Cochabamba, Tarija, norte de Potosí y Chuquisaca), no pudieron competir con las importaciones y a principios del siglo XX la importación no solo era de Chile sino también, de Argentina, Brasil, Uruguay, Estados Unidos y Alemania. En la actualidad esta situación de dependencia se mantiene, ya que la producción nacional sólo alcanza a cubrir entre 21 a 36% de la demanda y por lo tanto el país está obligado a importar volúmenes significativos (grano y harina), principalmente de Argentina, donde de cada cinco panes consumidos cuatro tiene origen externa, con la consiguiente erosión de importantes divisas nacionales.

PN-Trigo (2013) menciona también “que Bolivia tiene una larga historia de dependencia de importaciones de trigo”, a finales del siglo XIX Bolivia con las importaciones del trigo alcanza los mercados nacionales incentivados por políticas de liberación de aranceles para satisfacer su demanda interna.

2.2.2. Producción de trigo en Bolivia.

Herbas (2008), indica que la producción de este cereal en Bolivia responde a dos racionalidades económicas: Una ligada a la agricultura familiar en los Valles de Bolivia y otra de una producción de carácter empresarial y de colonización, concentrada en el Departamento de Santa Cruz.

En los estudios realizados por MDRyT (2014), desde el año 2006 a 2014 sobre la producción de trigo en toneladas por año, a determinando una caída fuerte en el año 2011 por problemas de precios bajos y climas desfavorables para este cultivo, pero a partir de 2012 se inició una recuperación constante por mejores precios y principalmente por el uso

de variedades resistentes y rendidoras. Se estimó que para el 2014 la producción crecerá en un 31% (Figura 1).



Figura 1. Producción nacional de trigo tm/año 2006-2014 (Fuente: MDRyT, 2014)

En la Figura 2, se ilustra la producción de trigo en Bolivia por departamentos; se advierte que el departamento de Santa Cruz produce el 77% de la producción nacional de trigo con un carácter empresarial, mientras que en la zona tradicional se produce el 23% en pequeños enclaves en el altiplano hasta las cabeceras de valle y planicies, Chuquisaca es el principal productor de este cereal, seguido de Cochabamba con 7% y Potosí con 5% (MDRyT, 2014)

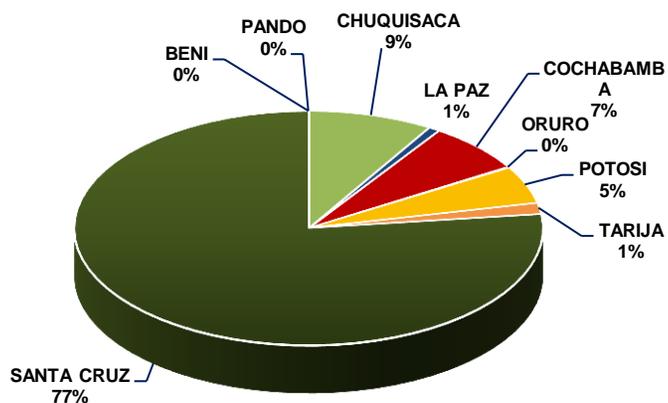


Figura 2. Producción de trigo por departamentos (%) año 2014 (Fuente: MDRyT, 2014)

2.2.3. Uso y consumo de trigo en Bolivia.

El trigo en Bolivia en sus diferentes formas constituye uno de los componentes esenciales en la dieta de los hogares con bajos recursos, donde el 72% se destina a la panificación, 24 % para producción de pastas alimenticias y el 4 % para la industria de galletas, pastelería y otros (Herbas, 2008). Entre el 2012 a 2014 se ha consumido 632.97 a 703,43 toneladas de este cereal, teniéndose un consumo percapita de 69 Kg/año (MDRyT, 2013)

2.2.4. La producción de trigo en los valles de Bolivia

Las zonas productoras de trigo en los valles comprenden los departamentos de Chuquisaca, Cochabamba, Potosí y Tarija, en el occidente del país. Los rendimientos en estas áreas han sido generalmente menores a una tonelada por hectárea cultivada debido al minifundio, la erosión, el estrés hídrico y nutricional, la baja población de plantas y variedades de bajo rendimiento (Landivar, 2014). Los cuales a diferencia del área occidental está ligada a tres funciones complementarias: a la alimentación familiar, alimentación animal y a la generación de ingresos económicos; por lo tanto las familias productoras de este grano conviven con cambios drásticos en los volúmenes de producción, debido a las diferencias marcadas en los rendimientos entre parcelas de una misma unidad familiar, de una gestión a otra y de un espacio a otro (IBCE, 2014). Resultado de ello la superficie sembrada entre el 2005 y el 2012 en promedio fue de 905,58 hectáreas por año teniéndose una producción de este cereal en los valles más o menos estable con un rendimiento promedio de 0,7 a 1,0 t/ha (MDRyT, 2013), de los cuales el 29-32 % se destina a la venta, del 36- 45% para la alimentación, para la transformación del 10-18 % y del 10–16 % para semilla (Herbas, 2008).

2.3. Programas de mejoramiento de trigo en Bolivia.

En los años 60 la investigación en el cultivo de trigo fue iniciada por el Servicio Agrícola Interamericano en la estación experimental de Tamborada y el Instituto Nacional de Trigo, quienes contaban con el material genético de trigo apropiado para la panificación. Tras cerrarse el Instituto Nacional de Trigo en 1977 se abandonó la investigación perdiendo gran parte de material genético logrado. Luego de lo sucedido, en la producción de este cultivo se tuvo pérdidas considerables debido a factores adversos (bióticos y abióticos) y no se pudo superar los problemas de baja productividad. Bajo estas condiciones se estructuró el Programa Nacional de Investigación de Transferencia de Tecnología para el Cultivo de Trigo PROTRIGO (1999-2001), quien realizó investigaciones para incrementar

la productividad; luego de los cuales la investigación se interrumpió nuevamente, de tal forma la función de apoyo a la producción de trigo es restringida y paso en el occidente a la fundación PROINPA (MACA, 2004).

Durante los últimos años (2008) a través del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras se creó el INIAF, como entidad pública responsable de investigación agropecuaria y forestal. El instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y Forestal (INIAF), a partir de 2010 despliega actividades de investigación a través Programa Nacional de Trigo (PN-TRIGO), cuyo objetivo es desarrollar tecnologías de producción en el cultivo de trigo que permitan mejorar los índices de productividad para lograr la seguridad alimentaria para la población boliviana. Desde 2011 el INIAF volvió a retomar la relación con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) para la adquisición del germoplasma (INIAF, 2014).

2.4. Introducción de líneas élite de 32 ESWYT.

Con la introducción del valioso germoplasma del CIMMYT se permite fortalecer la base genética en la estructura basal del programa de investigación en trigo; por tal razón en el año 2012 se introdujo 50 líneas élite de trigo harinero del vivero 32 ESWYT (Marza et al., 2014).

El ensayo de rendimiento de selección élite de trigo Harinero (ESWYT) es un ensayo internacional de trigo harinero que se lleva a cabo en múltiples localidades con el objeto de identificar los patrones de adaptación del germoplasma élite. Se presta especial atención a la adaptación y a la estabilidad del rendimiento, que son funciones que reducen el nivel de riesgo que corren los agricultores al adoptar una nueva variedad (CIMMYT, 1990).

2.5. Adaptabilidad y estabilidad fenotípica.

2.5.1. Adaptabilidad.

Según Vásquez (1990), se define como facultad del individuo de responder en la misma forma a diferentes ambientes, en tal sentido tendrá igual significado que la estabilidad; es decir algo que no cambia en el transcurso del tiempo y espacio. También indica que la adaptabilidad es un carácter heredado genéticamente por las plantas a través de un

proceso evolutivo y que su valor relativo está determinado por el grado de estabilidad y productividad de las variedades bajo diferentes ambientes.

Por su parte Laing (1978); citado por Paulo (2008), define a la adaptabilidad como la respuesta de un genotipo cultivado en diferentes localidades. Este investigador explicó con más detalle y surgió el concepto de adaptabilidad amplia, como el comportamiento relativo de los genotipos en diversos ambientes y "adaptabilidad específica como el comportamiento relativo de un genotipo bajo una gama estrecha de ambientes"; el mismo autor, indica que la adaptabilidad es la habilidad o propiedad de un genotipo o población de genotipos que permite la alteración de las normas de adaptación en respuesta a distintas presiones de selección; mientras que la adaptación es un estado de adecuación a un ambiente dado.

2.5.2. Estabilidad.

Según Escobar (1997), la estabilidad es la capacidad de ajustar los genotipos para su productividad en diferentes ambientes; en otras palabras es aquel genotipo que tiene mismo comportamiento al cambiar las condiciones medio ambientales. No implica a que todos los que constituyen el fenotipo sean estables en general para diferentes ambientes, sino implica principalmente en rendimiento y calidad porque estos son de gran importancia económica. Existen varios procedimientos para ver la estabilidad fenotípica "entre estos se ha propuesto que la estabilidad de los fenotipos se puede identificar mediante la comparación del comportamiento de los genotipos y de la ubicación de ellos en una escala de mayor a menor comportamiento en cada uno de los ambientes en que se evalúan".

León et al., (1970) citado por Paulo (2008), afirma que dependiendo de la característica evaluada o el objetivo del estudio se pueden considerar dos conceptos diferentes de estabilidad: estabilidad estática y estabilidad dinámica; estática cuando material posee un rendimiento aceptable, sin considerar la variación de las condiciones ambientales "este material estable no muestra desviación del nivel esperado para el carácter en estudio lo que significa que su varianza entre ambientes es cero" y dinámica es cuando muestra menor desviación de respuesta con respecto a los ambientes.

Los mismos autores realizaron muchas investigaciones, llegando a publicar varios resultados y llegaron a la conclusión de que una variedad estable es aquella que no interacciona con el ambiente, sino responde mejor a los cambios ambientales. Así mismo Eberhart y Russell (1996), sugieren que a partir de sus respectivos estudios que un material estable es aquel que muestra la menor variación del rendimiento sobre los ambientes establecidos. Así mismo, explican la estabilidad como una “habilidad que posee un determinado genotipo para evitar fluctuaciones substanciales en el rendimiento al ser evaluado en diferentes ambientes”.

2.6. Implicancias de la adaptabilidad y estabilidad fenotípica en el mejoramiento.

En métodos de mejoramiento de plantas autógamias nace la necesidad de diseñar métodos de selección, con los que podemos llegar a obtener genotipos que deseamos, para esto partimos de una población grande de variabilidad llegando con la selección a una población pequeña; donde ya es necesario establecer los ensayos en distintos ambientes para disminuir el efecto ambiental (Cubero, 2003).

Los ensayos de adaptabilidad y estabilidad de rendimiento tienen un objetivo principal en el mejoramiento de plantas poniendo a prueba las nuevas variedades obtenidas por el fitomejorador, bajo las diversas condiciones edafoclimáticas con el fin de elegir la variedad que produzca mejores resultados, de tal forma que pueda ser recomendada en ambientes donde se realizó el ensayo. Una variedad está en condiciones de ser distribuida cuando definitivamente muestra superioridad a las variedades comerciales ya existentes (Rodríguez, 1979).

2.7. Interacción de Genotipos por Ambientes (IAG).

Lobo (2000), indica que la producción de los cultivos está en función de tres componentes principales: el genotipo, el ambiente y la interacción genotipo por ambiente, de los cuales el genotipo se deriva de procesos de selección por agricultores y mejoradores; Ambiente es un conjunto de condiciones externas que rodea a todos los seres vivos afectando directamente su desarrollo y evolución; y la interacción de genotipo por ambiente surge cuando una variación ambiental tiene distinto efecto sobre genotipos diferentes.

La interacción genotipo por ambiente cobra importancia debido a que la mayoría de los caracteres de interés en el mejoramiento de plantas son cuantitativos o métricos, donde estos presentan una distribución continua, herencia poligénica y son influenciados altamente por las variaciones del ambiente (Chaves, 2001, citado por Triana, 2012). Lo cual puede causar que los mejores genotipos en una localidad no sean los mejores en otras localidades, dificultando el proceso de recomendación de cultivares para una amplia gama de ambientes por lo tanto es necesario seleccionar genotipos con alto rendimiento y estabilidad, para un ecosistema o sistema de producción específico y así poder recomendar a nivel comercial (Carneiro, 1998) citado por (Triana, 2012). También Machado (2013), menciona que para lanzar una nueva variedad en una región determinada es importante conocer la interacción genotipo ambiente ya que el fitomejorador tiene problemas cuando los genotipos más deseables difieren en su comportamiento al ser probados en diferentes ambientes.

Pandey y Vargas (1985); citado por Abbot y Pistorale (2011), indican que en un programa de mejoramiento tratan de generar cultivares que sean estables en el rendimiento a través de un amplio rango de condiciones ambientales. La interacción genotipo ambiente no se considera como una fuente importante de varianza cuando es controlado por pocos genes (herencia cualitativa o mendeliana), pero si se considera de mayor importancia cuando es controlado por varios loci por que muestran varianzas aditivas, dominantes y epistáticas (herencia cuantitativa). El mismo autor indica que, cuando las variedades se comparan sobre una serie de ambientes usualmente su orden mérito relativo difiere, lo cual dificulta la demostración de superioridad significativa de cualquier variedad.

Según Vásquez (1990), en diferentes localidades y años el rendimiento de una variedad no responde de la misma manera, por lo tanto la interacción de genotipo por ambiente es de gran importancia para el mejoramiento de las plantas. El mismo autor indica que la interacción está presente cuando las variedades son “líneas puras, híbridos simples y dobles, top crosses, líneas S_1 ” o cualquier material con el que trabaja el mejorador.

El comportamiento o expresión de cualquier individuo en un determinado ambiente, se denomina interacción entre genotipo y ambiente. Esta expresión fenotípica puede observarse sembrando o cultivando genotipos en diferentes ambientes, ya que la expresión fenotípica de cada genotipo es distinto en cada ambiente establecido (Chávez, 1993).

2.8. Variables de componentes de rendimiento.

El rendimiento del cultivo de trigo se incrementa al favorecer la expresión fenotípica de las siguientes variables: número de plantas por metro cuadrado, número de espigas por planta, número de espiguillas por espiga, número de granos por espiguilla y el peso de granos (Slafer y Calderini, 2003). Por otro lado, se considera que los componentes de rendimiento también están relacionados con las etapas de crecimiento del cultivo de trigo con los cambios fisiológicos y morfológicos de las plantas en términos de número de espiguillas por espiga, número de espigas por planta, número de plantas por metro cuadrado y el peso del grano (Hewstone, 2003).

Las principales características morfológicas y físicas como la capacidad de macollamiento, el número de granos por espiga, el tamaño y densidad del grano, determinan el potencial de rendimiento del trigo; “sin embargo, ninguna de estas características por si sola puede considerarse como un índice de rendimiento” (Anderson, 1975); citado por (Cuellar, 2001).

Marza y Quispe (2013), indican que el producto de los componentes de rendimiento se expresa como la máxima productividad de un genotipo en un ambiente dado; sin embargo el rendimiento real, es el resultado de la interacción de los siguientes factores: potencial de rendimiento genético, medio ambiente, prácticas de manejo y pestes.

2.9. Estadística descriptiva.

Según Chungara (2009), la estadística descriptiva es la ciencia que se dedica a estudiar a los métodos para reunir, clasificar, presentar y describir a un conjunto de datos; el estudio de un conjunto de datos, es descriptivo cuando simplemente se describen o se analizan a los datos.

Franco e Hidalgo (2003), Indican que se conoce como estadística descriptiva o deductiva a la parte de la estadística que busca únicamente describir el comportamiento de cada individuo, esto se debe realizar antes de análisis multivariado, ya que proporcionan una idea general de la variabilidad; dentro de esta análisis simple los más comunes son: la media aritmética, el rango de variación, desviación estándar y coeficiente de variación.

2.10. Análisis de estabilidad.

Eberhart y Russell (1996), indica que para fines de mejoramiento, los estudios de adaptabilidad y estabilidad fenotípica se refiere a la evaluación de la respuesta diferencial de los genotipos a la variación de las condiciones ambientales. “La mayoría de los métodos utiliza las técnicas de la regresión, midiendo un determinado carácter, por ejemplo productividad, en relación con un índice ambiental. La diferencia en los métodos se da por el modelo de regresión utilizado, por la forma de interpretación de los parámetros del modelo y la manera de estimar el índice ambiental”.

2.10.1. Modelo de Eberhart y Russell.

Eberhart y Russell (1966), propusieron este modelo para determinar estabilidad fenotípica de cultivares ampliamente utilizado, modificando el método propuesto por Finlay y Wilkinson (1963), este modelo involucra un análisis de regresión del rendimiento (variable dependiente) y los índices ambientales, calculados como la diferencia de los promedios ambientales menos el promedio general, como la variable independiente. La estabilidad de cada variedad o genotipo puede ser descrita por parámetros definidos en el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i l_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = promedio del genotipo i en el ambiente j .

μ_i = media del genotipo i en todos los ambientes.

β_i = coeficiente de regresión que mide la respuesta del genotipo i a la variación ambiental.

l_j = índice ambiental.

δ_{ij} = desvío de la regresión del genotipo i en el ambiente j .

ε_{ij} = desviación de la regresión de la variedad y el ambiente. El índice ambiental, en cada ambiente, es calculado por el desvío del promedio de todos los genotipos en ese ambiente, en relación con el promedio general: $l_j = Y_{.j} - Y_{..}$.

De acuerdo con los autores, un genotipo estable es aquel para el cual se obtiene un coeficiente de regresión igual a la unidad ($b_i=1$) y una mínima desviación de la línea de regresión ($S^2_{d_i}=0$). Valores del coeficiente (b_i) mayores que la unidad, indican que el correspondiente genotipo responde bien a ambientes favorables; por el contrario si el valor b_i es menor que la unidad, indica que tal genotipo se comporta bien en ambientes desfavorables. En el Cuadro 1, se presenta el significado de estos parámetros para diferentes situaciones.

Cuadro 1. Descripción de los genotipos en relación a sus parámetros de estabilidad

Casos	Coeficiente de regresión (b_i)	Cuadrado medio de la desviación de la regresión ($S^2_{d_i}$)	Significado
A	= 1	= 0	Variedad estable y consistente
B	= 1	> 0	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistentes
C	< 1	= 0	Mejor respuesta en ambientes desfavorables y consistentes
D	< 1	> 0	Mejor respuesta en ambientes desfavorables, pero inconsistentes
E	> 1	= 0	Mejor respuesta en ambientes favorables y consistentes
F	> 1	> 0	Mejor respuesta en ambientes favorables, pero inconsistentes

Fuente: Eberhart y Russell, 1966

Estimación del índice ambiental. (I_j)

El índice ambiental fue determinado por diferencia entre el promedio de todos los clones en dicho ambiente menos el promedio general.

$$I_j = Y_j/v - Y_{..}/v_n$$

Estimación de la estabilidad. La estabilidad fenotípica de un clon se estimó mediante su regresión de productividad respecto al promedio de todos los clones o índice ambiental y una función de los cuadrados de las variaciones de dicha regresión.

Un análisis de regresión en el cual la respuesta de cada genotipo se considera como variable dependiente y el efecto ambiental como variable independiente proporcionó un estimado de los parámetros que definen la estabilidad de un genotipo.

Estos parámetros son los siguientes:

- 1) Coeficiente de regresión. (b_i) describe la estabilidad de la progenie y está dada por :

$$b_i = \frac{\sum Y_{ij} I_j}{\sum I_j^2}$$

- 2) Desviación de la regresión. ($\sigma^2 d_i$) define la consistencia de la estabilidad de dicho genotipo dado por:

$$S^2 d_i = (\sum \sigma_{ij}^2 / n-2) - S^2 e/r$$

2.11. Análisis multivariado.

Franco e Hidalgo (2003), Indican que el origen de análisis multivariado se remonta a comienzos del siglo XX, con Pearson y Sperman, época en el cual se empezaron a introducir los conceptos de la estadística moderna. El análisis multivariado se denomina a todos los métodos estadísticos que analizan medidas múltiples (más de dos variables), de cada individuo; en el caso de recursos filogenéticos se puede considerar como un conjunto de “métodos de análisis de datos que tratan un gran número de mediciones sobre cada accesión de germoplasma”, en resumen los métodos multivariados más usados en datos de colecciones del germoplasma son: Análisis de componentes principales (ACP) y análisis de conglomerados (jerárquico y no jerárquico).

Según Cayuela (2010), para que un análisis sea multivariado, todas las variables deben ser aleatorias y deben de estar interrelacionadas; de tal manera que los diferentes efectos no puedan ser interpretados significativamente de manera independiente, entre las técnicas de análisis multivariado tenemos al análisis de componentes principales.

2.11.1. Análisis de componentes principales (ACP).

Según Terradez (2001), es un método estadístico de síntesis de la información o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir trata de reducir y dar una estructura a un banco de datos con muchas variables, perdiendo la menor cantidad de información posible; el procedimiento consiste en homologar las variables en un espacio vectorial, donde los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de variables originales y además serán independientes.

Franco e Hidalgo (2003), manifiestan que el análisis de componentes principales es un método que se basa en la transformación de un conjunto de variables cuantitativas originales en otro conjunto de variables independientes no correlacionadas, llamadas componentes principales. La contribución de las variables a cada componente principal se expresa en valores o vectores propios; donde el valor propio representa la varianza asociada con el componente principal y decrece a medida que se generan dichos componentes; en cambio, el vector propio contiene los coeficientes de las combinaciones lineales de la p variables originales. El mismo autor, indica que desde el punto de vista de caracterización de germoplasma, el análisis de componentes principales es una herramienta útil para analizar los datos que se generan y nos permite conocer la relación existente entre las variables cuantitativas más discriminatorias, para limitar el número de mediciones en caracterizaciones posteriores.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

La investigación se realizó en la campaña agrícola 2013- 2014 en tres localidades. Chullpa Chullpa Bajo comprendida geodésicamente $17^{\circ}43'13''\text{S}$ y $65^{\circ}12'28''\text{O}$ con una altitud 3002 m.s.n.m. y Cruce Incallajta comprendida entre $17^{\circ}36'26''\text{S}$ y $65^{\circ}17'05''\text{O}$ con una altitud 2811 m.s.n.m. correspondientes al municipio de Totorá. Y En la localidad de Yuraj Molino comprendida geodésicamente entre $17^{\circ}39'56.3''\text{S}$ y $65^{\circ}19'19''\text{O}$ con una altitud de 2492 m.s.n.m. correspondiente al municipio de Pocona (Figura 3).

