

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



**TESIS DE GRADO**

**SELECCIÓN DE LÍNEAS ÉLITE DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)  
CON ADAPTABILIDAD Y ALTO POTENCIAL DE RENDIMIENTO,  
EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE BOLIVIA, CENTRO  
EXPERIMENTAL AGROPECUARIO CONDORIRI**

**Por:**

**Eddy Silva Mayta**

**EL ALTO – BOLIVIA**

**Noviembre, 2015**

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

**SELECCIÓN DE LÍNEAS ÉLITE DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) CON  
ADAPTABILIDAD Y ALTO POTENCIAL DE RENDIMIENTO, EN EL ALTIPLANO  
CENTRAL DE BOLIVIA, CENTRO EXPERIMENTAL AGROPECUARIO CONDORIRI**

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

**Eddy Silva Mayta**

**Asesores:**

Ing. Dr. Félix Marza Mamani. ....

Ing. Dr. Francisco Mamani Pati .....

**Tribunal Revisor:**

Ing. Gabriel Pari Flores .....

Ing. Miguel Ángel Cussi Cabrera .....

Ing. René Rolando Tambo Herrera .....



**APROBADA**

Presidente tribunal examinador .....

**DEDICATORIA:**

*A mis padres:*

*Sebastiana Mayta Carrasco y Lino Silva Rodríguez: Por sus cuidados y por la lucha incansable por la superación de sus hijos, con el propósito de que seamos personas del bien.*

*Y a mis dos hermanos Darío y Abel con todo mi cariño y mejores deseos para que el día de mañana sean personas del bien y puedan concluir sus estudios.*

*Que con ellos compartir alegrías y tristezas en los momentos difíciles de la vida.*

*P.D. los quiero mucho que Dios siempre los cuide y bendiga.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo agradecer a toda mi familia, a mi padre, madre y mis dos hermanos menores por haberme apoyado y alentado siempre a continuar con mi superación personal, su cariño y comprensión me ayudaron a culminar de forma exitosa esta meta.

### **INSTITUCIONES**

A la carrera Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, por la oportunidad de formarme como Ingeniero agrónomo, a todo el personal Docente y Administrativo que contribuyeron en mi formación.

Al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) a través del Programa Nacional de Trigo, por su valioso apoyo de campo en la realización de trabajos correspondientes.

Al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), a través del Programa Nacional de Trigo, por haberme proporcionado el material genético utilizado en la investigación.

Al Centro Experimental Agropecuario Condoriri, que hicieron posible la elaboración y conclusión del presente trabajo de investigación. Por todo el apoyo brindado, donde se llevó el presente estudio.

### **PERSONAS**

A mis asesores Dr. Félix Marza y Dr. Francisco Mamani Pati, docentes de la carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto, por su asesoramiento en la tesis. Gracias por su valiosa enseñanza, asesoría y revisión del presente trabajo.

A mis tribunales Ing. Miguel Cussi Cabrera, René Tambo Herrera y Gabriel Pari Flores por sus consejos y sugerencias en la revisión del presente trabajo.

Al Dr. Félix Marza Director del Programa Nacional de Trigo, INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal), por haberme brindado la oportunidad de realizar mi tesis, por el apoyo financiero que me brindó en el trabajo de campo a través del programa.

Y por permitirme utilizar el material genético de trigo harinero proveniente del CIMMYT-México y por el apoyo en el manejo agronómico y evaluación del material de tesis.

Al Ing. Roberto Butrón técnico del Programa Nacional de Trigo por su apoyo y colaboración en la investigación.

A Ruti Michma Girona, por su valioso apoyo incondicional y colaboración en el trabajo de investigación.

A los estudiantes de la materia de Diseños Experimentales, Genética y Fitomejoramiento de gestión I/2014, por su apoyo y colaboración en el manejo agronómico que me brindaron.

A mis compañeros y amigos por su valiosa amistad.

A todas las personas que involuntariamente haya omitido.

**Eddy Silva Mayta**

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS .....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN .....	xiii

## ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos Específicos .....	2
1.3. Hipótesis .....	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Origen.....	3
2.2. Importancia del trigo y principales productores en el mundo .....	3
2.3. El cultivo de trigo en Bolivia.....	3
2.4. Características morfológicas .....	4
2.5. Fases de desarrollo del cultivo de trigo.....	5
2.5.1. Fase vegetativa.....	6
2.5.2. Fase reproductiva .....	6
2.6. Importancia de los ensayos de adaptación y rendimiento .....	7
2.7. Productividad .....	11
2.8. Componentes del rendimiento.....	12
2.9. Selección de líneas elite .....	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
3.1. Localización del estudio.....	16