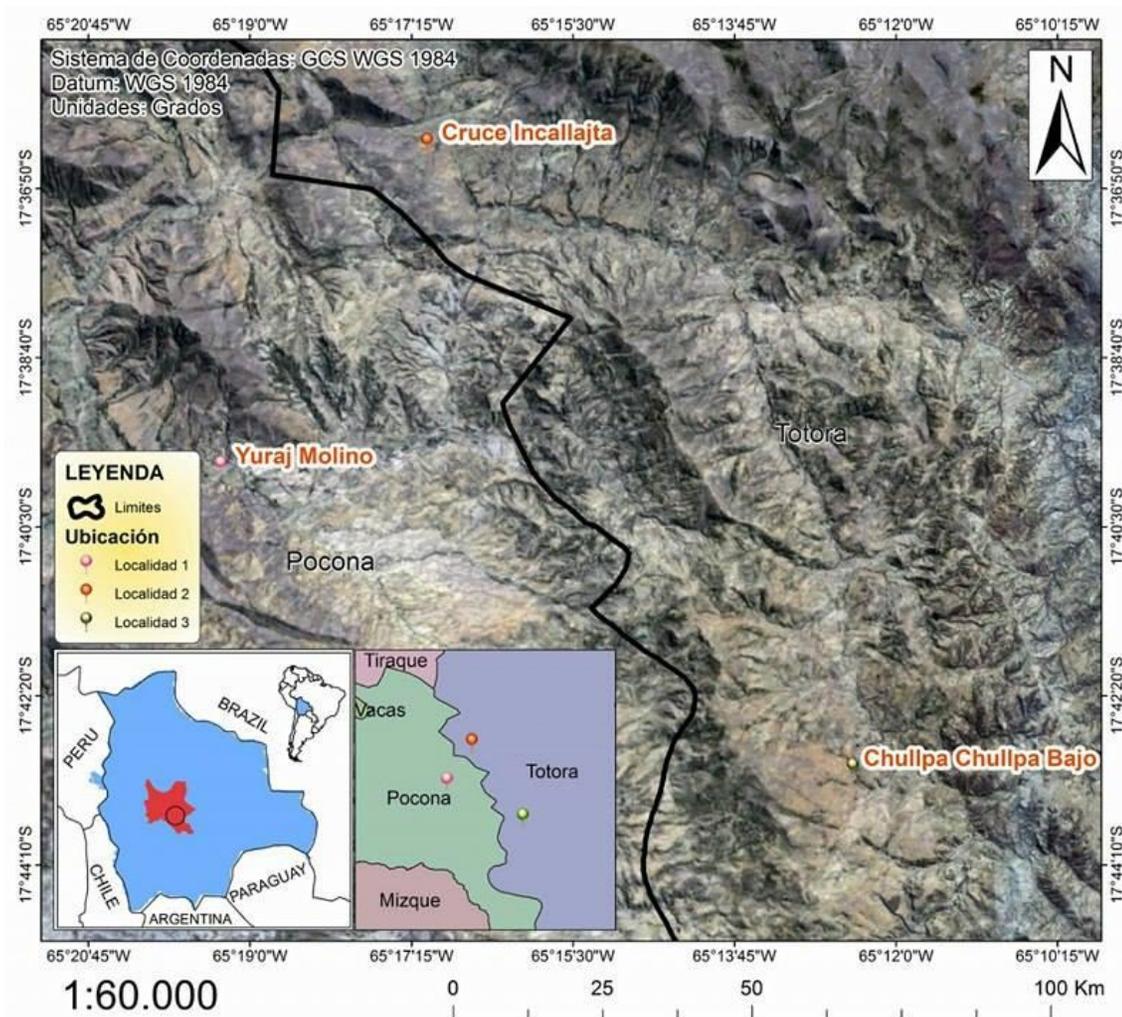


Figura 3. Ubicación geográfica de las localidades de Cruce Incallajta, Yuraj Molino y Chullpa Chullpa Bajo

3.1.1. Características del área de estudio

3.1.1.1. Suelo

Los suelos de la zona de los valles son de origen fluviolacustre con granulometría entre media a gruesa con una permeabilidad que tiende a ser lenta, presentan deficiencia en nitrógeno y fosforo; el potasio varia de medio a bajo en constante erosión, con una capa arable que no pasa el 5% del total (PROTRIGO, 2001). De acuerdo a lo ilustrado se realizó el respetivo análisis de suelo de las tres localidades tomando en cuenta los valores para materia orgánica expresada en porcentaje, el pH y la textura del suelo. Dichos análisis se realizaron en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto; los resultados se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características edáficas de las localidades.

Localidad	Municipio	Ubicación	M. O. (%)	p.H.	Textura
1	Pocona	Yuraj Molino	1.25	5.6	Franco arcilloso limoso
2	Totora	Cruce Incallajta	1.7	6.1	Franco Arenoso
3	Totora	Chullpa Chullpa Bajo	1.23	5.5	Franco arcilloso limoso

Fuente: Elaboración propia, 2014,

Según López (1991) el suelo es un recurso natural complejo, en el que se encuentran componentes físicos, químicos e incluso compuestos vivos y el cultivo de trigo requiere suelos sueltos con aireación libre, con pH desde 5.5 hasta 7.2; llegando a concluirse que las características del suelo de las tres localidades se encuentra dentro de los parámetros exigidos por la planta.

3.1.1.2. Clima

El clima en el municipio de Totora y Pocona se caracteriza como templado con una temperatura que oscila entre 3 a 22°C y una precipitación que oscila entre 340 a 450 mm/ciclo. Sin embargo en los meses de mayo y junio se llega a temperatura extrema de -1.8°C. (SENAMHI, 2014).

3.2. Materiales

3.2.1. Material genético

El material genético evaluado estuvo constituido por 14 líneas élites de trigo harinero y un testigo local Tepoca T-89 (Cuadro 3). Las líneas corresponden al vivero 32 ESWYT clasificada como ensayo de rendimiento para la selección de variedades élite, introducidas originalmente del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), por el Programa Nacional de Trigo (PN-Trigo) del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF).

Cuadro 3. Detalle del número de líneas, nombre de cruzamientos e historial de selección.

ID	Línea	Nombre de los cruzamientos	Historial de selección
1	T-89	Tepoca T-89 (variedad local)	
2	L107	WHEAR//2*PRL/2*PASTOR	CGSS03B00090T-099Y-099M-099Y-099M-6WGY-0B-6B
3	L108	MARCHOUCH*4/SAADA/3/2*FRET2/KUKUNA//FRET2	CGSS05Y00206T-099M-099Y-099M-099Y-099ZTM-7WGY-0B
4	L112	WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001/5/WAXWING/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ	CMSS05B00053S-099Y-099M-099Y-099ZTM-19WGY-0B
5	L120	ATTILA/3*BCN//BAV92/3/TILHI/5/BAV92/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//2*OPATA	CMSS05B00663S-099Y-099M-099Y-099ZTM-13WGY-0B
6	L121	ROLF07/YANAC//TACUPETO F2001/BRAMBLING	CGSS05B00121T-099TOPY-099M-099NJ-4WGY-0B
7	L122	ROLF07/YANAC//TACUPETO F2001/BRAMBLING	CGSS05B00121T-099TOPY-099M-099NJ-099NJ-5WGY-0B
8	L123	ROLF07*2/KIRITATI	CGSS05B00123T-099TOPY-099M-099NJ-6WGY-0B
9	L126	FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/PARUS/6/FRET2*2/KUKUNA	CGSS05B00137T-099TOPY-099M-099NJ-099NJ-9WGY-0B
10	L130	FRET2/KUKUNA//FRET2/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/5/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ	CGSS05B00162T-099TOPY-099M-099NJ-13WGY-0B
11	L139	PBW343*2/KUKUNA*2//YANAC	CGSS05B00258T-099TOPY-099M-099NJ-1WGY-0B
12	L140	PBW343*2/KUKUNA*2//YANAC	CGSS05B00258T-099TOPY-099M-099NJ-2WGY-0B
13	L142	PBW343*2/KUKUNA//SRTU/3/PBW343*2/KHVAKI	CGSS05B00261T-099TOPY-099M-099NJ-099NJ-8WGY-0B
14	L144	ATTILA*2/PBW65/6/PVN//CAR422/ANA/5/BOW/CROW//BUC/PVN/3/YR/4/TRAP#1/7/ATTILA/2*PASTOR	CGSS05B00290T-099TOPY-099M-099Y-099ZTM-17WGY-0B
15	L145	ATTILA*2/PBW65/6/PVN//CAR422/ANA/5/BOW/CROW//BUC/PVN/3/YR/4/TRAP#1/7/ATTILA/2*PASTOR	CGSS05B00290T-099TOPY-099M-099Y-099ZTM-20WGY-0B

3.2.2. Material de campo y laboratorio.

Para este estudio se utilizó una cinta métrica, estacas de madera, picotas, chontillas, flexómetro, regla graduada en centímetro, rastrillos, lienzo (hilo de nylon), bandejas de plástico, cámara fotográfica, GPS, hoces, bolsas de saquillo, bolsas de yute, letreros identificadores, marbetes, planillas de datos, balanza analítica, balanza hectolitrica, vernier (calibrador), probetas, un termómetro, cuatro vasos precipitados, cuatro pipetas, cronometro de tiempo, tres crisoles y una regla de medición.

3.2.3. Material de gabinete

Para el procesamiento y análisis de datos se hizo el uso de un equipo de computadora, paquetes estadísticos SPSS versión 23, SAS versión 9.2 y

S-PLUS 2000 y todos los materiales del escritorio necesario para plasmar los resultados en un documento final.

3.3. Metodología

3.3.1. Procedimiento experimental

a. Selección y preparación del sitio

Se seleccionaron terrenos en tres localidades para la siembra del ensayo. El 20 de diciembre de 2013 fueron removidos, desterronados y mullidos con tractor agrícola a una profundidad 30 cm, con la finalidad de aflojar el suelo, para tener una buena germinación. Posteriormente el día de la siembra se continuó con el marcado del terreno con la ayuda de cordel y estacas, considerando las dimensiones del croquis previamente elaborado, según lo indicado por el diseño estadístico. Las aperturas de los surcos se llevaron a cabo con surcadora manual de 6 dientes.



Fotografía 1. Preparación del terreno

b. Preparación de semilla

La preparación del material genético se realizó el 28 de diciembre de 2013 seleccionando genotipos promisorios con características que están relacionadas a los componentes productivos. Tomando en cuenta una densidad de siembra de 100 kg/ha. Los cuales fueron posteriormente puestos en sobres con sus respectivas identificaciones para las tres localidades.



Fotografía 2. Preparación de la semilla

c. Siembra

La siembra se llevó a cabo de forma manual a chorro continuo a 10 gramos en cada surco de 4 metros con una distancia entre surco de 25 cm, a una densidad de siembra 100 kg/ha. Se cuidó que las semillas queden uniformemente distribuidas en toda la extensión del surco, posteriormente se realizó un ligero tapado con la ayuda de un rastrillo, procurando a que queden a una profundidad de 2 a 3 cm y máxima de 5 cm. La fecha de siembra fue 31 de diciembre de 2013 en la localidad de Yuraj Molino y Cruce Incallajta; y 8 de enero de 2014 en la localidad de Chullpa Chullpa.



Fotografía 3. Siembra en la localidad de Chullpa Chullpa Bajo, Yuraj Molino y Cruce Incallajta

d. Labores culturales

Se realizó la eliminación de malezas con la ayuda de chontillos en las fases fenológicas de macollaje y después de la floración, con la finalidad de eliminar hierbas invasoras entre ellas se tiene a las siguientes: nabo silvestre (*Brassica campestris*), sunchu (*Vigueia lanceolata*), pasto blanco (*Pennisetum villosa*), cebadilla (*Bromus unioloides*) y avena silvestre (*Avena fatua*) las cuales de alguna manera puedan competir con el cultivo de trigo por agua, nutrientes y espacio.



Fotografía 4. Desmalezado de forma manual

e. Cosecha.

La cosecha se realizó el 16 de abril en la localidad de Yuraj Molino, 22 de mayo en la localidad de Chullpa Chullpa Bajo y el 7 de Junio en la localidad de Cruce Incallajta, una vez que llegaron a la madurez fisiológica, es decir cuando los tallos perdieron por completo su color verde y el grano tuvo suficiente consistencia. Cada unidad experimental fue cosechada en yutes con sus respectivos marbetes para su identificación.



Fotografía 5. Cosecha de trigo por unidad experimental.

f. Trillado y venteado

El trillado en la localidad de Yuraj Molino se realizó el mismo día de la cosecha y el venteado luego de dos días. Mientras que en la localidad de Chullpa Chullpa Bajo y Yuraj Molino el trillado y venteado se realizó luego de dos días de la cosecha. El proceso de trillado se hizo con la ayuda maquina trilladora de granos y el venteado de la misma forma con la maquina venteadora de granos, esto para que los granos quede libre de impurezas para su posterior evaluación en laboratorio.



Fotografía 6. Trillado y venteado de trigo harinero luego de la cosecha

3.3.2. Variables en estudio

En cada unidad experimental, se seleccionaron a tres plantas de forma aleatoria para la toma de datos, los cuales fueron identificados con marbetes correspondientes, asignándole una numeración a cada una de ellas. A continuación se describen cada una de las variables siguiendo la guía práctica para la investigación en trigo de Marza y Quispe (2013).

a. Altura de la planta (AP).

La determinación de la altura de planta se realizó antes de la cosecha midiendo la altura en centímetros con flexómetro de tres plantas desde la base del tallo hasta la punta de la espiga, con exclusión de las aristas.

b. Longitud de la espiga (LE).

En la época de cosecha se evaluó la longitud de espiga en centímetros con regla desde la base del raquis hasta la espiguilla terminal de la espiga sin tomar en cuenta las aristas, en las tres plantas muestreadas.

c. Número de macollo por planta (NM).

Para la obtención de los datos de esta variable se eligieron tres plantas muestreadas por cada unidad experimental, realizando el conteo directo y luego se sacó promedio por planta.

d. Número de espigas por metro cuadrado (NEM).

Para la obtención de los datos de esta variable se realizó el conteo de las espigas correspondientes en un metro lineal de la parte central de ambos surcos, de cada unidad experimental.

e. Número de granos por espiga (NGE).

Se procedió a contar los granos de cada espiga muestreada de las tres plantas, dentro de cada unidad experimental, para luego sacar el promedio por espiga.

f. Peso de mil granos (PMG).

En cada tratamiento se contó y pesó 1000 semillas de una muestra aleatoria, después de ser cosechado, trillado y venteado, haciendo uso de una balanza analítica. Se hicieron tres repeticiones correspondientes, sacando el promedio como resultado final.

g. Peso hectolítrico (PH).

Se determinó en una balanza hectolítrica, donde se pesó granos por unidad de volumen de 40.97cm^3 , con una humedad inferior al 14% (cuando no se marca la impresión de la uña al apretar el grano).

h. Rendimiento en grano (RDTO).

Para la evaluación del rendimiento en grano, se realizó el pesado del total de los granos cosechados de cada unidad experimental, expresados en kg/ha. Se hicieron tres repeticiones correspondientes sacando el promedio como resultado final.

i. Tamaño del grano (TG).

Para determinar el tamaño de grano, se realizó la medición del largo del grano de las muestras obtenidas al azar clasificándola según la siguiente escala:

1= Grano pequeño (<6 mm)

3= Grano mediano (6-7 mm)

5= Grano grande (>7 mm)

j. Tipo de grano (TGR).

El tipo de grano se determinó a simple vista, después de la cosecha de trigo, clasificándola según el llenado del grano de cada genotipo bajo la siguiente escala:

1= Muy Chupado

2= Chupado

3= Casi lleno

4= Lleno

5= Muy lleno

k. Densidad de espiga (DES).

La densidad de la espiga se determinó de forma visual de cada genotipo para saber si la espiga esta compacta o laxa, esta variable fue medida bajo la siguiente escala:

1= Muy laxa

2= Laxa

3= Moderadamente compacta

4= Compacta

5= Muy compacta

I. Precocidad.

La precocidad de los genotipos de trigo se determinó en la etapa de la madurez fisiológica (cuando no se marca la impresión de la uña al apretar el grano), según la siguiente escala:

1= Muy tardío

2= Tardío

3= Intermedio

4= Precoz

5= Muy precoz

m. Tolerancia a Roya

Se determinó de forma visual la presencia de la enfermedad de cada genotipo, bajo la siguiente escala:

1= Muy susceptible

2= Susceptible

3= Moderadamente tolerante

4= Tolerante

5= Muy tolerante

n. Tolerancia a Septoria

Se determinó de forma visual la presencia de la enfermedad de cada genotipo, bajo la siguiente escala:

1= Muy susceptible

2= Susceptible

3= Moderadamente tolerante

4= Tolerante

5= Muy tolerante

3.4. Diseño experimental

Los ensayos fueron establecidos siguiendo un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), con tres repeticiones por localidad con un entorno de 14 líneas elites pertenecientes al vivero 32 ESWYT más un testigo local Tepoca T89 llegando a conformar 15 tratamientos los cuales fueron aleatorizados. En cada bloque se alojaron 15 genotipos haciendo un total de 45 unidades experimentales y cada unidad experimental fue de 5 surcos (Anexo 1).

3.5. Registro de datos

Para la el registro de datos, se elaboró un el libro de campo de acuerdo a las variables cuantitativas y cualitativas conforme a ciclo vegetativo del cultivo.

3.6. Análisis estadístico de los resultados

Con los datos registrados de las distintas localidades de evaluación, se construyó una base de datos en Excel para cada tratamiento. Posteriormente se realizaron siguientes análisis estadísticos: análisis descriptivo, análisis de varianza individual, análisis de varianza combinado, análisis de adaptabilidad y estabilidad bajo el modelo de Eberhart y Russell, análisis de frecuencia para variables cualitativas, análisis de correlación simple y análisis de componentes principales.

a. Análisis descriptivo

El cálculo de los estadísticos descriptivos se realizó para estimar y describir el comportamiento de las diferentes líneas en relación con cada carácter. Con la aplicación de este análisis se determinó los estadísticos de tendencia central (media aritmética), dispersión (desviación estándar, rango, máximo y mínimo) y distribución (sesgo y curtosis). Estos análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS versión 23.

b. Análisis de varianza combinado

El análisis de varianza combinado fue aplicado a los datos de las tres localidades para todas las variables en estudio. Este análisis nos muestra resultados entre localidades, bloques dentro de las localidades, líneas e interacción de línea por localidad. Asimismo se realizó comparación de medias de Duncan a un nivel de probabilidad de 5% para cada variable entre líneas y entre localidades. Para este análisis se utilizó el programa de

sistema de análisis estadístico SAS versión 9.2; Bajo el modelo estadístico propuesto por Vázquez (1990).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_k + (\beta_j)_k + T_i + (\alpha T)_{ik} + \varepsilon_{(ijk)}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Una observación de la línea i, en el bloque j y en la localidad k.

μ = promedio de la población de todo el experimento.

α_k = Efecto atribuible a la localidad k.

$(\beta_j)_k$ = Efecto atribuible al bloque j en la localidad k.

T_i = Efecto atribuible a la línea i.

$(\alpha\beta)_{ik}$ = efecto atribuible a la interacción de la línea i en la localidad k.

$\varepsilon_{(ijk)}$ = Efecto aleatorio del error experimental.

Los análisis combinados para la prueba de F de la fuente de variación localidad se utilizó como denominador el cuadrado medio de la fuente de variación repeticiones/localidades; para genotipos se utilizó como denominador el cuadrado medio de la interacción de la línea por localidad y para restante el error experimental combinado (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de varianza combinado para la evaluación de 14 líneas élite de trigo harinero. en tres localidades

Fuente de variación (F.V.)	Grados de Libertad (G.L.)	Cuadrados Medios (CM)
Loc(L)	(L-1)= 2	CM5
Blq/L	L(r-1)= 6	CM4
Línea	L-1= 14	CM3
Lin* Loc	(L-1)(Lin-1)= 28	CM2
Err. Exp.	L(r-1)(Lin-1)= 84	CM1
Total	L*Lin*r-1= 134	

Repetición (r)=3; Línea (Lin)=15; Localidad (L)=3.

c. Análisis de frecuencias para datos cualitativos

Para las variables cualitativas se realizó distribución de frecuencias con el propósito de indicar las veces que se reiteran los valores. Este análisis se realizó con el paquete estadístico SPSS versión 23.

d. Análisis de estabilidad

Los análisis de estabilidad se determinaron de acuerdo al modelo estadístico propuesto por Eberhart y Russell (1966). Este análisis se realizó con datos de rendimiento en grano de genotipos en estudio y fue realizado en hoja electrónica Excel.

e. Coeficiente de correlación simple

Este coeficiente de correlación nos permitió cuantificar en términos relativos el grado de asociación íntima o variación conjunta entre dos variables cuantitativas. Su valor oscila entre -1 a +1; donde el signo de coeficiente indica el tipo de asociación; siendo el 1 el valor de máxima similitud. Este análisis fue calculado con el paquete estadístico SPSS versión 23.

f. Análisis de componentes principales.

Con este análisis se transformó a las variables originales en otro de conjunto de variables independientes no correlacionadas, llamadas componentes principales. La interpretación de los resultados se analizaron donde valores propios explican el 70% de la varianza total, así como indica López e Hidalgo (1994). Los componentes principales fueron calculados con el software estadístico (S-PLUS 2000).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características climáticas

En la Figura 3 se muestra las curvas de temperatura y precipitación registradas en las localidades Cruce Incallajta y Chullpa Chullpa Bajo. Se advierte que en ambas localidades la temperatura media fue 12.2 °C, con valores extremos de 0,4°C como mínimo y 24°C como máximo. El comportamiento climático de la precipitación fue diferente en cada localidad, llegando a acumular 352 mm/ciclo para la localidad de Cruce Incallajta y 332 mm/ciclo para la localidad de Chullpa Chullpa Bajo; los mismos muestran una distribución diferente respecto a la precipitación histórica a partir de datos de SENAMHI (2014).

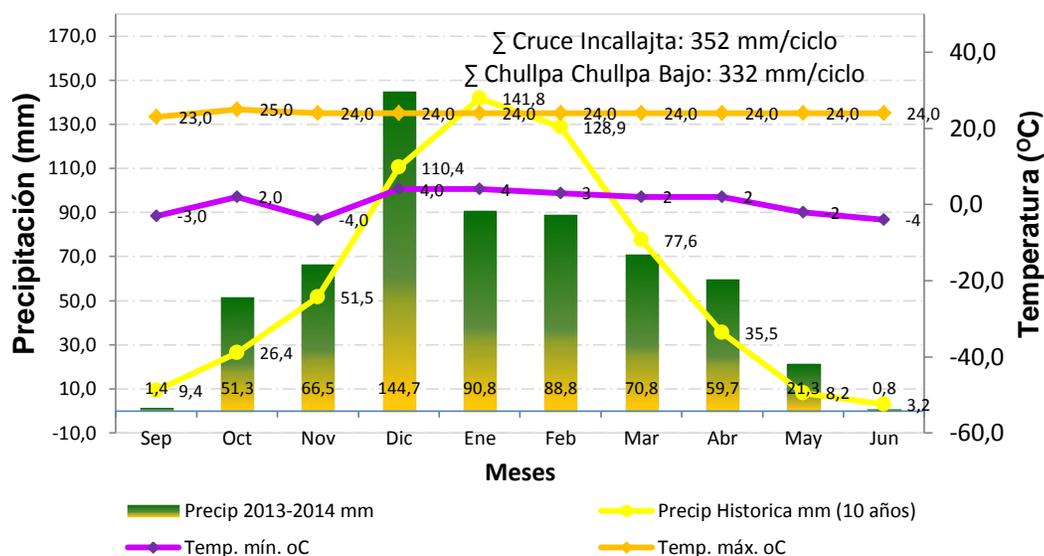


Figura 4. Climadiagrama del municipio de Totorá, localidad Cruce Incallajta y Chullpa Bajo en la campaña agrícola 2013-2014 (SENAMHI, 2014).