Características Ecológicas .....	17
3.2. Material de campo .....	17
3.3. Material de laboratorio .....	18
3.4. Material de gabinete .....	18
3.5. Material genético.....	18
3.6. Metodología .....	18
3.6.1. La preparación del terreno .....	18
3.6.2. Fecha y método de siembra .....	19
3.6.3. Fertilización .....	19
3.6.4. Labores culturales.....	19
3.6.5. Cosecha y trilla .....	19
3.6.6. Variables en estudio .....	20
3.6.7. Diseño Experimental.....	22
3.6.8. Análisis estadístico .....	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1. Características agronómicas y de productividad del ensayo 19 SAWYT .....	24
4.1.1. Análisis estadístico descriptivo de variables cuantitativas.....	24
4.1.2. Análisis de varianza de características agronómicas y de productividad del ensayo 19 SAWYT relacionadas con la adaptabilidad .....	25
4.1.2.1. Altura de planta .....	25
4.1.2.2. Longitud de espiga .....	26
4.1.2.3. Numero de espigas por m <sup>2</sup> .....	27
4.1.2.4. Numero de espiguillas por espiga .....	28
4.1.2.5. Numero de granos por espiga .....	29
4.1.2.6. Peso de 1000 granos.....	31
4.1.2.7. Rendimiento .....	32
4.1.2.8. Peso hectolítrico .....	33

4.1.3.	Análisis cualitativo de características agrónomicos y de productividad del vivero 19 SAWYT .....	34
4.1.4.	Análisis de componentes principales .....	35
4.1.5.	Selección de líneas de trigo harinero con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento de grano.....	38
4.2.	Características agronómicas y de productividad del ensayo 20 SAWYT .....	40
4.2.1.	Análisis estadístico descriptivo de variables cuantitativas.....	40
4.2.2.	Análisis de varianza de características agronómicas y de productividad del ensayo 20 SAWYT, relacionadas con la adaptabilidad.....	41
4.2.2.1.	Altura de planta.....	41
4.2.2.2.	Longitud de espiga .....	42
4.2.2.3.	Numero de espigas por m <sup>2</sup> .....	43
4.2.2.4.	Numero de espiguillas por espiga.....	44
4.2.2.5.	Numero de granos por espiga.....	45
4.2.2.6.	Peso de mil granos.....	46
4.2.2.7.	Rendimiento.....	47
4.2.2.8.	Peso hectolítrico .....	48
4.2.3.	Análisis cualitativo de características agrónomicos y de productividad del vivero 20 SAWYT .....	50
4.2.4.	Análisis de componentes principales .....	51
4.2.5.	Selección de líneas de trigo harinero con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento de grano del vivero 20 SAWYT.....	53
4.3.	Características agronómicas y de productividad del ensayo 32 ESWYT .....	55
4.3.1.	Análisis estadístico descriptivo de variables cuantitativas.....	55
4.3.2.	Análisis de varianza de características agronómicas y de productividad del ensayo 32 ESWYT relacionadas con la adaptabilidad.....	56
4.3.2.1.	Altura de planta.....	56
4.3.2.2.	Longitud de espiga .....	57
4.3.2.3.	Número de espigas por m <sup>2</sup> .....	58

4.3.2.4.	Número de espiguillas por espiga .....	59
4.3.2.5.	Número de granos por espiga .....	60
4.3.2.6.	Peso de mil granos .....	61
4.3.2.7.	Rendimiento .....	62
4.3.2.8.	Peso hectolítrico .....	63
4.3.3.	Análisis cualitativo de características agrónomicos y de productividad del vivero 32 ESWYT .....	64
4.3.4.	Análisis de componentes principales .....	65
4.3.5.	Selección de líneas de trigo harinero con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento de grano del vivero 32 ESWYT .....	68
5.	CONCLUSIONES .....	70
6.	RECOMENDACIONES.....	72
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	73
8.	ANEXOS .....	84

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estadística descriptiva de características agronómicas y de componentes de rendimiento de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero internacional 19 SAWYT introducidas del CIMMYT y de la variedad Tepoca 89, evaluadas en el altiplano central de Bolivia durante la campaña agrícola 2013-2014. ....	24
Cuadro 2. Análisis de varianza individual de las variables cuantitativas de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero 19 SAWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89 (T-89), evaluadas en la gestión agrícola 2013-2014 en el altiplano central boliviano. Las variables evaluadas son: Altura de planta ( <b>AP</b> ), longitud de espiga ( <b>LE</b> ), número de espiga por m <sup>2</sup> ( <b>NEM</b> ) y número de espiguillas por espiga ( <b>NEE</b> ).....	25
Cuadro 3. Análisis de varianza individual de las variables cuantitativas de las líneas avanzadas de trigo harinero del vivero 19 SAWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89 (T-89), evaluadas en la gestión agrícola 2013-2014. Las características agronómicas y de productividad relacionadas con la adaptabilidad son: número de granos por espiga ( <b>NGE</b> ), peso de mil granos ( <b>PMG</b> ), rendimiento ( <b>RDTO</b> ) y peso hectolítrico ( <b>PH</b> ).....	30
Cuadro 4. Análisis descriptivo de las variables cualitativas en 14 líneas avanzadas del trigo harinero del vivero 19 SAWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89, evaluada en la gestión agrícola 2013-2014.....	34
Cuadro 5. Estadística descriptiva de caracteres agronómicas y de componentes de rendimiento de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero internacional 20 SAWYT introducidas del CIMMYT y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central de Bolivia durante la campaña agrícola 2013-2014.....	40
Cuadro 6. Análisis de varianza individual para las variables cuantitativas de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero 20 SAWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89 (T-89), evaluadas en la gestión agrícola 2013-2014 en el altiplano central boliviano. Las características agronómicas y de productividad relacionadas con la adaptabilidad son: altura de planta ( <b>AP</b> ), longitud de espiga ( <b>LE</b> ), número de espiga por m <sup>2</sup> ( <b>NEM</b> ) y número de espiguillas por espiga ( <b>NEE</b> ).....	41