En la localidad de Yuraj Molino, se alcanzó a una temperatura media de 11.4 °C con valores extremos de 3.2 °C como mínimo y 19.6 °C como máximo, con una acumulación de precipitación total de 346 mm/ciclo; también se observa que entre el mes de enero y febrero se tuvo mayor precipitación. Sin embargo la precipitación histórica fue superior a la campaña de 2013-2014 (Figura 4).

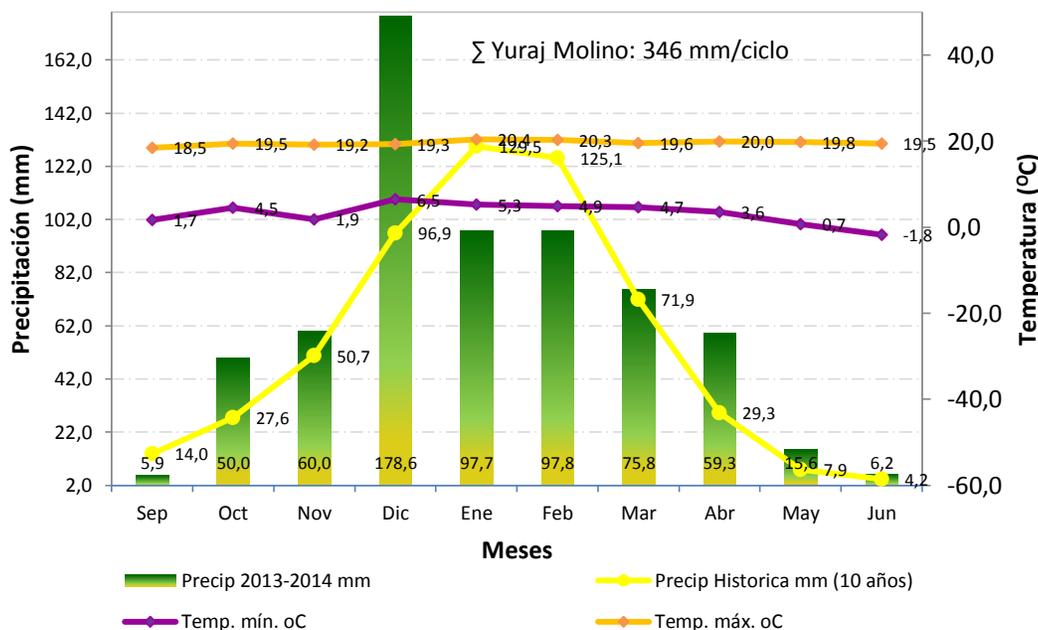


Figura 5. Climadiagrama del municipio de Pocona, localidad Yuraj Molino, en la campaña agrícola 2013-2014 (SENAMHI, 2014).

4.2. Análisis descriptivo

En el Cuadro 5, se muestra el comportamiento de las 14 líneas élite y un testigo (T-89) a nivel de las tres localidades, estos resultados muestran variaciones obtenidas a través de los estadísticos de la media, desviación estándar, rango y los parámetros mínimos y máximos. Entre las características agromorfológicas, se distinguen altura de la planta (AP) y longitud de espiga (LE), mostrando 72.0 cm y 8.3 cm de media, con 46 cm y 7.5 cm de rango de variación, respectivamente.

Se destacan también las variables relacionadas con componentes de productividad, de los cuales se observa que número de macollos por planta (NM), número de espigas por metro cuadrado (NEM), número de granos por espiga (NGE), peso de mil granos (PMG) y rendimiento en grano (RDTO), muestran un promedio de 4 macollos por planta, 237 espigas por m², 44 granos por espiga, 47.1g y 2778.2 kg/ha respectivamente. El rendimiento más bajo fue 592 kg/ha y el más alto 6598 kg/ha, mostrando un rango de variación de 6006 kg/ha, pudiendo la misma atribuirse a la naturaleza del suelo y condiciones ambientales. Y Respecto al componente de calidad de grano se encuentra peso hectolítrico (PH) con 76.9 kg/hl en promedio y con valores extremos de 70.8 kg/hl

como mínimo a 82.0 kg/hl como máximo, las mismas que nos muestra poca variación respecto a la media.

Para las características de coeficientes de distribución (sesgo y curtosis) se encontró sesgo a la derecha o sesgo positivo para todas las variables mencionadas, a excepción de las variables de longitud de espiga y peso hectolítrico. Sin embargo para la curtosis todos los valores encontrados fueron negativos a excepción de la variable peso hectolítrico, por lo cual afirmamos que la curva para valores negativos es platicúrtica y para valores positivos es mesocúrtica.

Cuadro 5. Estadística descriptiva de variables agromorfológicas, componentes productividad y calidad de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

Variables	Media	Desviación estándar	Asimetría	Curtosis	Rango	Mínimo	Máximo
Características agromorfológicas							
Altura de la planta [€]	72,0	14	0,7	-1,1	46	53,0	99,0
Longitud de la espiga [€]	8,3	1	-0,2	-0,2	7,5	4,5	12,0
Componentes de productividad							
Número de macollos/planta	4,1	2	0,4	-0,4	10	1	11
Número de espigas/m	236,6	151	0,8	-0,9	505	56	561
Número de granos/ espiga	43,9	5	0,1	-0,6	20	34	54,0
Peso de mil granos* [‡]	47,1	5,7	0,0	-0,5	26,0	34,0	60,0
Rendimiento en grano [£]	2778,2	1785,6	0,8	-1,0	6006,0	592,0	6598,0
Componente de calidad							
Peso hectolítrico ^α	76,9	2,1	-0,5	0,6	11,2	70,8	82,0

€=cm; ‡= g; α= (kg/hl) y £= (kg/ha)

Los valores reportados en el presente trabajo son superiores a los datos obtenidos por Marza *et al.*, (2014), quienes reportaron promedios generales de 3 macollos por planta y 37.2 g de peso de mil granos en el estudio de variabilidad fenotípica de 50 líneas de trigo; también Cartagena (2012), mostro valor mínimo de 183 kg/ha y valor máximo de 499 kg/ha para rendimiento, en la evaluación agronómica de 23 líneas mejoradas en dos localidades del área tradicional.

4.3. Análisis de varianza combinado

En el Cuadro 6, se observa los resultados del análisis de varianza para las variables altura de la planta (AP), número de macollos (NM), número de espigas por metro cuadrado (NEM), longitud de espiga (LE), número de granos por espiga (NGE), peso de mil granos (PMG), peso hectolítrico (PH) y Rendimiento (Rdto) registrados en las tres localidades. Estos resultados indican la existencia de diferencias significativas al $\alpha < 0,05$ entre localidades, líneas y en la interacción de líneas por localidad. La significancia encontrada para todas las variables nos indica una respuesta diferencial de las líneas a las variaciones ambientales en las diferentes localidades.

Los valores de los coeficientes de variación para todos los caracteres evaluados mostraron un mínimo de 1.25% para peso hectolítrico y un máximo de 19.21% para número de macollos; estos valores nos indica que están dentro de los parámetros establecidos; por lo tanto hubo un buen control del error en la técnica experimental utilizada.

Cuadro 6. Análisis de varianza combinado para variables cuantitativas de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS							
		AP(cm)	NM	NEM	LE(cm)	NGE	PMG(g)	PH(kg/hl)	Rdto(Kg/ha)
Loc	2	11171.25**	212.14**	1374620.12**	63.58**	439.79**	781.36**	40.62**	195687431.3**
Blq/Loc	6	16.23	0.11	131.67	0.24	3.31	13.37	0.93	53006.1
Linea	14	39.44**	10.74**	8186.91**	6.63**	82.24**	115.92**	22.59**	1708036.9**
Lin*Loc	28	50.28**	2.09**	5592.20**	2.07**	23.36**	28.41**	3.38**	301436.8**
Err. Exp.	84	8.05	0.61	356.46	0.24	2.91	4.06	0.92	38191.5
R ²		0.97	0.92	0.98	0.93	0.92	0.92	0.87	0.98
CV		4.0	19.21	7.98	5.96	3.89	4.28	1.25	7.07

Referencias: * Significativo al nivel $\alpha=0.05$ de probabilidad; ** Significativo al nivel $\alpha=0.01$ de probabilidad
CV: Coeficiente de Variación; R²: Coeficiente de determinación.

En la investigación realizada por Velazco *et al.*, (2001), sobre la adaptabilidad de 25 líneas avanzadas de trigo, establecidas en 12 localidades del área tradicional de Bolivia, los resultados fueron similares sobre la significancia para las localidades, genotipos por interacción de localidad por genotipos. Por otro lado Cartagena (2012), también demostró alta significancia entre líneas e interacción de línea por localidades para las variables número de espigas por metro cuadrado, tamaño o longitud de espiga, número de granos por espiga, peso hectolítrico y rendimiento en grano.

4.4. Pruebas de comparación de medias entre genotipos y localidades evaluados para variables cuantitativas

4.4.1. Altura de la planta

Los resultados de la prueba de comparación de medias Duncan a un nivel de significancia del ($\alpha < 0,05$) (Figura 6), muestra que para la variable altura de la planta se conformaron siete grupos diferentes; encontrándose en primer grupo (A) las líneas de L121, L130, L126 y L122 de porte alto con 75.5, 74.4, 74.2 y 73.9 cm respectivamente. En el cuarto grupo (D) se encuentra las líneas L140, L145, L139, L108 y L144 de porte intermedio con 73.4, 73.2, 72.8, 72.4 y 71.3 cm respectivamente. El último grupo (G) con porte bajo corresponde a las líneas T-89, L120, L112, L142, L123 y L107 con 70.9, 70.7, 70.2, 69.9, 69.2 y 68.2 cm respectivamente.

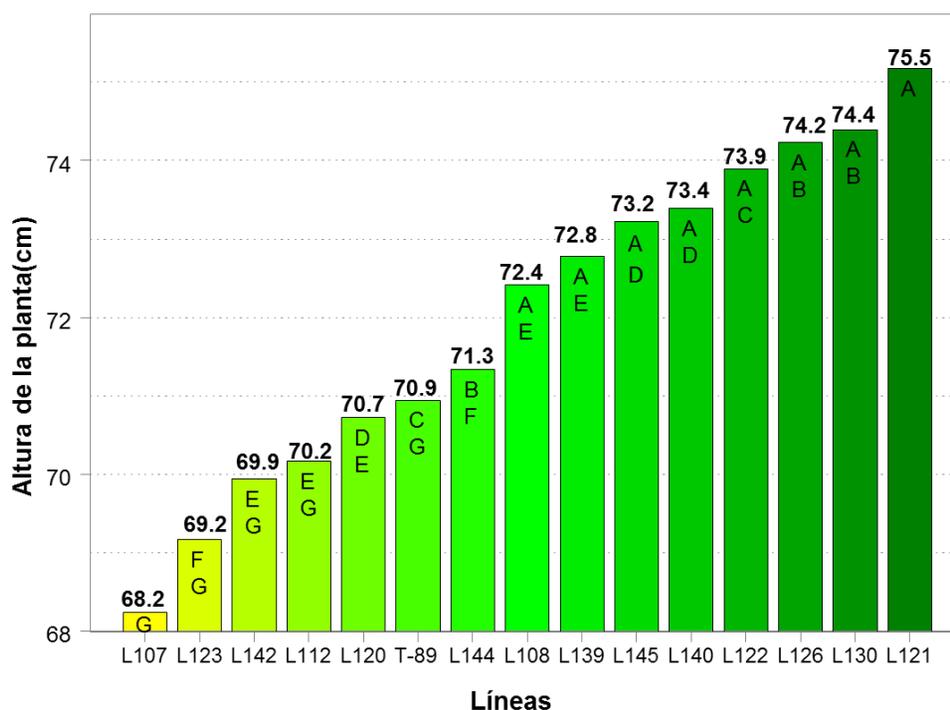


Figura 6. Comparación de medias de altura de la planta entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

El promedio general encontrado con datos de las tres localidades fue 70,0 cm de altura de planta (Cuadro 7), las líneas que se encuentran en el extremo inferior del promedio probablemente es debido a su composición genética, ya que las líneas de porte bajo son de importancia agronómica, por ser menos susceptible al acame. Al respecto San Martín (2001), reportó un promedio de 72 a 75 cm con diferentes aplicaciones de herbicidas, en Estación Experimental de Tarata, los cuales muestran alturas superiores a los resultados obtenidos en el presente trabajo. Sin embargo Cartagena (2012), mostró un promedio de 47.3 cm en la evaluación agronómica de 23 líneas establecidas en condiciones de las localidades de Totorá y Tarata. Gómez y Gabriel (2001), indica la gran importancia de contar con genotipos de porte bajo para evitar pérdidas en la cosecha debido al acame. En la Figura 6, se tiene las medias del número de macollos por planta en cada localidad encontrándose tres grupos según Duncan ($\alpha < 0,05$); la mejor localidad para el desarrollo de esta variable fue Cruce Incallajta con 89.9 cm seguido de la localidad Chullpa Chullpa Bajo con 65.3 cm y finalmente la localidad de Yuraj Molino alcanzó una altura de 60.7 cm. Esta diferencia probablemente se debió a los factores extrínsecos ya que en la localidad de cruce Incallajta es donde mayor precipitación se tuvo a diferencia de las dos localidades.

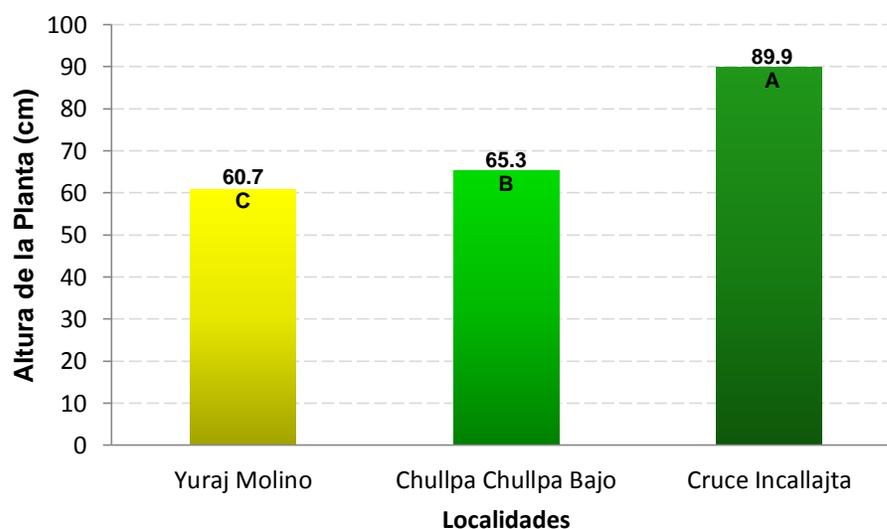


Figura 7. Comparación de medias de altura de la planta entre localidad de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014.

La interacción de línea por localidad muestra diferencias significativas, para lo cual se realizó el análisis de efectos simples. En base a este análisis se observó comportamiento

significativo del factor línea respecto al factor localidad y comportamiento significativo del factor localidad respecto al factor línea (Anexo 2). En la Figura 8, se observa a las líneas L108, L122 y L126 como las más sobresalientes en la localidad de cruce Incallajta. Mientras que en la localidad Yuraj Molino y Chullpa Chullpa Bajo estas mismas líneas tuvieron comportamientos diferentes, mostrando menor tamaño.

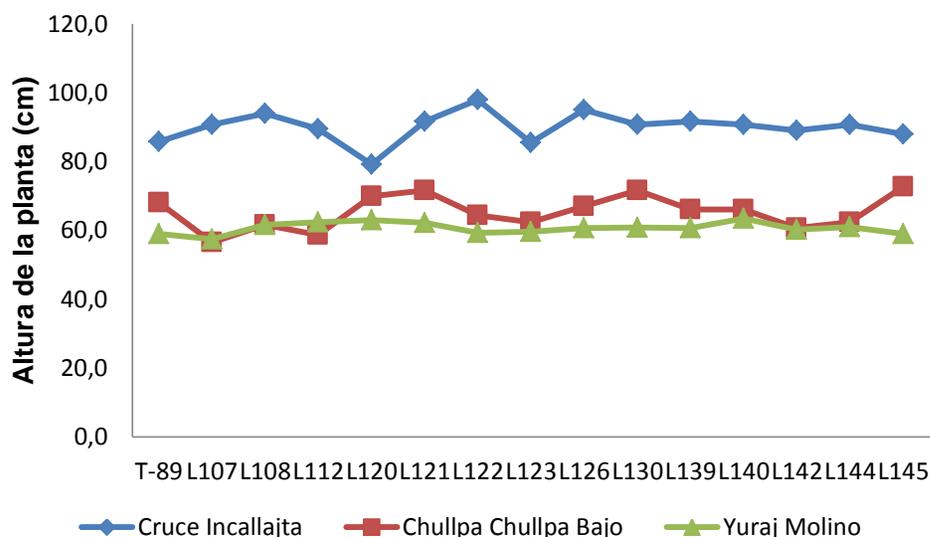


Figura 8. Interacción de la línea por localidad en la altura de la planta.

4.4.2. Longitud de espiga

La Figura 9, muestra la comparación de medias para líneas en cuanto al carácter longitud de espiga, en el cual se observa diferencias significativas según la prueba estadística de Duncan a un nivel de significancia del ($\alpha < 0,05$), mostrando la conformación de 7 grupos diferenciados. Las líneas que llegaron a desarrollar mayor longitud de espiga fueron: L130, L126, L142, L140, L122 y L108 con 9.3, 9.3, 9.2, 9.1, 9.1 y 9.0 cm correspondientes al grupo (A) ; seguido por las líneas L121, L145, y L145 con 8.0, 7.7 y 7.6 cm formando el grupo intermedio (D) y en el último grupo (G) se tiene a las líneas L112, L123, L107 y L120 con 7.4, 7.4, 7.1 y 6.9 cm; el testigo T-89 llegó a desarrollar 8.3 cm de longitud de espiga.

Para este carácter se identificaron diferencias entre líneas, evidenciando variabilidad genética de cada línea. Las líneas con mayor longitud de espiga se encuentran superior al resultado obtenido por Moñocopa (2012), quien reportó que la línea L12 tuvo 9 cm de longitud de espiga y fue uno de los mejores dentro de las 25 líneas de trigo harinero en

estudio, en condiciones del altiplano, lo cual afirma que estas diferencias entre variedades es debido a la composición genéticas de cada línea.

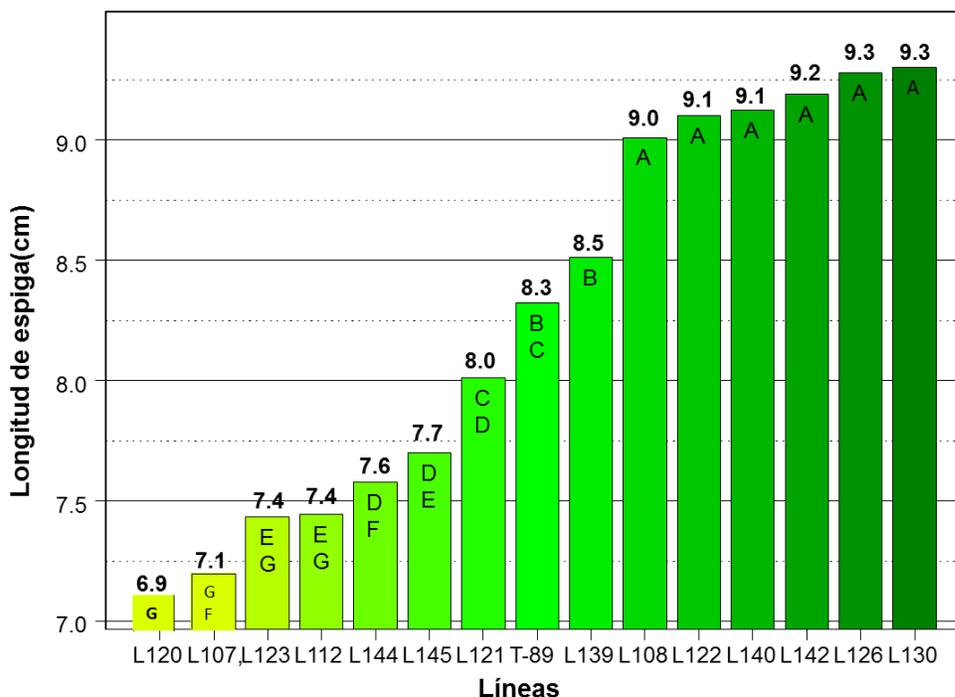


Figura 9. Comparación de medias de longitud de espiga entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

Quispe (2011), obtuvo resultados similares para las líneas L1098, L1099, L1095, L1097, L1089, L1135, L1090, L1134, L1094, L1036, L1115, L1038 y L1142 longitudes de 8.3, 8.4, 8.4, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 9.0, 9.1, 9.1, y 9.1 cm respectivamente como las mejores para este carácter, dentro de 148 líneas avanzadas.

En la Figura 10, se observa la media de la longitud de espiga por localidad formando tres grupos diferentes según Duncan ($\alpha < 0,05$). Estos resultados nos indican que en la localidad de Cruce Incallajta las líneas tuvieron una media de 9.2 cm de longitud de espiga. Mientras que en la localidad Yuraj Molino la media fue 8.7 cm de longitud de espiga y para la localidad Chullpa Chullpa Bajo se registró las líneas de menor longitud (6.9 cm).

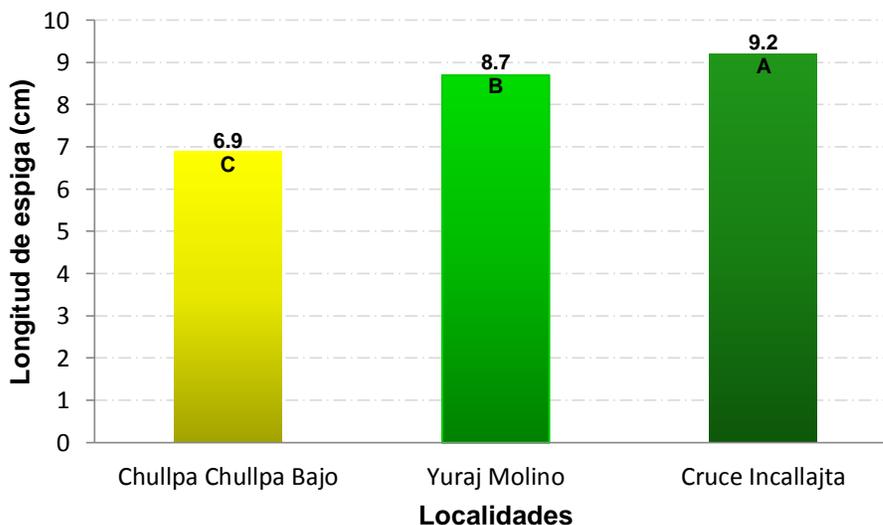


Figura 10. Comparación de medias de longitud de espiga entre localidades de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014.

En la interacción de línea por localidad se presenta diferencias en todos los casos; donde se tiene comportamiento significativo del factor línea respecto al factor localidad, como así también el factor localidad tiene comportamiento significativo respecto al factor línea (Anexo 2). Así mismo estos resultados muestran que en la localidad de Cruce Incallajta las líneas L108, L122, L126 y L142 alcanzaron 10.2, 10, 11.3 y 10.7 cm respectivamente; las mismas líneas en la localidad de Yuraj Molino fueron menor y mucho menor en la localidad de Chullpa Chullpa Bajo; pero estas líneas en las tres localidades son las más sobresalientes respecto a las líneas restantes (Figura 11).

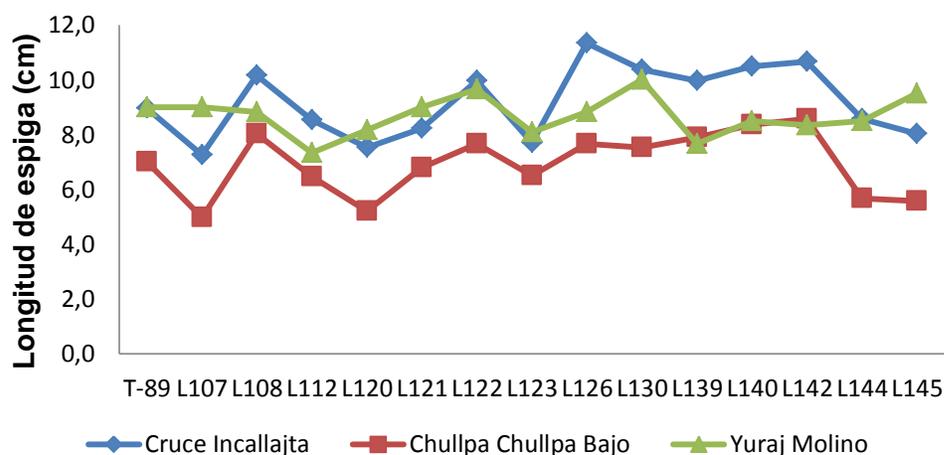


Figura 11. Interacción de la línea por localidad en longitud de espiga.

4.4.3. Número de macollos por planta

La Figura 12, muestra el análisis estadístico de la prueba de Duncan a un nivel de significancia del ($\alpha < 0,05$), mostrando 7 grupos. En el primer grupo (A) se encuentra la línea L142 con 7 macollos. Mientras que las líneas L139, L126, L130, L144 y L101 llegaron a desarrollar 4 macollos por planta, correspondientes al grupo intermedio (D). Finalmente las líneas L112, L145, L120, L121, L107 y L123 llegaron a desarrollar 3 macollos por planta, llegando a formar el último grupo (G). En base a estos valores podemos mencionar que existieron plantas que desarrollaron mayor número de macollos respecto al testigo Tepoca T-89 (variedad local) con 4 macollos por planta, encontrándose en el grupo intermedio.

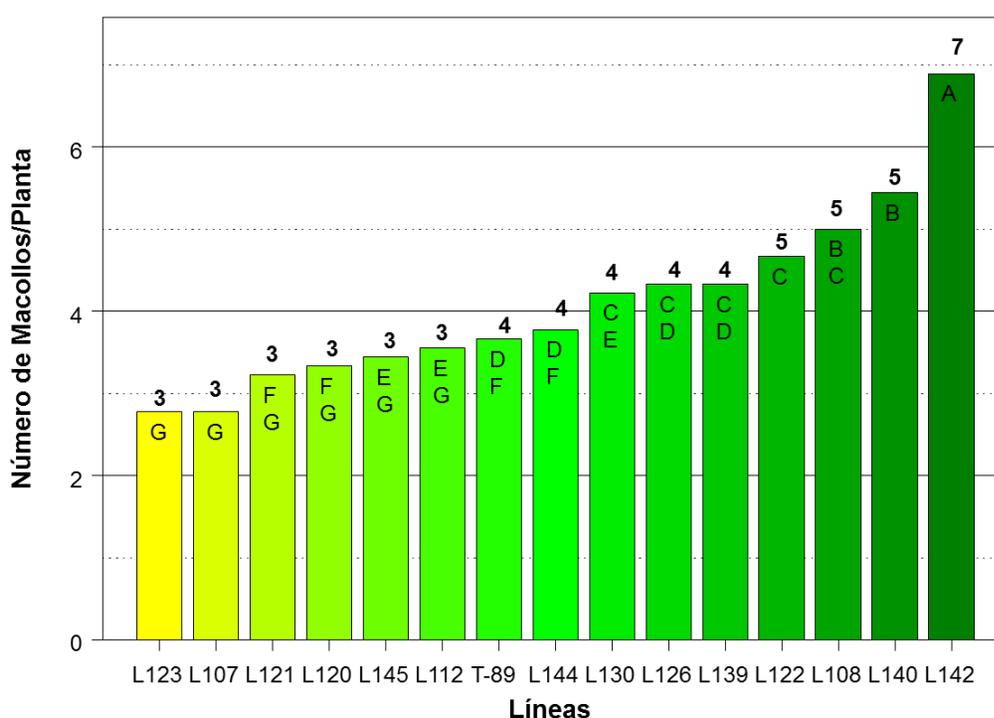


Figura 12. Comparación de medias de número macollos entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

Para este carácter se encontraron líneas con 4 hasta 7 macollos por planta, dichas líneas se encuentran por encima del resultado obtenido por Marza (2014); quien reportó 3 macollos por planta en promedio del vivero ESWYT en las gestiones de 2011-2013. También se pudo observar que la diferencia en el número macollos por planta entre líneas

es altamente influenciada por las características extrínsecas, evidenciándose mayor número de macollos por planta en la localidad con mayor precipitación pluvial.

Según la Figura 13, se observa comparación de medias entre localidades para la variable número de macollos por planta, encontrándose el mejor desarrollo en la localidad de Cruce Incallajta seguido de la localidad Yuraj Molino con 6 y 7 macollos por planta respectivamente; mientras que en la localidad Chullpa Chullpa Bajo se tuvo solo 2 macollos por planta en promedio. Esta variación entre localidades probablemente se debe a la precipitación.

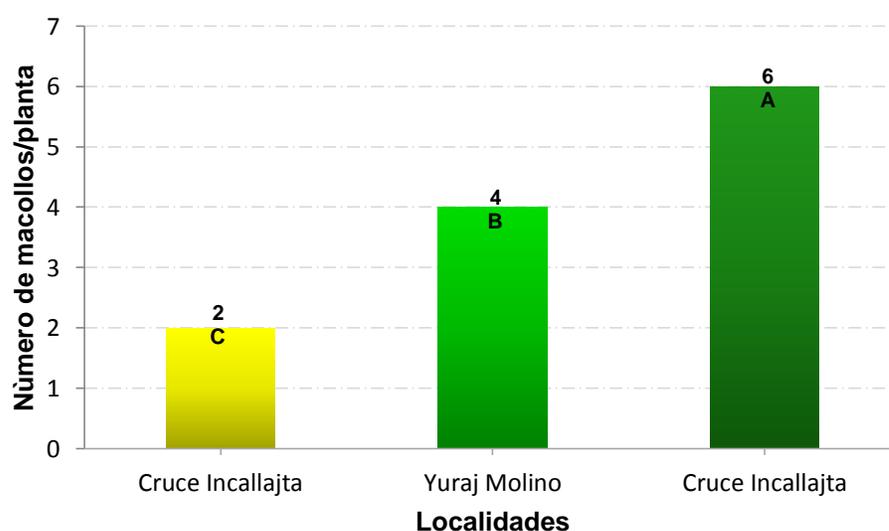


Figura 13. Comparación de medias de número de macollos por planta entre localidades de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014.

En el Anexo 2, se observa el análisis de varianza de efectos simples; donde se muestra la dependencia de las líneas por localidad y dependencia de las localidades por línea, es decir los cambios del ambiente afectan desigualmente la manifestación del número de macollos para las líneas.

Según la Figura 14, la localidad de Cruce Incallajta con las líneas L108, L130, L140 y L142 se logró mayor número de macollos. Con las mismas líneas en la localidad de Yuraj Molino y Chullpa Chullpa Bajo es menor el número de macollos por planta; pero siguen siendo los más sobresalientes dentro de la localidad a excepción de la línea L130.

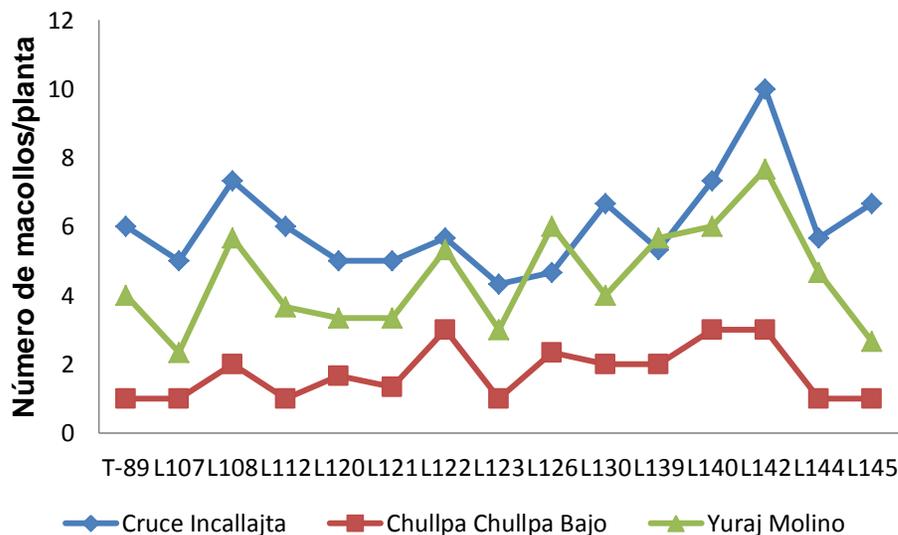


Figura 14. Interacción de la línea por localidad en el número de macollos por planta.

4.4.4. Número de espigas por metro cuadrado

En la prueba de análisis comparativo de medias (Figura 15), Duncan a un nivel de significancia del ($\alpha < 0,05$) muestra ocho grupos en cuanto al número de espigas por metro cuadrado. En el primer grupo (A) se encuentra la línea L142 con 307 espigas por metro cuadrado. Seguido de las líneas L140, L126, L139, T-89, L123, L120 y L145 con 249, 246, 245, 235, 225, 224 y 217 espigas por metro cuadrado correspondientes al grupo intermedio (D y E). Y Mientras que las líneas L121 y L107 con 203 y 190 espigas por metro cuadrado formaron el último grupo (H) con menor número de espigas.

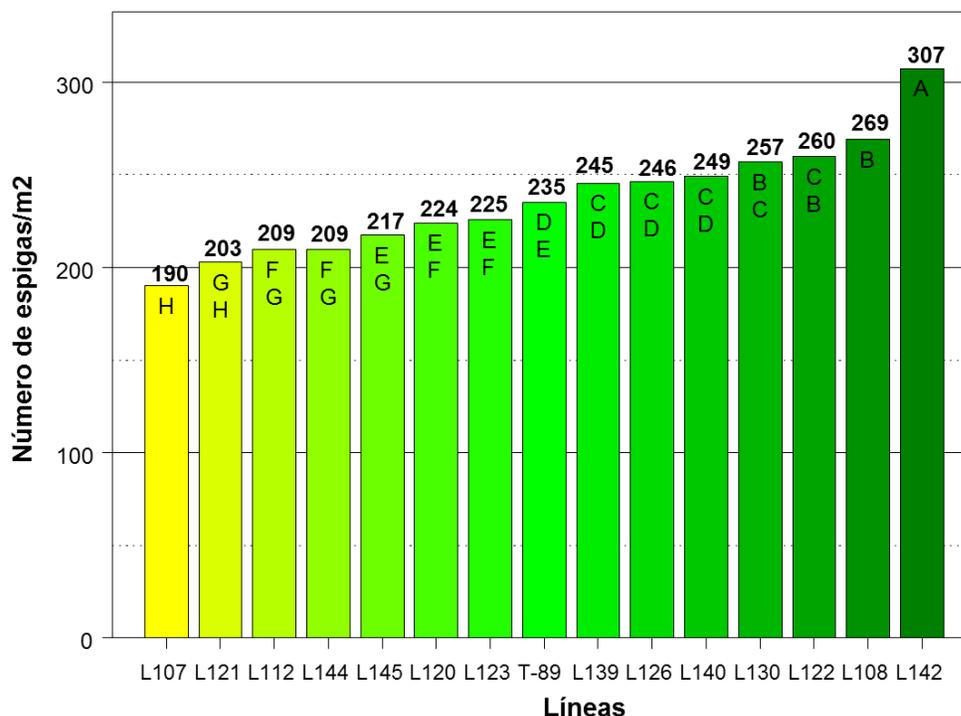


Figura 15. Comparación de medias de número de espigas por metro cuadrado entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

Respecto a esta variable se observó alta variabilidad entre líneas, destacándose las líneas de primer y segundo grupo con mayor número de espigas respecto a testigo T-89 (variedad local) con 235 espigas por metro cuadrado en promedio.

España y Revollo (2001), indican que a densidades de 100, 125 y 150 kg/ha llegan a formar 190, 199 y 238 espigas por metro cuadrado respectivamente. También almendras (2000), menciona que con tratamientos de fertilización de 00-00-00, 32-23-00 y 41-46-00 de N-P₂O₅-K₂O llegan a formar 121, 131, 143 y 142 espigas por metro cuadrado; por lo tanto se puede evidenciar claramente que los resultados obtenidos son superiores, lo cual muestra que las líneas en estudio desarrollan mejor.

Gómez y Gabriel (2001), en la gestión agrícola 1991-1992 en la introducción de las líneas avanzadas desde centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT), para la selección de líneas con amplia adaptabilidad en condiciones del valle del departamento de Cochabamba, llegaron a obtener 204 espigas por metro cuadrado como promedio, mismos que son inferior a las líneas elites de L142, L122, L108 y L126.

Este carácter está influenciado fuertemente por factores extrínsecos, como condiciones climáticas y fertilidad del suelo; ya que en la localidad con mayor precipitación y contenidos de materia orgánica, desarrollaron mejor. Asimismo López (1990) citado por Cartagena (2012), menciona que el número de espigas por metro cuadrado está en función del número de plantas por metro cuadrado y número de tallos fértiles por planta, factor que está en función a la capacidad de macollamiento, condiciones climáticas, nutrición mineral, practicas agronómicas, competencia entre plantas individuales y daños producidos por factores bióticos.

Las medias del número de espigas por metro cuadrado en las localidades mostró diferencias significativa según Duncan ($\alpha < 0,05$), mostrando 436 macollos en la localidad de Cruce Incallajta, seguidos de la localidad Yuraj Molino con 164 macollos y finalmente en la localidad de Chullpa Chullpa Bajo solo llego alcanzar 109 macollos (Figura 16).

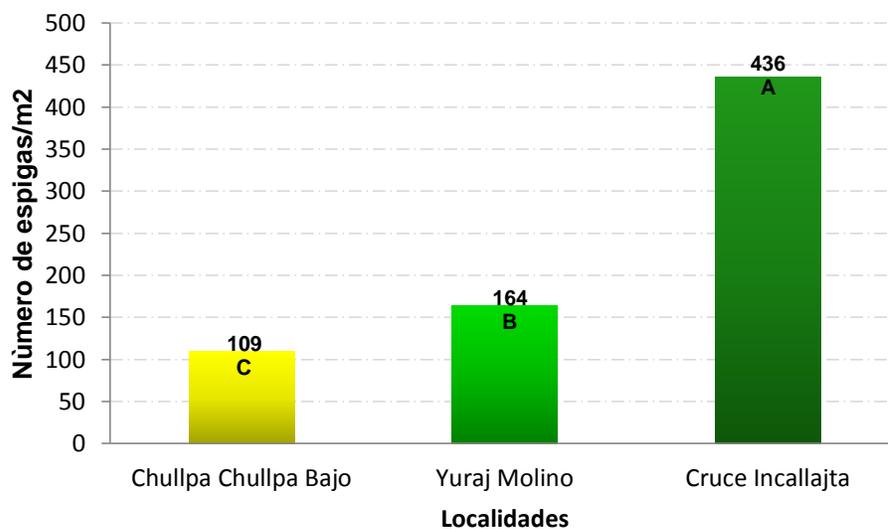


Figura 16. Comparación de medias de número de espigas por metro cuadrado entre localidades de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014.

En el Anexo 2, se muestra el análisis de varianza de los efectos simples mostrando dependencia de un factor a otro, es decir la respuesta de cada línea varía de una localidad a otra. En la Figura 17, se ilustra la existencia de la interacción debido a la respuesta diferencial de cada línea, de tal manera se observa para localidad de Cruce Incallajta mayor número de espigas por metro cuadrado; sin embargo para la localidad de Yuraj Molino y Chullpa Chullpa Bajo llegaron a formar menor número de espigas por metro cuadrado.

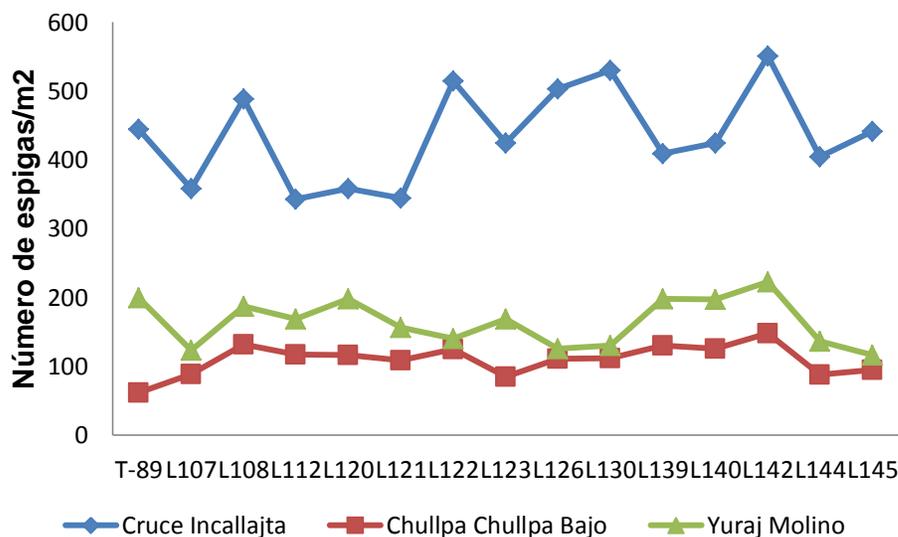


Figura 17. Interacción de la línea por localidad en el número de espigas por metro cuadrado.

4.4.5. Número de granos por espiga

En la prueba de Duncan a un nivel de significancia de ($\alpha < 0.05$) para número de granos por espiga, expresa diferencia entre líneas, estableciéndose en ocho grupos; las líneas L140, L126, L142 y L139 formaron 48, 48, 47 y 47 granos por espiga respectivamente, correspondientes al grupo (A). Mientras que las líneas L130, L120, T-89 y L112 formaron 44, 43, 42 y 42 granos por espiga respectivamente, formando el grupo intermedio (D y E). Y las líneas L145, L123 y L107 con 41, 40 y 39 granos por espiga respectivamente, fueron los que formaron menor número granos, encontrándose en el último grupo (H). Sin embargo se observó que hubo líneas que llegaron a formar mayor número de granos respecto al Tepoca T-89 (variedad local) que se ubica en grupo intermedio (E y D), con 42 granos por espiga en promedio (Figura 18).

Comparando las medias entre líneas en las variables de longitud de espiga y número de granos por espiga se puede ver claramente que están muy relacionados; las líneas que alcanzaron a desarrollar mayor longitud de espiga también muestran mayor número de granos por espiga. Al respecto Janeta (2011), afirma que en el mejor desarrollo de espiga se muestra mayor número de espiguillas y mayor número de granos por espiga. Sin embargo Mamani (2000); citado por Lopez (1991), indica que este carácter está altamente influenciado por su potencial genético de la variedad, por las condiciones climáticas y

fecundación. Por lo tanto los resultados de los genotipos con mayor número de granos por espiga se encuentran similares a los resultados obtenidos por Moñocopa (2012), con 28 y 52 granos por espiga y por encima de lo reportado por Quispe (2011), con 9 y 46 granos por espiga.

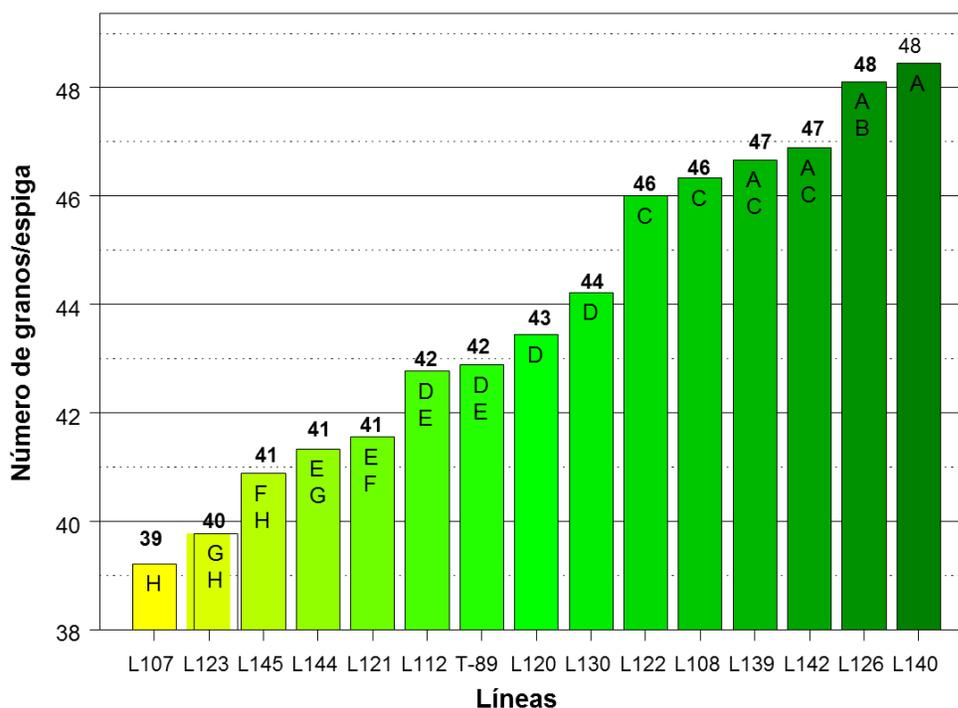


Figura 18. Comparación de medias de número de granos por espiga entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

En la Figura 19, se muestra los promedios de número de granos por espiga según Duncan a un nivel de significancia de ($\alpha < 0.05$) para las localidades, siendo la localidad Cruce Incallajta la más sobresaliente, es decir que en esta localidad es donde se obtuvo mayor número de granos llegando a alcanzar a 47 granos/espiga. Entre la localidad de Yuraj Molino y Chullpa Chullpa no hubo mucha diferencia; de tal forma alcanzaron a formar 43 y 41 granos por espiga respectivamente. Esta diferencia entre localidades puede ser debido a factores climáticos y edáficos; ya que en la localidad más sobresaliente se tiene mayor precipitación y mayor contenido de materia orgánica.

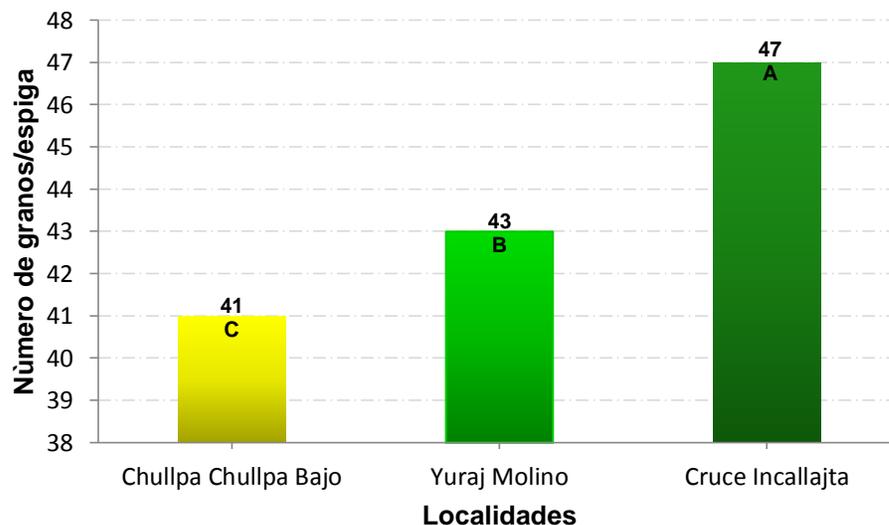


Figura 19. Comparación de medias de número de granos por espiga entre localidades de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014.

En el Anexo 2, se muestra el análisis de varianza de los efectos simples mostrando diferencias significativas del factor línea respecto al factor localidad; asimismo para factor localidad respecto al factor línea. En la Figura 20, se muestra la gráfica de la interacción debido a la respuesta diferencial de cada línea, siendo así se observa para localidad de Cruce Incallajta mayor número de granos por espiga; sin embargo para la localidad de Yuraj Molino y Chullpa Chullpa Bajo llegaron a formar menor número de granos por espiga a excepción de la línea L108 de Chullpa Chullpa Bajo y las líneas L107 y L123 de la localidad Yuraj Molino.

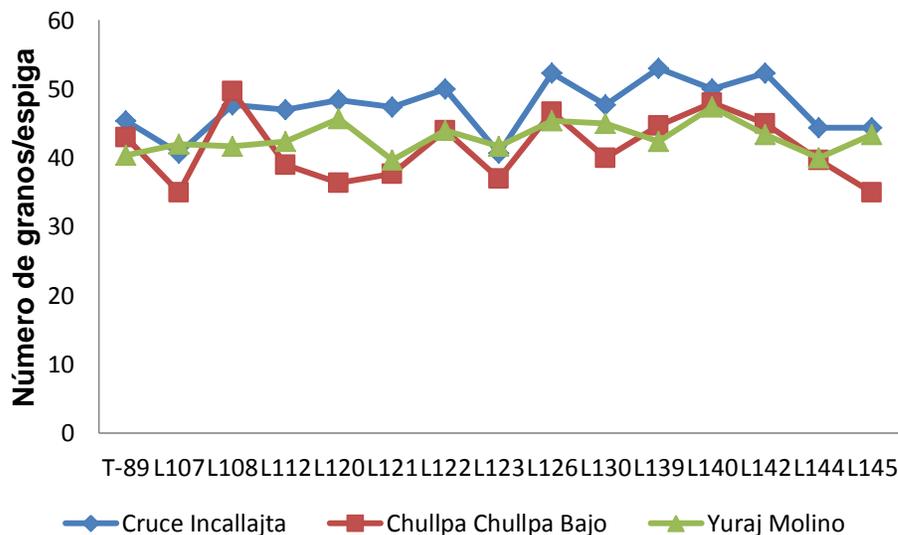


Figura 20. Interacción de la línea por localidad en el número de granos por espiga.

4.4.6. Peso de mil granos

En la Figura 21, la prueba de Duncan a nivel de significancia ($\alpha < 0.05$); para esta variable en diez grupos, las líneas de mayor peso fueron L142 y L140, con 52.9 y 51.9 g respectivamente, ubicándose en el grupo (A). Mientras que las líneas L108, L130, L144 y L121 con 48.6, 48.2, 46.7 y 46.4g respectivamente tuvieron un promedio intermedio, ubicándose en los grupos (E y F). Y Finalmente las líneas L120, L145 y L107 con 42.6, 41.6 y 41.6 g respectivamente tuvieron pesos bajos en grano, ubicándose en el último grupo (J). Asimismo se pudo observar que hubo líneas superiores al testigo Tepoca T-89 (variedad local) con 46.1g encontrándose en el grupo (G).

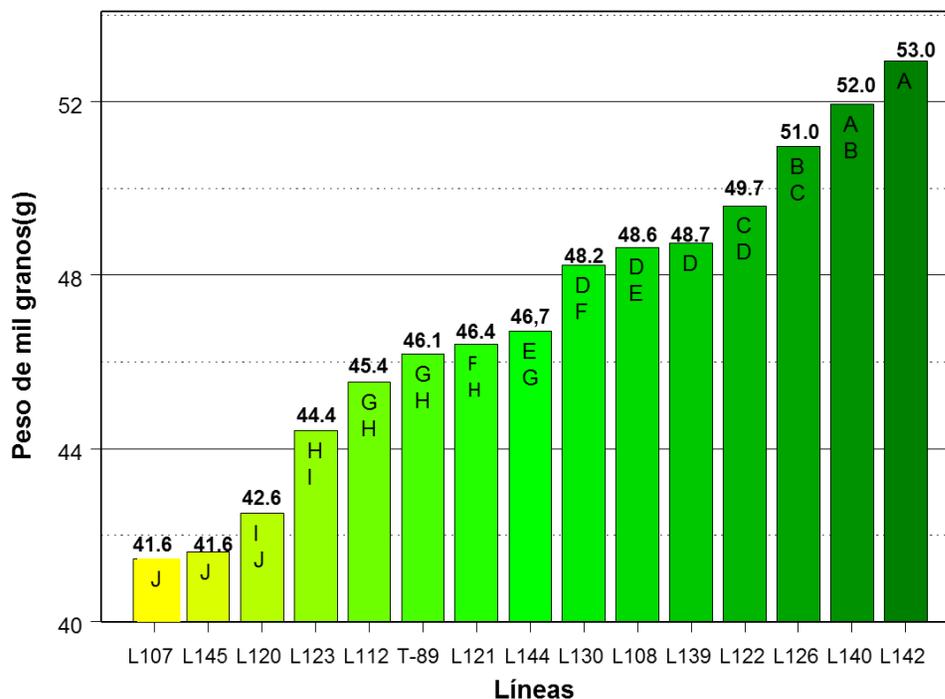


Figura 21. Comparación de medias para peso de mil granos entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

Estos valores nos permite apreciar que las líneas de mayor peso de grano probablemente se al tamaño y un buen llenado del grano, respecto al bajo peso de mil granos esto puede estar asociado a la poca acumulación de almidón y al tamaño del grano. Al respecto Soldano (1985), manifiesta que el peso está influenciado por factores hereditarios de cada variedad y las condiciones extrínsecas propias de cada zona, pudiendo acelerar la maduración impidiendo que todo el almidón que existe en las hojas llegue a los granos para aumentar su masa y llenarlo completamente.

En estudios realizados en cultivares de trigo por Guzmán *et al.*, (2001), reportaron pesos de mil granos en promedio de 29, 27, 23, 23, 30, 37,32, 36, 35, 34 y 32 g correspondientes a variedades de Saguayo, Comomoci, Chane, Agua dulce, Guenda, BR-18, Surutu, Azubi, Huaytu y Chirya-3 respectivamente, en estación experimental agrícola de Saavedra (E.E.A.S). Mientras que España y Revollo (2001), obtuvieron 35, 36 y 36 g correspondientes a densidades de 100, 125 y 150 kg/ha respectivamente, en el valle del departamento de Cochabamba. En base a estos valores se puede observar que las líneas en estudio llegaron a pesar más.

En la Figura 22, se observa los promedios de peso de mil granos por localidad, alcanzando hasta 51.4 g de la localidad Cruce Incallajta, seguido de la localidad Chullpa Chullpa Baja con 46.7 g y en la localidad de Yuraj Molino solo se llegó alcanzar un peso promedio de 43.1 g, estas diferencias probablemente es debido a factores extrínsecos.

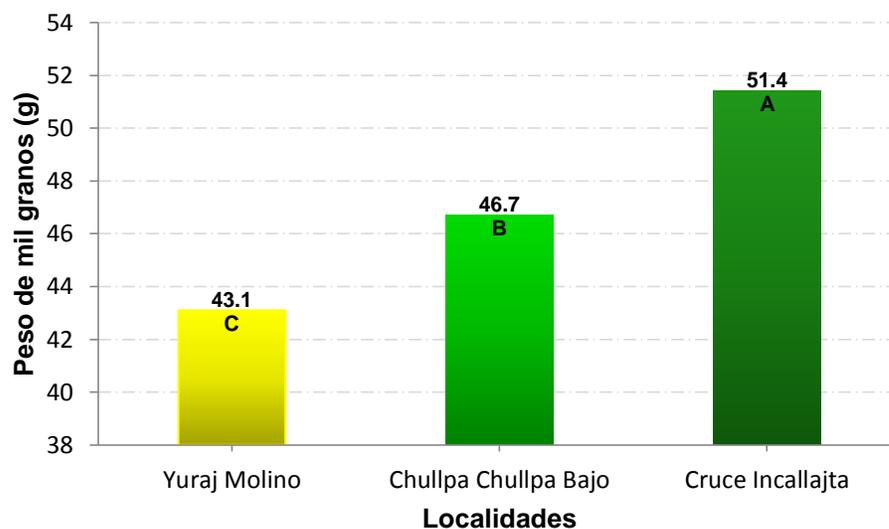


Figura 22. Comparación de medias de peso de mil granos entre localidades de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014.

La interacción de línea por localidad muestra diferencias significativas, para lo cual se realizó el análisis de varianza de los efectos simples mostrando diferencias significativas del factor línea respecto al factor localidad; asimismo se mostró significancia para factor localidad respecto al factor línea (Anexo 2). En la Figura 23, se muestran diferentes pesos de mil granos en cada localidad. En la localidad Cruce Incallajta las líneas más sobresalientes fueron L108, L122, L126, L140 y L142; mientras que en la localidad Yuraj Molino estas mismas líneas tuvieron menor peso, pero si fueron las más sobresalientes dentro de la localidad. Sin embargo en la localidad Chullpa Chullpa Bajo también tuvo menor peso y dentro de la localidad las líneas más sobresalientes fueron L107, L121, L122, L123 y L130.

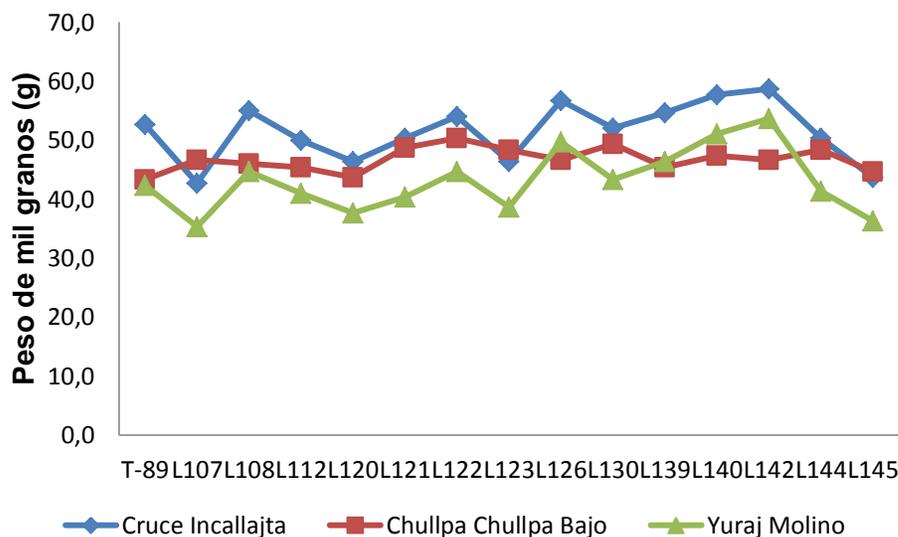


Figura 23. Interacción de la línea por localidad en el peso de mil granos.

4.4.7. Peso hectolítrico

De acuerdo a la prueba de Duncan al ($\alpha < 0.05$) existen diferencias significativas entre líneas en cuanto al carácter de calidad, llegando a formar ocho grupos (Figura 24); el primer grupo con 79.8 kg/hl correspondiente a la línea L142. El quinto y cuarto grupo (D y E) conforma a las líneas con peso intermedio de 77.0 y 76.6 kg/hl correspondientes a las líneas L144 y L112 respectivamente. El último grupo (H) conformo a líneas con pesos hectolitricos inferiores a la media con 75.6, 75.4, 75.1, 75.0 y 74.8 kg/hl correspondientes a las líneas L101, L145, L120, L107 y L121 respectivamente.

Cartagena (2012), indica que los valores para las industrias molineras son de 78 kg/hl con un mínimo 77 kg/hl, destacando a las líneas L-080/319, L-08/320, L08/211 con 80.0, 77.2 y 77.0 Kg/hl; los valores obtenidos en el presente trabajo muestra a las líneas L144, L122, L130, L108, L140, L139, L126 y L142 con 77, 77.3, 77.9, 78.1, 78.4, 78.7, 78,7 y 79.877 kg/hl como las más sobresalientes y con aptitudes para la industria molineras.

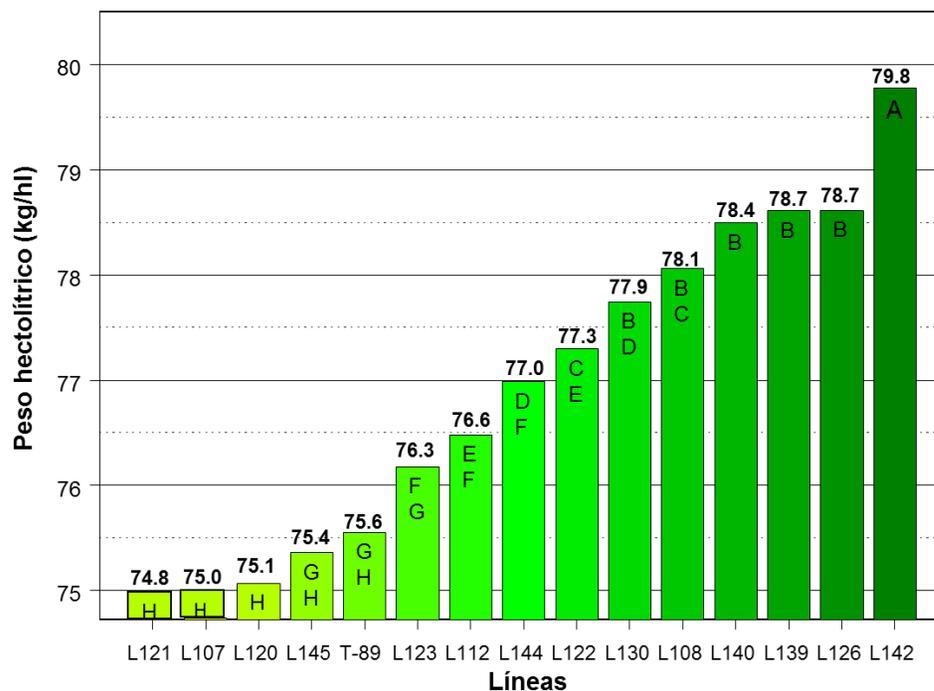


Figura 24. Comparación de medias para peso hectolítico entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

En la Figura 25, se muestra prueba de Duncan a un nivel de significancia de ($\alpha < 0.05$) para la característica de calidad, los cuales expresan diferencias entre localidades; de tal forma la localidad de cruce Incallajta alcanzo 77.7 kg/hl en promedio, seguido de la localidad Chullpa Chullpa Bajo con 77.7 kg/hl y finalmente se ha tenido a la localidad Yuraj Molino con 75.9 kg/hl. Estas diferencias de los promedios de una localidad a otra probablemente son debido a factores extrínsecos.

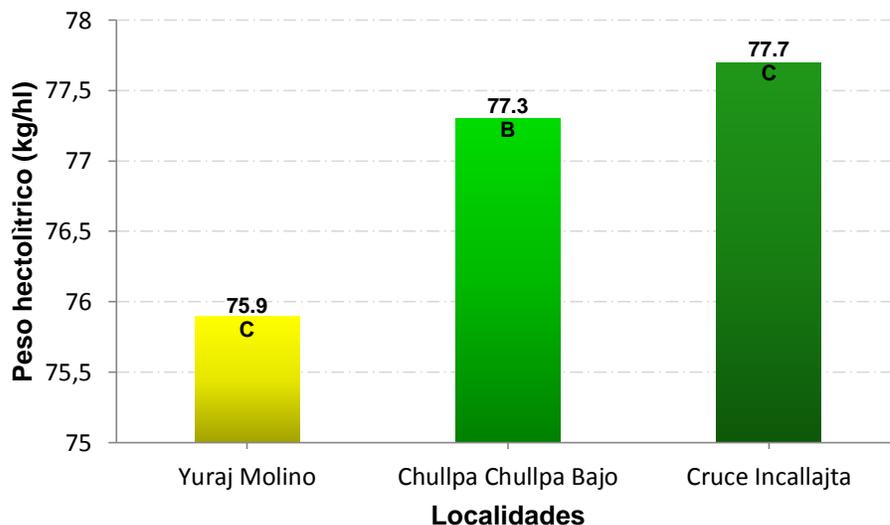


Figura 25. Comparación de medias de peso hectolítico entre localidades de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014.

En el análisis de efectos simples (Anexo 2), se observó que existen diferencias significativas del factor línea dentro del factor localidad y factor localidad dentro del factor línea, para todos los casos; es decir que cada línea tuvo una respuesta diferente en cada ambiente. Para observar estas diferencias se graficaron medias de la interacción de cada una de las líneas en estudio; en base a esta grafica se ve claramente el comportamiento de cada línea en las diferentes localidades y se observa que el peso hectolítico ha variado de una localidad a otra (Figura 26).

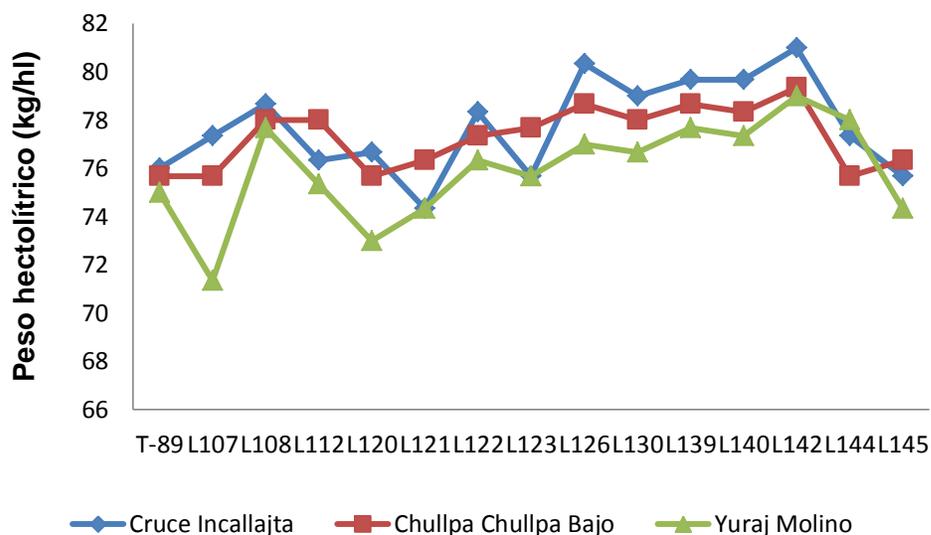


Figura 26. Interacción de la línea por localidad en el peso hectolítico.

4.4.8. Rendimiento en grano

En la Figura 27, se presenta los resultados de la prueba de promedios según Duncan a un nivel de significancia de ($\alpha < 0.05$) para rendimiento, mostrando 7 grupos. Las líneas de mayor rendimiento corresponde a L142, L140, L108, L139 y L126 con 3340.2, 3333.1, 3274.2 y 3150,0 kg/ha respectivamente, ubicándose en el grupo (A). Mientras que las líneas L130 y L112 con 2929.4 y 2793.4 kg/ha con rendimiento intermedio, se encontraron en el grupo (D). Finalmente las líneas de menor rendimiento corresponde a L123, L120 y L107 con 2214.7, 2176.3 y 2043 kg/ha respectivamente, ubicándose en grupo (G). Asimismo se observó que el testigo Tepoca T-89 (variedad local) con 2538.8 kg/ha quedo en el penúltimo grupo (F).

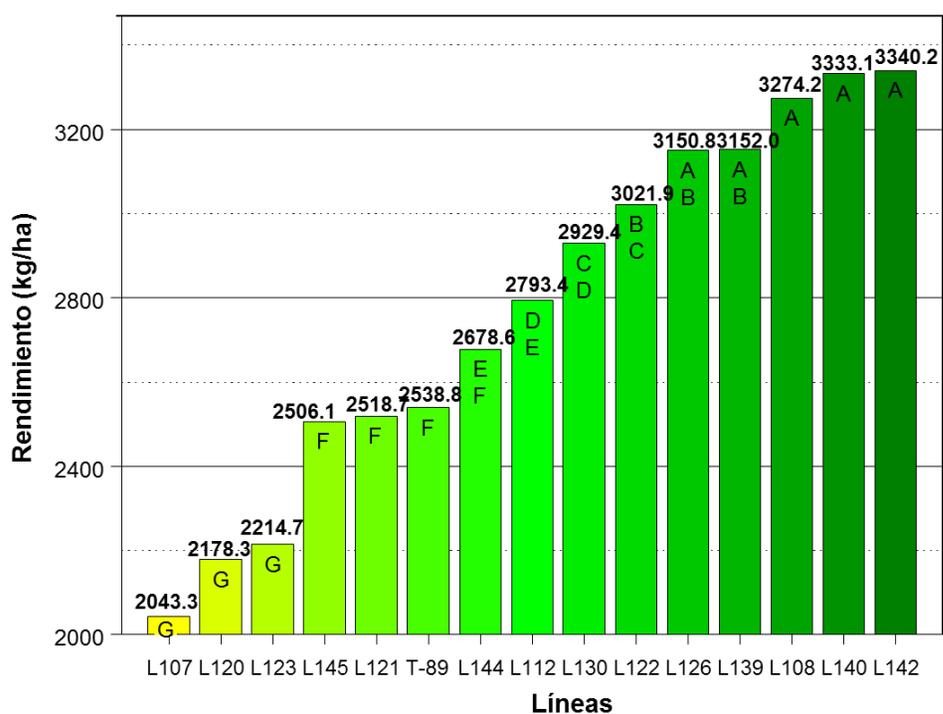


Figura 27. Comparación de medias para rendimiento en granos entre líneas del trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son superiores a los datos de Marza *et al.*, (2014), quienes reportaron un promedio de 1868 kg/ha en la gestión de 2011 a 2013 y de la misma manera a los resultados de Cartagena (2012), con 325 kg/ha de rendimiento en promedio en la evaluación agronómica de 23 líneas mejoradas en dos localidades del área tradicional.

También se encontraron líneas con rendimientos superiores a los datos obtenidos por Velasco *et al.*, (2001), con rendimiento promedio de 2463 kg/ha para Tepoca T-89 en la zona alta y valles de área tradicional. Así mismo se observó los rendimientos promedios de 2489 y 2117 kg/ha para Tepoca-T89 y Totora 80 respectivamente; en estudios realizado por Gómez y Gabriel (2001), en ensayos de selección de líneas para las áreas trigueras. Los mismos autores aseveran que el comportamiento de las líneas en zonas de altura y valle fue diferentes, debido a la diferencial en cuanto a la precipitación que directamente incidió en la emergencia, macollaje y por ende en el rendimiento en la zona de los valles.

En la Figura 28, se observa el rendimiento de grano de las 14 líneas élite más el testigo Tepoca T-89, establecidas en las localidades de Cruce Incallajta, Chullpa chullpa bajo y Yuraj Molino. En base a estos resultados se puede observar que el mayor rendimiento se obtuvo en la localidad de cruce Incallajta con promedios de 5184.5 kg/ha; mientras que en la localidad Yuraj molino y Chullpa chullpa bajo fueron 1653 y 1497.2 kg/ha respectivamente, los mismos valores muestran ser muy inferiores a la localidad de Cruce Incallajta.

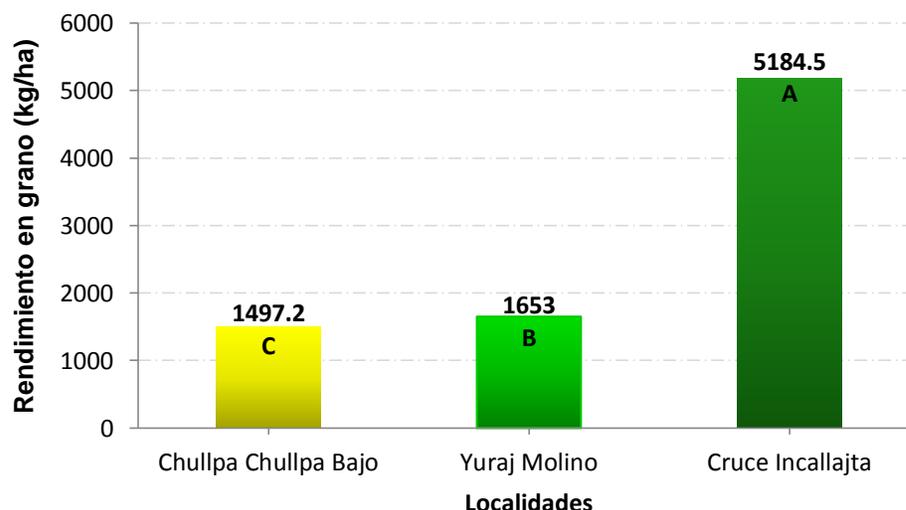


Figura 28. Comparación de medias del rendimiento en grano entre localidades de 14 líneas de trigo harinero, durante la campaña agrícola 2013-2014.

Mediante el Anexo 2, de los efectos simples se puede observar la significancia del factor línea respecto al factor localidad (Cruce Incallajta, Chullpa Chullpa Bajo y Yuraj Molino);

es decir que hay diferencias entre líneas con respecto las localidades. de igual forma se halló significancia del factor localidad respecto a todas las líneas (14 líneas y más testigo T-89). También cabe destacar el comportamiento de cada línea élite en cada localidad, teniendo a las líneas L108, L122, L126, L130, L139, L140 y L142 con rendimientos superiores que el testigo local (Tepoca T-89) en las tres localidades establecidas; pero estas mismas líneas tuvieron diferente rendimiento en cada localidad (Figura 29).

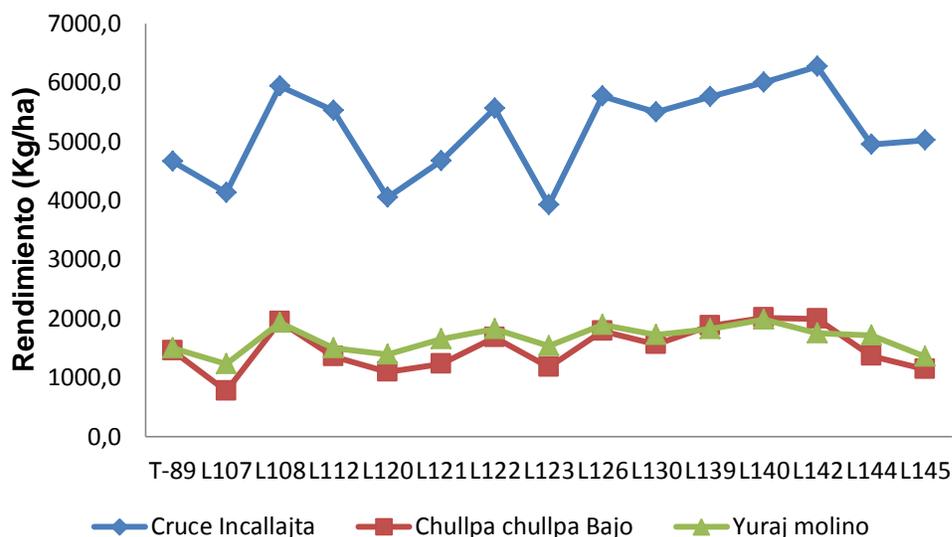


Figura 29. Interacción de la línea por localidad en el rendimiento en grano.

4.5. Análisis de frecuencia para variables cualitativas

En el Cuadro 7 se presenta los resultados del análisis de frecuencia absoluta y frecuencia porcentual. También en el Anexo 3 se presenta la información de cada genotipo correspondiente a las frecuencias de las 6 variables cualitativas registradas de 15 genotipos en tres localidades.

En los resultados de Figura 30 y Cuadro 7, se observa líneas con precocidad intermedia y precoz. En la localidad de Cruce Incallajta 12 genotipos (T-89, L107, L108, L120, L121, L122, L126, L130, L139, L140, L144 y L145) presentan precocidad intermedia y 3 genotipos (L112, L123 y L142) precocidad precoz. En la localidad de Yuraj Molino 9 genotipos (L107, L108, L112, L121, L122, L126, L130, L140, L144) presentaron precocidad intermedia y 6 genotipos (T-89, L120, L123, L139, L142 y L145) precocidad precoz. Mientras que en la localidad de Chullpa Chullpa Bajo 8 genotipos (L107, L108,

L121, L122, L126, L130, L140 y L144) presentaron precocidad intermedia y 7 genotipos () presentaron precocidad precoz (T-89, L112, L120, L123, L139, L142 y L145).

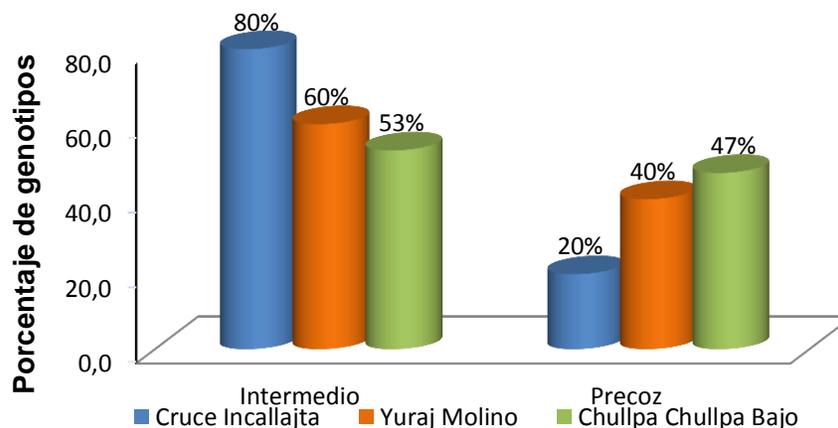


Figura 30. Frecuencia de la precocidad en las localidades establecidas.

Los resultados para la variable tipo de grano en la localidad de Cruce Incallajta, Yuraj Molino y Chulpa Chullpa Bajo muestran 9 (60%), 6 (40%) y 11 (73%) genotipos con granos llenos; 3 (20%), 7 (47%) y 4 (27%) genotipos con granos casi llenos respectivamente. Mientras que 1 (7%) genotipo fue chupado en la localidad de Cruce Incallajta y Yuraj Molino. También hubo 2 (13%) de genotipos muy llenos en la localidad de Cruce Incallajta y 1 (7%) genotipo muy lleno para la localidad de Yuraj Molino (Figura 31 y Cuadro 7).

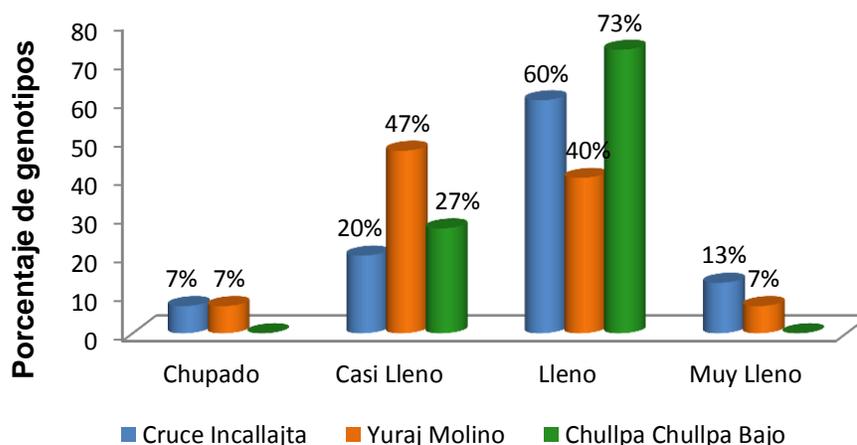


Figura 31. Frecuencia del tipo del grano en las localidades establecidas.

Los resultados del tamaño del grano indican mayor frecuencia para los granos medianos y no así para granos grandes. Para la localidad de Cruce Incallajta y Yuraj molino de los 15 genotipos 14 (93%) fueron granos medianos y 1 (7%) grano grande; mientras que en la localidad Chullpa Chullpa los 15 genotipos (100%) fueron granos medianos (Figura 32 y Cuadro 7).

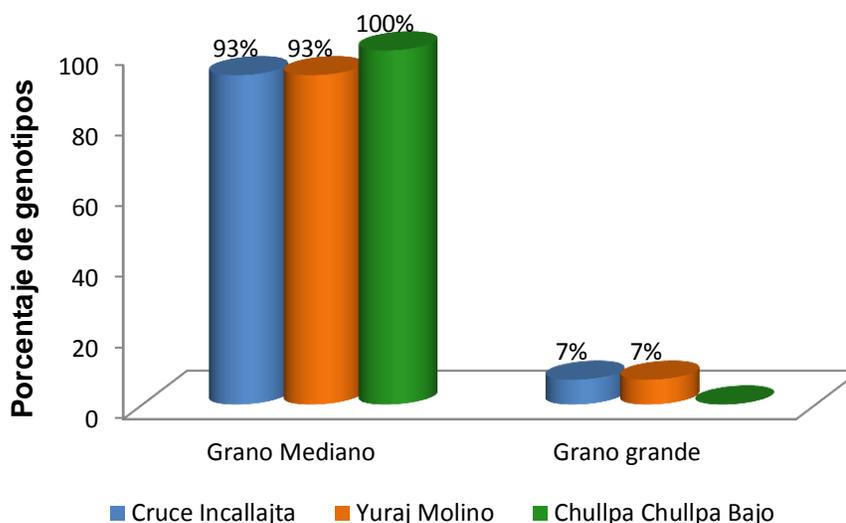


Figura 32. Frecuencia del tamaño del grano en las localidades establecidas.

Los resultados presentados en el Figura 33 y Cuadro 7, muestran para la localidad de Cruce Incallajta 4 (27%) genotipos laxas, 9 (60%) genotipos moderadamente compactas y 2 (13%) genotipos compactas. De igual forma se observó 2 (13%) genotipos laxas, 12 (80%) genotipos moderadamente compactas y 1 (7%) genotipo compacta en la localidad de Yuraj Molino. Mientras que en la localidad Chullpa Chullpa Bajo se encontró solo dos estados, 7 (47%) genotipos moderadamente compactas y 8 (57%) genotipos compactas.

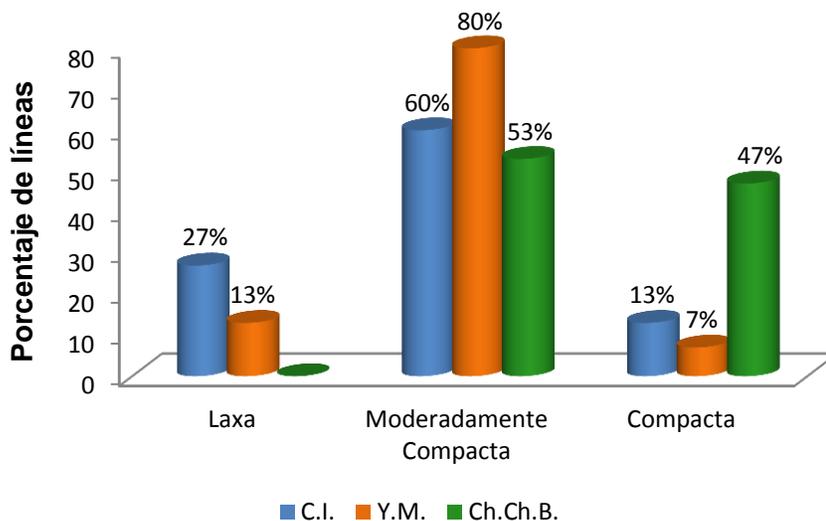


Figura 33. Frecuencia de la densidad de espiga en las localidades establecidas.

En la variable de tolerancia a la roya se observa en la Figura 34 y Cuadro 7, que la mayor cantidad de líneas fueron moderadamente tolerantes y tolerantes. En la localidad de Cruce Incallajta se tiene 4 (27%) genotipos susceptibles, 9 (60%) genotipos moderadamente tolerantes y 2 (13%) genotipos tolerantes. Mientras que en la localidad de Yuraj Molino todos los genotipos fueron tolerantes. Y en la localidad de Chullpa Chullpa Bajo 2 (13%) genotipos fueron susceptibles, 11 (74%) genotipos moderadamente tolerantes y 2 (13%) tolerantes.

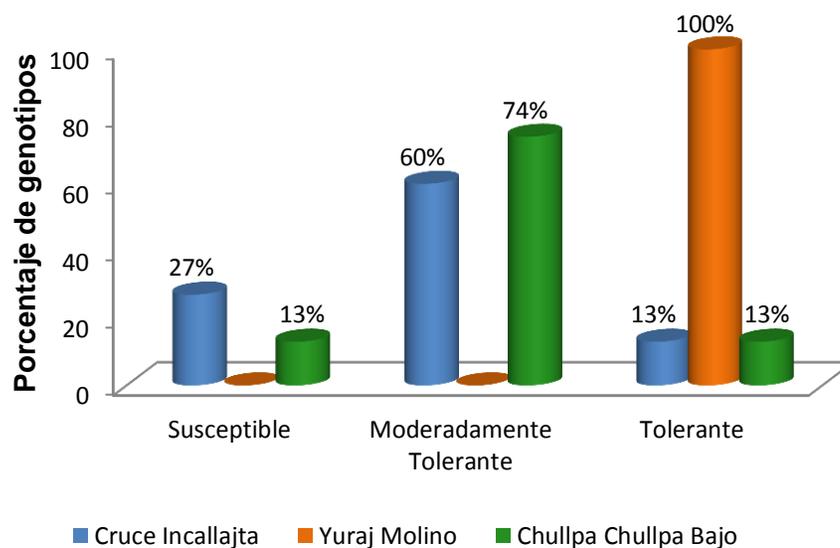


Figura 34. Frecuencia de tolerancia a la roya en las localidades establecidas.

En el caso de la variable tolerancia a septoria hubo un comportamiento diferente en cada localidad, encontrándose susceptibles, moderadamente tolerantes y tolerantes (Figura 35 y Cuadro 7). En la localidad de Cruce Incallajta 10 (67%) genotipos fueron Susceptibles, 4(27%) genotipos moderadamente tolerante y 1(7%) genotipo tolerante. Mientras que en la localidad de Yuraj Molino la de los 15 genotipos 13 (87%) genotipos fueron moderadamente tolerantes y 2 (13%) genotipos susceptibles. Y por último en la de Chullpa Chullpa Bajo fueron 10 genotipos (67%) moderadamente tolerantes, 2 (13%) genotipos susceptibles y 3 (20%) genotipos tolerantes. Cabe destacar que en mayor frecuencia de genotipos fueron susceptibles en la localidad de cruce Incallajta, esto puede ser debido a que las condiciones del ambiente fueron favorables para el desarrollo de esta enfermedad.

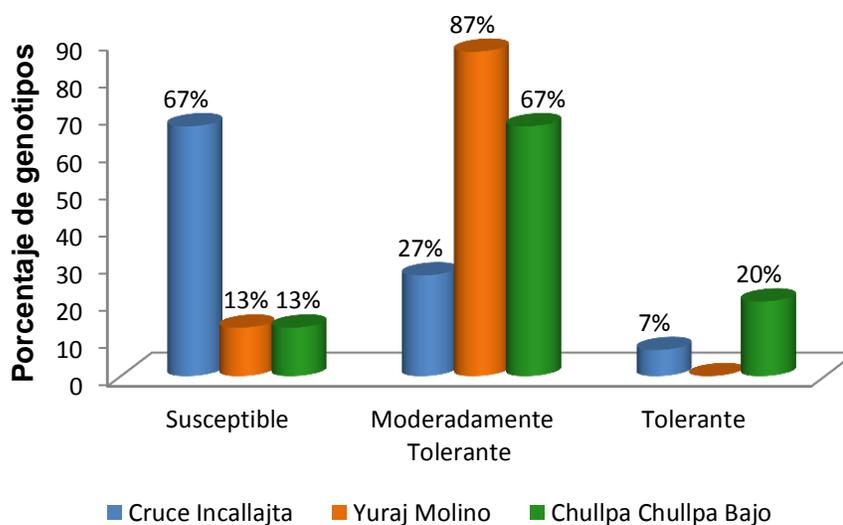


Figura 35. Frecuencia de tolerancia a la septoria en las localidades establecidas

Cuadro 7. Resumen de seis variables cualitativas de trigo harinero en tres localidades, durante la campaña agrícola 2013-2014.

Variable	Código	Estados	Cruce Incallajta		Yuraj Molino		Chullpa Chullpa Bajo	
			f	P (%)	f	P (%)	f	P (%)
	P	1 Muy Tardío	0	0	0	0	0	0
		2 Tardío	0	0	0	0	0	0
		3 Intermedio	12	80	9	60	8	53
		4 Precoz	3	20	6	40	7	47
		5 Muy Precoz	0	0	0	0	0	0
Tipo de grano	TGR	1 Muy Chupado	0	0	0	0	0	0
		2 Chupado	1	7	1	7	0	0
		3 Casi Lleno	3	20	7	47	4	27
		4 Lleno	9	60	6	40	11	73
		5 Muy Lleno	2	13	1	7	0	0
Tamaño del grano	TG	1 Grano Pequeño	0	0	0	0	0	0
		3 Grano Mediano	14	93	14	93	15	100
		5 Grano grande	1	7	1	7	0	0
Densidad	DES	1 Muy Laxa	0	0	0	0	0	0
		2 Laxa	4	27	2	13	0	0
		3 Moderadamente Compacta	9	60	12	80	8	53
		4 Compacta	2	13	1	7	7	47
		5 Muy Compacta	0	0	0	0	0	0
Tolerancia a Roya	RY	1 Muy Susceptible	0	0	0	0	0	0
		2 Susceptible	4	27	0	0	2	13
		3 Moderadamente Tolerante	9	60	0	0	11	74
		4 Tolerante	2	13	15	100	2	13
		5 Muy Tolerante	0	0	0	0	0	0
Tolerancia a Septoria	SE	1 Muy Susceptible	0	0	0	0	0	0
		2 Susceptible	10	67	2	13	2	13
		3 Moderadamente Tolerante	4	27	13	87	10	67
		4 Tolerante	1	7	0	0	3	20
		5 Muy Tolerante	0	0	0	0	0	0

f=frecuencia absoluta (Número de genotipos); P= Frecuencia porcentual (%)

4.6. Estabilidad fenotípica

4.6.1. Análisis de varianza de los parámetros de estabilidad

El análisis de varianza que estima los parámetros de estabilidad de las 14 líneas elite y testigo (T-89) en las tres localidades establecidas se presenta en el Cuadro 8; en el cual se observó diferencias altamente significativas ($\alpha < 0.01$), para las líneas, localidad (lineal) e interacción de línea por localidad (lineal); pero no para la desviación conjunta de regresión y para desviación de la regresión de las líneas.

La alta significancia encontrada para las líneas nos indica que hubo diferencias entre los rendimientos promedios de las líneas. La alta significancia de la localidad (lineal) nos muestra que hubo diferencias entre la respuesta lineal a las localidades por parte de los genotipos o líneas. En lo que se refiere a la interacción de línea por localidad (lineal), la alta significancia encontrada nos indica que las líneas si interaccionan con la localidad; de tal forma muestran una respuesta distinta de rendimiento en cada ambiente.

La significancia encontrada para líneas y la interacción de líneas por localidad (lineal) coincide con el resultado obtenido por García (1989), en el estudio de adaptación y estabilidad de rendimiento de 30 variedades y líneas avanzadas de trigo.

Cuadro 8. Análisis de varianza de parámetros de estabilidad para rendimiento de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

FV	GL	SC	CM	Fc		F _{tabular}	
						F _{t(0.05)}	F _{t(0.01)}
Total	44						
Línea	14	7970838,95	569345,64	24,81	**	2,42	3,56
Loc+(Loc*Lin)	30	133271697,41	4442389,91	193,56			
Loc Lineal	1	130458287,56	130458287,56	5684,17	**	4,54	8,68
Lin*Loc(lineal)	14	2486653,12	177618,08	7,74	**	2,42	3,56
Desc Conj	15	344267,08	22951,14	0,60		1,82	2,31
T-89	1	4851,87	4851,87	0,13		3,95	6,87
L107	1	52114,07	52114,07	1,36		3,95	6,87
L108	1	18043,26	18043,26	0,47		3,95	6,87
L112	1	18043,26	18043,26	0,47		3,95	6,87
L120	1	15036,36	15036,36	0,39		3,95	6,87
L121	1	38546,30	38546,30	1,01		3,95	6,87
L122	1	400,84	400,84	0,01		3,95	6,87
L123	1	30357,48	30357,48	0,79		3,95	6,87
L126	1	2002,46	2002,46	0,05		3,95	6,87
L130	1	11,30	11,30	0,00		3,95	6,87
L139	1	26578,48	26578,48	0,70		3,95	6,87
L140	1	20165,37	20165,37	0,53		3,95	6,87
L142	1	94988,01	94988,01	2,49		3,95	6,87
L144	1	21502,22	21502,22	0,56		3,95	6,87
L145	1	1625,79	1625,79	0,04		3,95	6,87
EE	84	3208082,93	38191,46				

Referencias:

* Significativo al nivel $\alpha=0.05$ de probabilidad

** Significativo al nivel $\alpha=0.01$ de probabilidad

4.6.2. Rendimiento promedio y parámetros de estabilidad

De acuerdo al Cuadro 9, para que una variedad sea considerada estable debe tener un coeficiente de regresión $b_j=1$ y una desviación de regresión $S^2d_j=0$ (Eberhart y Russell, 1996), por tanto tomando en cuenta la clasificación efectuado se tiene al testigo tepoca (T-89) en el grupo (C), mostrando mejor respuesta en ambientes desfavorables y consistentes ($b_j<1$ y $S^2d_j=0$). El segundo grupo (D) conformó a las líneas L144, L121, L123, L120 y L107 que mostraron mejor respuesta en ambientes desfavorables e inconsistentes ($b_j<1$ y $S^2d_j>0$); de los cuales la línea L144 mostró rendimiento superior al testigo (T-89). El tercer grupo (E) conformó a las líneas L126, L122, L130, L112 y L145 con buena respuesta en ambientes favorables y consistentes ($b_j>1$ y $S^2d_j=0$); de tal forma

todas estas líneas tienen rendimientos superiores al testigo (T-89) a excepción de la línea L145. Finalmente se encontró a las líneas L142, L140, L108 y L139 en el grupo (F) con mejor respuesta en ambientes favorables e inconsistentes ($b_j > 1$ y $S^2d_j > 0$); estas mismas líneas tienen los mejores rendimiento dentro de todas las líneas estudiadas.

Cuadro 9. Rendimiento promedio y parámetros de estabilidad de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

Genotipos	Promedio (kg/ha)	Coefficiente de regresión (b_j)		Desviación de la regresión (S^2d_j)	Caso
L142	3340,22	1,22	*	82257,52	F
L140	3333,11	1,01	*	-7434,88	E
L108	3274,22	1,11	*	5312,78	F
L139	3152,00	1,08	*	7434,88	F
L126	3150,78	1,09	*	-10728,03	E
L122	3021,89	1,06	*	-12329,65	E
L130	2929,44	1,07	*	-12719,19	E
L112	2793,44	1,14	*	-12197,57	E
L144	2678,56	0,95	*	8771,74	D
T-89	2538,78	0,88	*	-7878,62	C
L121	2518,67	0,90	*	25815,81	D
L145	2506,11	1,05	*	-11104,69	E
L123	2214,67	0,71	*	17627,00	D
L120	2178,33	0,78	*	2305,87	D
L107	2043,33	0,87	*	39383,58	D

Referencias: * Significativo al nivel $\alpha=0.05$ de probabilidad

En la Figura 36, se muestran los coeficientes de regresión vs. el rendimiento promedio de las líneas; sabiendo que los valores coeficientes de regresión (b_j) mayores que la unidad, indican que el genotipo responde bien a los ambientes favorables y si los coeficientes de regresión (b_j) son menores a unidad el genotipo responde bien a ambientes desfavorables.

En base a la interpretación mencionada, las líneas con mejor rendimiento fueron L142, L140, L108, L140, L126, L139, L122, L130 y L112 con coeficientes de regresión mayores a la unidad; lo cual indica que estas líneas se comportaron mejor en ambientes favorables; mientras que las líneas L107, L120, L121, L123 y L144 tuvieron rendimientos inferiores al testigo (T-89) a excepción de la línea L144, con coeficientes de regresión

menores a la unidad, indicando que estas líneas se comportaron mejor en ambientes desfavorables. También cabe destacar que la 145 y testigo (T-89) tuvieron similar rendimiento, pero fueron diferentes respecto a los valores de coeficientes de regresión; ya que la línea L145 se comportó mejor en ambientes favorables y testigo (T-89) en ambientes desfavorables.

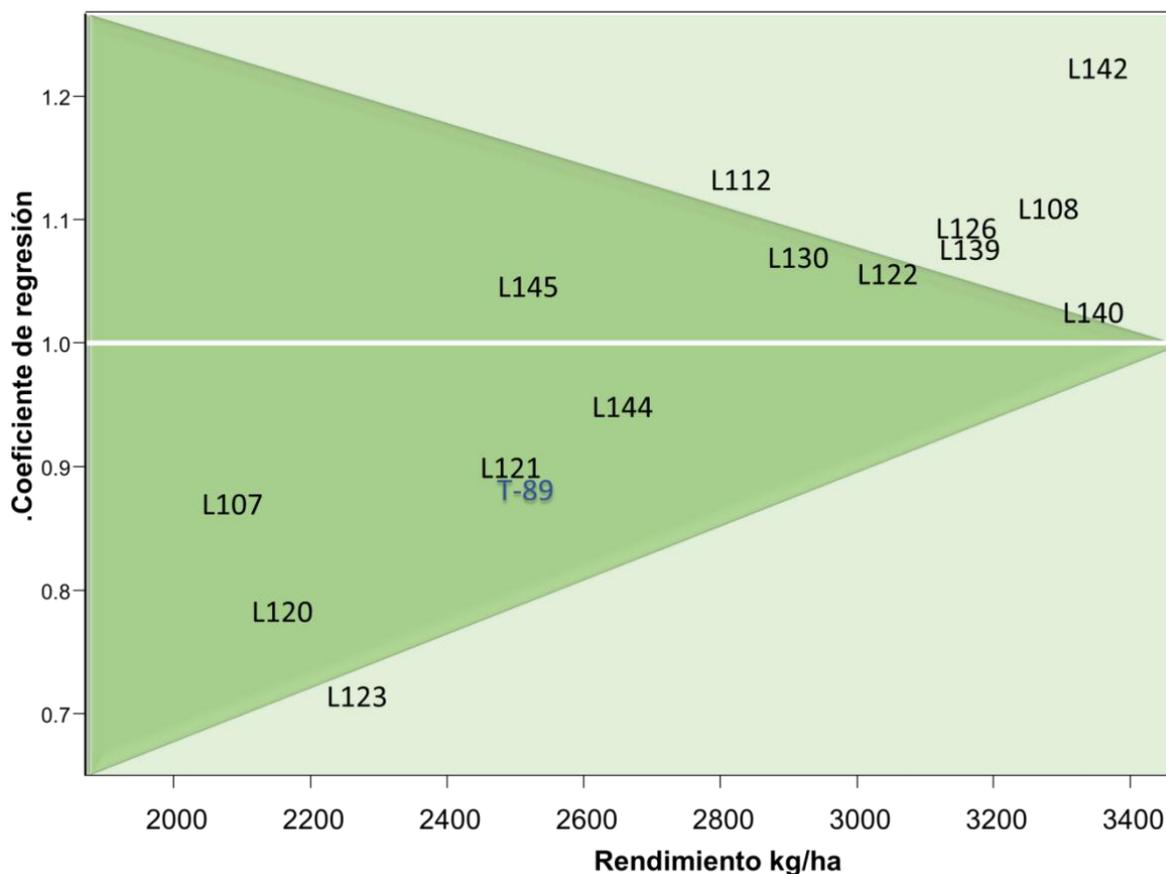


Figura 36. Modelo de Eberhart – Russell relacionando coeficiente de regresión vs. Rendimiento promedio de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades, durante la campaña agrícola 2013-2014

4.7. Análisis de correlación

En el presente trabajo de investigación se observó que las líneas que alcanzaron mayor rendimiento, estas a la vez tienen mejor desarrollo en componentes de rendimiento. En el Cuadro 10, para la variable más importante como el caso de rendimiento guardo una alta correlación con peso de mil granos ($r=0.91$), peso hectolitrico ($r=0.91$), número de granos

por espiga ($r=0.90$), longitud de espiga ($r=0.87$), número de espigas por metro cuadrado ($r=0.79$) y número de macollos ($r=0.87$).

Cuadro 10. Análisis de correlación para las variables cuantitativas de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

	NM	AP	NEM	LE	NGE	PMG	PH	RDTO
NM	1							
AP	0.198	1						
NEM	0.899**	0.189	1					
LE	0.776**	0.595*	0.809**	1				
NGE	0.809**	0.463	0.763**	0.826**	1			
PMG	0.861**	0.406	0.786**	0.882**	0.866**	1		
PH	0.860**	0.222	0.827**	0.794**	0.834**	0.890**	1	
RDTO	0.871**	0.471	0.776**	0.874**	0.896**	0.911**	0.910**	1

*,**: Significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente

Estos resultados concuerdan con lo descrito por Cartagena (2012), quien señala alta significancia de correlación de rendimiento con número de macollos ($r=0.74$) y número espigas por metro cuadrado ($r=0.77$). También concuerda con García (2001), quien menciona a las variables de número de granos por espiga y peso de mil granos, como los caracteres más correlacionados con el rendimiento. Mismas que nos indica que mientras mayor sea número de macollos por planta, número de espigas por metro cuadrado, número de granos por espiga, longitud de espiga, peso de mil granos y mayor peso del grano por volumen mayor será el rendimiento.

4.8. Análisis de componentes principales

En este estudio se realizó el análisis de componentes principales, los cuales son interpretados en función a sus valores y vectores propios. En el Cuadro 11, se observa que la varianza asociada con cada componente es diferente y decrece en orden; de tal forma el primer componente explica el 63% de la varianza total y el segundo explica el 78% y así sucesivamente hasta que toda la variabilidad queda distribuida diferencialmente entre 14 componentes. De acuerdo al criterio de Franco e Hidalgo (2003), se logra seleccionar los dos primeros componentes principales llegando a representar el 78% de la varianza total acumulada. En el primer componente principal las variables que más contribuyeron en forma positiva fueron tipo de grano, número de macollos, longitud de espiga, peso de mil granos, número de granos, peso hectolítrico y rendimiento en grano; y

de forma secundaria lo hicieron precocidad, tolerancia a roya, densidad de la espiga y numero de espigas. En el segundo componente las variables que más contribuyó de forma positiva fue altura de la planta y forma negativa tolerancia a septoria; y de forma secundaria la contribución negativa de la variable tamaño de grano.

Cuadro 11. Valores propios y proporción de la varianza explicada en el análisis de componentes principales para las variables cuantitativas y cualitativas de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba. durante la campaña agrícola 2013-2014.

Componentes principales	C1	C2	C3	C4
Varianza acumulada	0.63	0.78	0.86	0.91
Varianza absoluta	0.63	0.15	0.08	0.05
Valor propio	2.97	1.44	1.05	0.81
Variables				
Precocidad [¥]	0.25	0.01	-0.41	0.28
Tolerancia a roya [€]	0.23	0.01	-0.63	0.01
Tolerancia a septoria [€]	0.01	-0.65	0.01	-0.29
Densidad de la espiga [^]	0.27	0.14	-0.34	-0.43
Tipo de grano ^α	0.31	0.01	0.01	0.24
Tamaño de grano [£]	0.20	-0.38	0.01	0.61
Número de macollos	0.31	0.01	0.11	-0.14
Altura de la planta (cm)	0.13	0.58	0,01	0.20
Número de espigas (m2)	0.28	-0.17	0.39	0.14
Longitud de espiga	0.30	0.17	0.28	0.13
Número de granos/espiga	0.31	0.01	0.11	0.01
Peso de mil granos (g)	0.31	0.01	0.13	0.01
Peso hectolítrico (kg/hl)	0.31	-0.120	0,01	-0.22
Rendimiento en grano (kg/ha)	0.32	0.01	0.13	-0.26

€: 1=muy susceptible, 2= susceptible, 3=moderadamente tolerante, 4=tolerante y 5=muy tolerante

¥: 1=muy tardío, 2= tardío, 3=intermedio, 4=precoz y 5=muy precoz

α: 1=muy chupado, 2= chupado, 3=casi lleno, 4=lleno y 5=muy lleno

£: 1= grano pequeño, 3= grano mediano y 5=grano grande

^: 1=muy laxa, 2= laxa, 3=moderadamente compacta, 4=compacta y 5=muy compacta

En la Figura 37, También se observa las variables tipo de grano, número de macollos, longitud de espiga, peso de mil granos, número de granos, peso hectolítrico y rendimiento en grano como las más vinculadas de forma positiva en el primer eje. Mientras que las variables más vinculadas en el segundo eje en sentido negativo fue tolerancia a septoria y tamaño del grano; y la variable altura de la planta en sentido positivo.

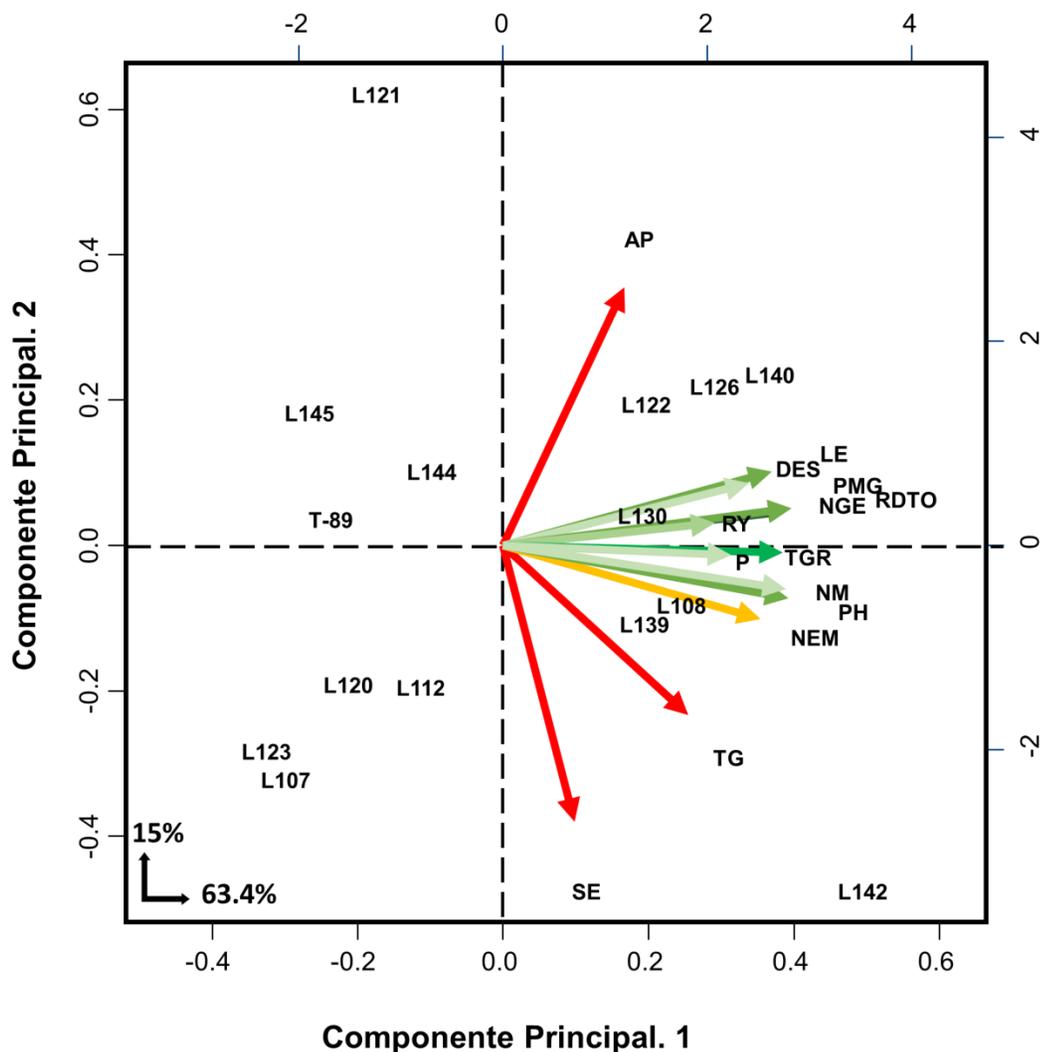


Figura 37. Análisis de biplot para caracteres cuantitativos y cualitativos de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

Asimismo se pudo observar el grado de asociación entre las variables cuantitativas y cualitativas, que está determinada por la magnitud de los vectores a partir del origen, la dirección y el ángulo que forman en sus proyecciones entre sí. De acuerdo con la separación angular, la mejor asociación está constituida por las variables precocidad y tipo de grano; densidad y longitud de espiga; peso de mil granos, número de granos y rendimiento en grano. Según la distancia al origen se observa que las variables altura de la planta, septoria, longitud de espiga, número de granos por espiga, peso hectolitrico, peso de mil granos y rendimiento son las más importantes. Marza *et al.*, (2014), en la investigación realizada sobre la variabilidad de 50 líneas de trigo también destaca en

función al ángulo de los vectores las variables asociadas, entre ellas menciona también a peso de mil granos, número de granos y rendimiento en grano; lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Cabe destacar también las líneas más sobresalientes en el rendimiento entre ellas tenemos a la L142, L140, L122, L126, L130, L139 y L108 con características fenotípicas deseables, que destacan rendimientos superiores al testigo T-89 y tolerantes contra enfermedades de la roya y septoria.

5. CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados y los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

El análisis de varianza combinado efectuado para las variables agronómicas, morfológicas y componentes de rendimiento presento diferencias altamente significativas entre localidades, líneas y la interacción de línea por localidad, indicando de esta manera la variación de la manifestación de dichas variables dentro de cada línea frente a las diferentes localidades de evaluación.

Las pruebas de discriminación de medias de Duncan, mostraron diferencias significativas entre líneas para cada uno de las variables evaluadas, así en el caso de rendimiento se tiene a las líneas L142, L140, L108, L139 y L126 con 3340.2, 3333.1, 3274.2 y 3150,0 kg/ha respectivamente, como las más sobresalientes. También se mostraron diferencias significativas entre localidades para todos los caracteres, encontrándose mejor comportamiento para dichos caracteres en la localidad de Cruce Incalljata.

Al evaluar su estabilidad se encontró líneas en cuatro de las seis situaciones, en donde tenemos lo siguiente:

- a) El tesigo tepoca (T-89) mostro mejor respuesta en ambientes desfavorables y consistentes ($b_j < 1$ y $S^2d_j = 0$)
- b) Una tercera parte de las líneas mostraron mejor respuesta en ambientes desfavorables e inconsistentes ($b_j < 1$ y $S^2d_j > 0$); los cuales fueron: L144, L121, L123, L120 y L107.
- c) Otra de la tercera parte mostraron respuesta en ambientes favorables y consistentes ($b_j > 1$ y $S^2d_j = 0$), los cuales fueron: L126, L122, L130, L112 y L145.
- d) Mientras que las L142, L140, L108 y L139 mostraron mejor respuesta en ambientes favorables e inconsistentes ($b_j > 1$ y $S^2d_j > 0$).

De acuerdo al análisis de correlación y biplot se pudo determinar que las variables peso de mil granos, peso hectolítrico, número de granos por espiga, longitud de espiga, numero de espigas por metro cuadrado y número de macollos estuvieron más correlacionados con el rendimiento; indicando que mientras mayor sea las variables mencionados mayor será el rendimiento. También se observó en el análisis de biplot a las líneas L142, L140, L108, L139 y L126 como las más sobresalientes en rendimiento.

Respecto al análisis de frecuencia para las variables precocidad, tipo de grano, tamaño de grano, densidad, tolerancia a roya y tolerancia a septoria (cualitativas), se observó en mayor porcentaje la categoría intermedia para todas las variables mencionadas. Es decir precocidad intermedia, granos casi llenos, granos medianos, moderadamente compactos y moderadamente tolerantes.

6. RECOMENDACIONES

Realizar las evaluaciones implementado los ensayos en más de tres localidades para validar los genotipos superiores; si es posible estudiar la estabilidad a nivel nacional para determinar áreas de utilización, de acuerdo a su potencial de rendimiento, características agronómicas y su respuesta de las líneas en cada ambiente.

Continuar con los estudios de adaptabilidad y estabilidad aplicando otros modelos estadísticos, aparte de Eberhart y Russell, para las líneas L142, L140, L108, L139 y L126 las cuales mostraron mejor comportamiento agronómico, morfológico y componentes de rendimiento.

Se debe continuar la investigación de adaptabilidad y estabilidad en diferentes gestiones o campañas en la localidad de Cruce Incallajta; ya que en este ambiente se obtuvo rendimientos aproximados a 6000 kg/ha.

Se sugiere aplicar análisis estadístico de estabilidad para todas las variables de componentes de rendimiento y aparte del variable rendimiento en grano.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, L. y S. Pistorale. 2011. Stability and adaptability analysis of characters of agronomical interest in selected genotypes of prairie grass (*Bromus catharticus*). (En línea). Argentina. Consultado 2 de feb. 2014. Disponible en: genética@unlu.edu.ar
- Almendras, D. 2000. Validación de niveles de fertilización en el cultivo de trigo en las pampas de lequezana. In Memorias de la IV reunión nacional de trigo y cereales menores. (4ta, 2001, Cochabamba, Bolivia). Memoria 2001. Cochabamba, Bolivia. PROTRIGO: Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el Cultivo de Trigo. p. 91-93.
- Barrientos, M. 2008. Evaluación de la adaptabilidad y potencial de rendimiento de 18 híbridos blancos de maíz (*Zea Mays l.*) bajo condiciones de riego y labranza, en tres localidades de los municipios de Jocotan y Camotan del departamento de Chiquimula. Tesis Lic. Agr. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala Centro Universitario de Oriente Agronomía.45 p.
- Camacho, M. 2011. Variedades de trigo harinero para el noroeste de Mexico. Introducción. Mexico. Pp.20.Consultado 4 de mar. 2014 disponible en <https://trigomexico.files.wordpress.com/2011/02/inifap-m97-y-tobarito-m97.pdf>
- Carballo, A. y Márquez, F. 1970. Comparación de variedades de maíz del bajío y la mesa central por su rendimiento y estabilidad. In Agrociencia, vol 5, NE 1, Chapingo, México p. 129-145.
- Cartagena, TS. 2012. Evaluación agronómica de líneas mejoradas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en dos localidades del departamento de Cochabamba. Tesis Lic. Agr. Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. 34 p.
- Cayuela, L. 2010. Análisis Multivariante (En línea). España. Consultado 20 abr. 2014. Disponible en <http://158.49.96.73:8080/documenta/bitstream/00000001/27/1/6-Analisis%20multivariante.pdf>

- Chavez, J.L.1993. Mejoramiento de plantas 1.Bases genéticas de mejoramiento de plantas.2da Edición. Mexico, DF, Trillas. 45 p.
- CIMMYT (Centro de Investigación de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1990. Resultados de la investigación de selección del rendimiento del trigo harinero. México. 124 p.
- Chungara, V. 2009. Estadística descriptiva. S.L. Bolivia. Leonardo. 255 p.
- Condon. A. g..r. A. Richrads. G. J. Rebetzke, and F.D. Farquhar. 2004. Breeding for high water-use Efficiency. *Exp. Bot* 58(407): 2447-2460.
- Claure, TE. 2001. Un Análisis de los efectos del uso de cobertura en la incidencia de septoria en trigo. In Memorias de la IV reunión nacional de trigo y cereales menores. (4ta, 2001, Cochabamba, Bolivia). Memoria 2001. Cochabamba, Bolivia. PROTRIGO: Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el Cultivo de Trigo. p. 13-16.
- Cuellar, H. 1975. Evaluación de un grupo elite de genotipos de trigo y triticales a través de análisis de estabilidad en el altiplano potosino. Tesis Doc. Agr. México. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.p.6.
- Cubero, JI. 2003. Introducción a la mejora genética vegetal. Mejora de Autógamas. 2 ed. Córdoba. España. Aedos, s.a. p. 209-239.
- Crossa. J. 1990. Statistical analysis of multilocation trials. *Advance in in agronomy*-44:55-85.
- Eberhart, S. y Russell, W. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop.Sci.* En: Carvallo, A. y Marquez, F. 1970. Comparación de variedades de maíz del bajo y la mesa central por su rendimiento y estabilidad. En *Agrociencia*, vol 5, NE 1, Chapingo, México p. 129-145.
- Edel, A. y Rosell C. M. (Eds.). 2007. De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Córdoba Argentina. p. 30 y 36.
- Empresa de Apoyo a la Producción de Alimentos. 2014. La Paz, Bolivia. 29 p. (no incluye autor, editor ni volumen).

- Escobar, 1997. Estabilidad y adaptabilidad. Estabilidad (En línea). Bolivia. Consultado 2 de feb. 2014 Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30162/Curso_de_Fitomejoramiento/leccin_15_estabilidad_y_adaptabilidad.html.
- España, P y Revollo, G. 2001. Validación de tres densidades de siembra para el cultivo de trigo a través de tres ciclos. Memorias de la IV reunión nacional de trigo y cereales menores. 4ta, 2001, Cochabamba, Bolivia. Memoria 2001. Cochabamba, Bolivia. PROTRIGO: Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el Cultivo de Trigo. p. 175-179.
- Finlay y Wilkinson 1963. En: Evenson, R. et al. 1978. Risk and uncertainty as factors in crop improvement research. edit. Irri research paper series, Nro 15, Manilla, Phillipines. 19 p.
- Franco, T. L. e Hidalgo R. 2003. Análisis Estadístico de datos de Caracterización Morfológica de recursos Filogenéticos. Boletín técnico n° 8, Instituto Internacional de recursos Filogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
- García, A. 2001. Adaptación y estabilidad de rendimiento de treinta variedades y líneas avanzadas de trigo bajo diferentes ambientes en México: análisis de estabilidad. Tesis Lic. Ingeniero agrónomo. Guadalajara. México. Universidad de Guadalajara. Facultad de agronomía. 77p.
- Gómez. R. y Gabriel. E. 2001. Tepoca T89 nueva variedad para el área tradicional de Cochabamba Bolivia. In Memorias de la IV reunión nacional de trigo y cereales menores. (4ta, 2001, Cochabamba, Bolivia). Memoria 2001. Cochabamba, Bolivia. PROTRIGO: Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el Cultivo de Trigo. p. 68-71.
- Guzmán, E; Benegas, L; Escobar, R y Hurtado, J. 2000. Determinación de pérdidas de rendimiento causadas por helmintosporiosis y roya de la hoja en 10 variedades de trigo. In Memorias de la IV reunión nacional de trigo y cereales menores. (4ta, 2001, Cochabamba, Bolivia). Memoria 2001. Cochabamba, Bolivia. PROTRIGO: Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el Cultivo de Trigo. p. 107-110.

- Herbas, R. 2008. El Estado de situación del Trigo en Bolivia y el contexto internacional. Importaciones de Trigo y Harina Centro de Investigación y Promoción del Campesinado, CIPCA. Bolivia. Pp18 Consultado 2 de feb.2014 disponible en: file:///C:/Users/d/Downloads/DT08_TRIGOBOLIVIA_CIPCA.pdf. Http baezimpresiones@yahoo.com.ar
- Hewstone, C. 2003. Rediseño de componentes de rendimiento y su interacción con el manejo. Estrategias y metodologías utilizadas en el mejoramiento de trigo. Seminario Internacional, La Estanzuela, Uruguay. CIMMYT – INIA. Pp. 25-26.
- ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, GT). 2000. Investigación y desarrollo de maíz de alta calidad de proteína. Guatemala. 18 p.
- IBCE (Instituto Boliviano de Comercio Exterior) 2014. Trigo; una oportunidad para la soberanía alimentaria boliviana. Instituto Boliviano de Comercio Exterior. Santa Cruz-Bolivia. Año 22, nº 219. P8. Disponible en: www.lbce.org.bo
- INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal). 2014. Memoria Grafica del Programa Nacional del Trigo. Bolivia. 20 p.
- Janeta, PV. 2011. Evaluación agronómica de cinco materiales promisorios de trigo (*Triticum vulgare* L.), en dos localidades de la provincia Chimborazo y una en la provincia de Bolívar. Tesis Lic. Agr. Riobamba-Ecuador. Escuela Superior de Chimborazo, facultad de recursos naturales, escuela de Ingeniería Agronómica. 94p.
- Landivar, JL. 2014. Trigo una oportunidad de soberanía alimentaria Boliviana. Desarrollo del sector triguero en Bolivia. Bolivia. Pp 24 Consultado 10 de abr 2014 disponible en <http://ibce.org.bo/images/publicaciones/ce-219-Trigo-oportunidad-soberania-alimentaria-boliviana.pdf>
- Lobo, M.2000. Papel de la variabilidad genética en el desarrollo de los frutales andinos como alternativa productiva. In seminario de frutales de clima frio moderado. Memoria. S.L. CDTF: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales. 180 p.
- López L. 1991. Cultivos Herbáceos Cereales: Características del suelo. Madrid. España. Castello. Vol.1. pp. 189-193.

- MACA (Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios). 2004. Aspectos históricos del trigo. Bolivia. 188 p.
- Machado, V. 2013. Productividad y adaptabilidad de cultivares de maíz harinoso Avati y Moroti. 15 (2):75-81.
- Marza, F; Butron, R; Canelas, J; Huallpa, B.; Tenorio, J; Villegas, R; y Gutierrez, G. 2014. Variabilidad fenotípica de 50 líneas de trigo Adaptadas a Condiciones Semi-Aridas. Investigación e Innovación para la Seguridad y Soberanía Alimentaria en Bolivia. 1(3):9-15.
- Marza, F; Quispe, Félix; Butrón, R; Canelas, J; Huallpa, B.; Tenorio, J; Gutierrez, G; y Villegas, R. 2014. Utilización de germoplasma de trigo del CIMMYT en el INIAF. Investigación e Innovación para la Seguridad y Soberanía Alimentaria en Bolivia. 1(3):62-67.
- Marza, F y Quispe, F. 2013. Guía Práctica Para El Investigador en Trigo. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria Y Forestal, INIAF. Programa Nacional de Trigo. La Paz, Bolivia. 73 p.
- MDR y T (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras). 2013. Política de desarrollo de rural en Bolivia. Agricultura sostenible para la soberanía alimentaria. Bolivia. p.9. (no incluye autor, editor ni volumen).
- MDR y T (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras). 2014. Producción, Abastecimiento y precio del trigo. Producción nacional de trigo (correo electrónico). Bolivia. (fmarza@hotmail.com)
- Moñocopa, L. N. 2012. Adaptabilidad de 25 líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum*) en condiciones del altiplano norte del departamento de La Paz. Tesis Lic. Ing Arg. Bolivia. Universidad Pública de El Alto. 67p.
- Nina, F. P. 2012. El Vivir Bien y los Efectos de los Eventos Climáticos en la Producción Agropecuaria. Bolivia. Consultado 19 abr. 2014 disponible en <http://agrobolivia.files.wordpress.com/2012/05/nina1.pdf>
- Paulo, D. G. 2008. Evaluación de métodos para análisis de estabilidad en diferentes ambientes en genotipos de yuca (*Manihotes culentacrantz*). Implicaciones de

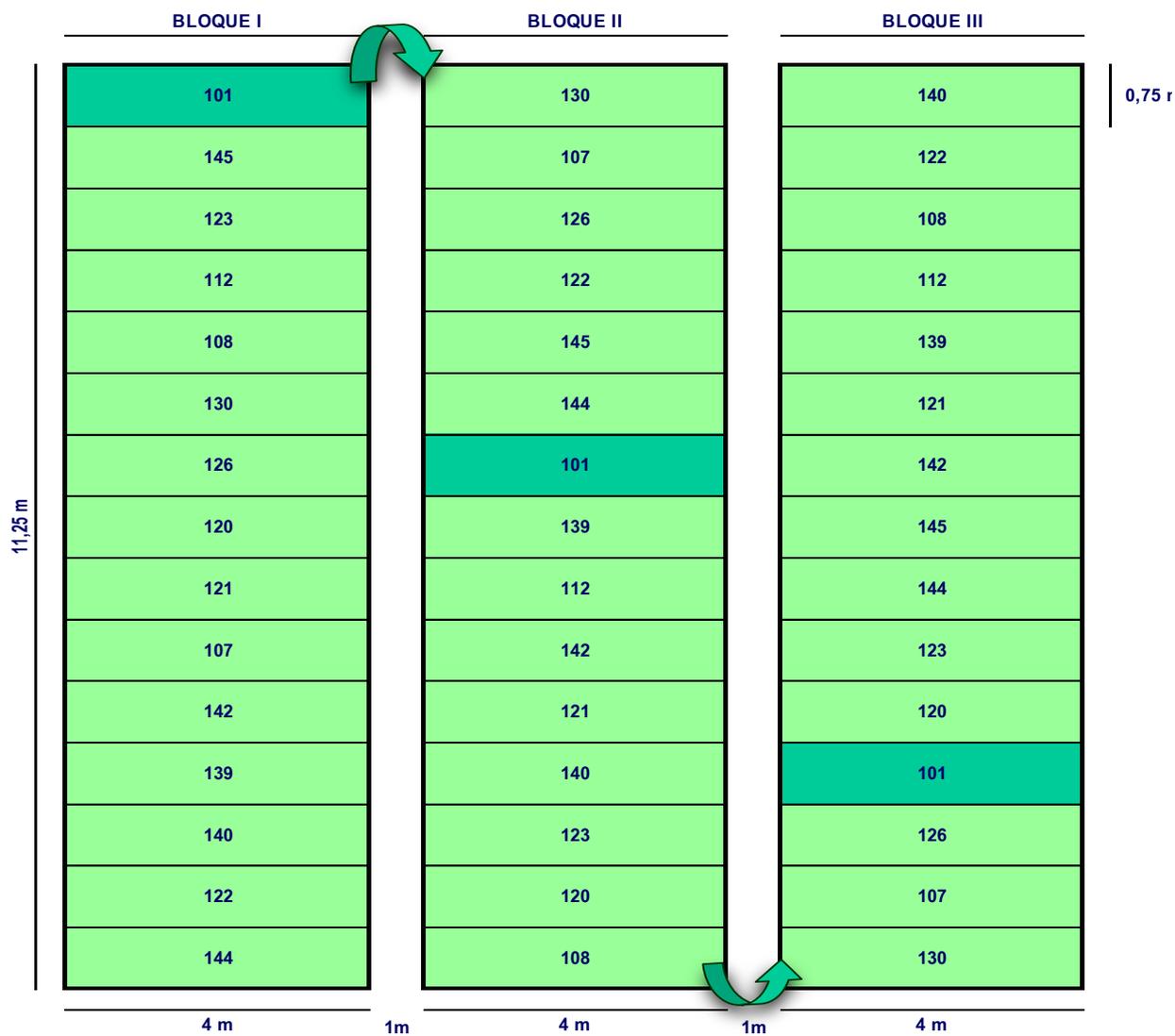
- la IGXA en el mejoramiento. Tesis Mag. Sc. Colombia. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agrarias Sede Palmira.81 p.
- Polo, I. 2010. Evaluación de variedades de Triticale para distintos aprovechamientos: Grano, Forraje y biomasa energética y estudio comparativo con variedades de trigo. El trigo. Historia y origen. Tesis Lic. España. Universidad Pública de Navarra. 3 p.
- Prescott, J.M.; Burnett, P.A. y SAARI, E.E.1986. Enfermedades y plagas del trigo: una guía para su identificación en el campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y trigo, CIMMYT. México, D.F., México.p.1-95
- PROTRIGO (Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el Cultivo de Trigo). 2001. Memoria final de Protrigo (1999-2001). Sucre – Bolivia. p. 42.
- Programa Nacional de Trigo. 2013. Antecedentes. Bolivia (no incluye autor ni paginas en el folleto)
- Puertas, M. J. 1992. Genética fundamentos y perspectivas. Interamericana de España. 741p
- Quispe, A. 1995. Estabilidad fenotípica y adaptabilidad de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa, W.*) Seleccionados en el altiplano sud. Tesis Lic. Ing. Agr. Bolivia. Universidad Autónoma Tomas Frías. 91 p.
- Quispe, FS. 2011. Habilidad de adaptación y productividad de 146 líneas avanzadas de trigo del vivero internacional del CIMMYT en el altiplano norte de Bolivia. Tesis Lic. Ing. Agr. Bolivia. Universidad Pública de El Alto. 87 p.
- Rodriguez, CE.1979. Prueba de adaptación y rendimiento de 25 variedades y líneas de trigo harinero, sembrada en 7 ambientes diferentes durante el ciclo de invierno. Tesis Lic. Agr. Mexico. U.A.A.A.N. p. 77-78.
- San Martin, C. 2001. Control de malezas gramíneas en el cultivo de trigo en Cochabamba. In Memorias de la IV reunión nacional de trigo y cereales menores, (4ta, 2001, Cochabamba, Bolivia). Memoria 2001. Cochabamba, Bolivia. PROTRIGO: Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el Cultivo de Trigo. 218p.

- San Mateo, J. M. 2005. Prontuario de Agricultura. Cultivos agrícolas. Requerimientos Edafoclimaticos de trigo. 1ra Edición. España. Pp.11-12.
- Salazar, A; Ferrel, O; Vera, J; y Rivera, D. 2001. Proceso de obtención y difusión de la variedad de trigo harinero Charcas. In Memorias de la IV reunión nacional de trigo y cereales menores, (4ta, 2001, Cochabamba, Bolivia). Memoria 2001. Cochabamba, Bolivia. PROTRIGO: Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el Cultivo de Trigo. 218p.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2014. Archivos, datos históricos de temperaturas, precipitaciones y humedad relativa ambiente, La Paz Bolivia.
- Slafer, G. A. y Calderini, D. F. 2003. Herramientas fisiológicas para el mejoramiento del rendimiento de trigo. Estrategias y metodologías utilizadas en el mejoramiento de trigo: un enfoque multidisciplinario. Seminario internacional, La Estanzuela, Uruguay. CIMMYT – INIA. 16 p.
- Soldano, O. 1985. El trigo. Peso de la semilla. 1ra edición. Buenos Aires, Argentina. 56 p.
- Spiegel, M R y Stephens, L.J. 2002. Estadística. Estadística descriptiva. 3 ed. México, DF. McGraw-Hill. 416 p.
- Stansfield, W. 1990. Teoría y Problemas de Genética. Herencia de un solo gen. 2da Edición. México. p. 21.
- Terradez, M. 2001. Análisis de Componentes Principales. (En línea). Bolivia. Consultado 20 de jul. 2014. Disponible en:
- http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Componentes_principales.pdf
- Triana, S. D. 2012. Evaluación y caracterización de cultivares de arroz de diferente constitución genética en varios agro-ecosistemas de producción. Tesis de Lic. Agr. Ecuador. Universidad técnica de Babahoyo. 130 p.
- Vásquez, V. 1990. Experimentación Agrícola. Diseños Estadísticos para la Investigación Científica y Tecnológica. Cajamarca. Perú. 255 p.

Velazco, J; Gomez, R; Gutierrez, G; y Almendras, D. 2001. Ensayo Regional de rendimiento de trigo del área Tradicional. In Memorias de la IV reunión nacional de trigo y cereales menores, (4ta, 2001, Cochabamba, Bolivia). Memoria 2001. Eds. J. Velasco. Cochabamba, Bolivia. PROTRIGO: Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el Cultivo de Trigo. p. 127-134.

8. ANEXOS

Anexo 1. Croquis del experimento de 14 líneas elite y un Testigo (T-89) de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba



Anexo 2. Cuadro de análisis de varianza de efectos simples para variables cuantitativas de 14 líneas élite y un Testigo (T-89) de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba

F.V.	GL	CUADRADOS MEDIOS							
		AP (cm)	NM	NEM	LE (cm)	NGE	PMG (g)	PH (kg/hl)	RDTO (kg/ha)
Linea(Cruce Incallajta)	14	58.26*	6.14*	14301*	5.10*	44.68*	73.67*	11.62*	1722861*
Linea(Chullpa Chullpa Bajo)	14	73.55*	1.88*	1504.64*	4.09*	69.47*	12.56*	4.95*	433636*
Linea(Yuraj Molino)	14	8.19*	6.90*	3565.48*	1.58*	14.81*	86.49*	12.78*	154414*
Localidad(T-89)	2	559.53*	19.0*	113088*	3.93*	18.78*	97.44*	0.78ns	10150675*
Localidad(107)	2	1138.68*	12.44*	64573*	12.28*	41.44*	99.44*	28.78*	10017381*
Localidad(108)	2	1038.99*	22.33*	110812*	3.48*	52.00*	94.77*	0.78ns	16005559*
Localidad(112)	2	851.03*	18.78*	42069*	3.23*	48.44*	60.78*	5.44*	16816059*
Localidad(120)	2	197.19*	8.33*	45362*	7.32*	119.11*	59.11*	10.78*	7933146*
Localidad(121)	2	680.25*	10.11*	46483*	3.74*	78.11*	86.11*	4.00*	10563525*
Localidad(122)	2	1326.78*	6.33*	146220*	4.69*	36.00*	66.11*	3.00*	14554180*
Localidad(123)	2	605.58*	8.44*	9369*	2.08*	18.11*	78.11*	4.00*	6713700*
Localidad(126)	2	1001.44*	10.33*	148009*	10.53*	41.44*	79.00*	8.33*	15444211*
Localidad(130)	2	684.19*	16.44*	167542*	7.12*	45.44*	59.11*	4.11*	14871633*
Localidad(139)	2	824.11*	12.33*	63377*	4.81*	94.33*	78.78*	3.00*	15267532*
Localidad(140)	2	676.36*	14.78*	73284*	4.28*	5.77*	82.33*	4.11*	16043283*
Localidad(142)	2	817.19*	38.11*	137893*	4.95*	68.77*	109.33*	3.44*	19437667*
Localidad(144)	2	842.33*	18.11*	87382*	8.22*	20.33*	67.00*	4.33*	11757882*
Localidad(145)	2	631.44*	25.44*	113115*	11.85*	78.77*	62.11*	3.11*	14331111*

Anexo 3. Frecuencia de seis variables cualitativas correspondientes a los 15 genotipos de trigo harinero en tres localidades, durante la campaña agrícola 2013-2014.

Localidad: Cruce Incallajta															
Líneas/ variables	T-89	L107	L108	L112	L120	L121	L122	L123	L126	L130	L139	L140	L142	L144	L145
P(1-5)¥	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3
TGR(1-5)α	2	3	3	3	4	2	1	3	2	4	3	3	3	3	3
TG(1-3)£	2	3	2	3	2	2	2	4	2	2	3	2	2	2	3
DES(1-5)Ⓐ	2	2	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	4	4
RY(1-5)€	2	4	4	4	4	5	4	4	4	3	3	5	4	3	4
SE(1-5)€	1	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
Localidad: Yuraj Molino															
P(1-5)¥	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	3	4
TGR(1-5)α	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
TG(1-3)£	4	4	4	4	2	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
DES(1-5)Ⓐ	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3
RY(1-5)€	2	4	4	4	3	5	3	3	4	4	4	3	3	3	3
SE(1-5)€	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3
Localidad: Chullpa Chullpa Bajo															
P(1-5)¥	4	3	3	4	4	3	3	4	3	3	4	3	4	3	4
TGR(1-5)α	1	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	1
TG(1-3)£	2	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	2
DES(1-5)Ⓐ	3	5	3	3	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	3
RY(1-5)€	3	4	3	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
SE(1-5)€	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

¥: 1=muy tardío, 2= tardío, 3=intermedio, 4=precoz y 5=muy precoz

α: 1=muy chupado, 2= chupado, 3=casi lleno, 4=lleno y 5=muy lleno

£: 1= grano pequeño, 3= grano mediano y 5=grano grande

Ⓐ: 1=muy laxa, 2= laxa, 3=moderadamente compacta, 4=compacta y 5=muy compacta

€: 1=muy susceptible, 2= susceptible, 3=moderadamente tolerante, 4=tolerante y 5=muy tolerante