- Cuadro 7. Análisis de varianza individual para las variables cuantitativas de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero 20 SAWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89 (T-89), evaluadas en la gestión agrícola 2013-2014 en el altiplano central boliviano. Las características agronómicas y de productividad relacionadas con la adaptabilidad son: número de granos por espiga (**NGE**), peso de mil granos (**PMG**), rendimiento (**RDTO**) y peso hectolítrico (**PH**).....45
- Cuadro 8. Análisis descriptivo de las variables cualitativas en 14 líneas avanzadas del trigo harinero del vivero 20 SAWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89, evaluada en la gestión agrícola 2013-2014.....50
- Cuadro 9. Estadística descriptiva de caracteres agronómicas y de componentes de rendimiento de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero internacional 32 ESWYT introducidas del CIMMYT y de la variedad Tepoca 89, evaluadas en el altiplano central de Bolivia durante la campaña agrícola 2013-2014 .....55
- Cuadro 10. Análisis de varianza individual para las variables cuantitativas de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89 (T-89), evaluadas en la gestión agrícola 2013-2014 en el altiplano central boliviano. Las características agronómicas y de productividad relacionadas con la adaptabilidad son: altura de planta (**AP**), longitud de espiga (**LE**), número de espiga por m<sup>2</sup> (**NEM**) y número de espiguillas por espiga (**NEE**).....56
- Cuadro 11. Análisis de varianza individual para las variables cuantitativas de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89 (T-89), evaluadas en la gestión agrícola 2013-2014 en el altiplano central boliviano. Las características agronómicas y de productividad relacionadas con la adaptabilidad son: número de granos por espiga (**NGE**), peso de mil granos (**PMG**), rendimiento (**RDTO**) y peso hectolítrico (**PH**).....60
- Cuadro 12. Análisis descriptivo de las variables cualitativas de 14 líneas avanzadas del trigo harinero del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89, evaluada en la gestión agrícola 2013-2014.....65

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Altura de plantas de 14 líneas de trigo harinero y una variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014.....	26
Figura 2.	Longitud de espiga de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluadas en condiciones del altiplano central boliviano, en la gestión agrícola 2013-2014 .....	27
Figura 3.	Numero de espigas por m <sup>2</sup> de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano, en la gestión agrícola 2013-2014 .....	28
Figura 4.	Numero de espiguillas por espiga de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluadas en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014 .....	29
Figura 5.	Prueba de Duncan al 5% para el numero de granos por espiga, en la selección de líneas con caracteres agronómicas y de productividad, en 14 líneas avanzadas del 19 SAWYT y de la variedad local Tepoca 89, evaluadas en el Altiplano central boliviano .....	30
Figura 6.	Peso de mil granos de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad local Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano, en la gestión agrícola 2013-2014 .....	31
Figura 7.	Rendimiento de grano de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad local Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014 .....	32
Figura 8.	Peso hectolítrico de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014.....	33
Figura 9.	Visualización de variables cualitativas, como respuesta de las líneas de trigo harinero al ambiente establecido, evaluada en la gestión agrícola 2013-2014 .....	35
Figura 10.	Gráfico de sedimentación de los componentes principales, sobre la base de características agronómicas y de productividad en adaptabilidad de 14 líneas de	

- trigo harinero del vivero 19 SAWYT, y de la variedad Tepoca 89, evaluada en el altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014 .....36
- Figura 11. Diagrama del biplot sobre el comportamiento de 14 líneas de trigo, del vivero 19 SAWYT introducidas del CIMMYT, frente al testigo Tepoca 89, para el rendimiento de grano y su relación con las características agronómicas y de productividad registradas en condiciones del altiplano boliviano (C.E.A. Condoriri). Análisis genotipo x variable .....37
- Figura 12. Gráfica de Trellis para líneas de trigo harinero y rendimiento de grano del vivero 19 SAWYT introducidas del CIMMYT, evaluadas en condiciones del altiplano boliviano durante la campaña agrícola 2012-2014, en el Centro Experimental Agropecuario Condoriri, por su adaptabilidad y al potencial de rendimiento de grano .....38
- Figura 13. Altura de plantas de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014.....42
- Figura 14. Longitud de espiga de 15 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014 .....43
- Figura 15. Número de espigas por m<sup>2</sup> de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano, en la gestión agrícola 2013-2014.....43
- Figura 16. Numero de espiguillas por espiga en 15 líneas de trigo harinero, en condiciones del altiplano central boliviano, en la gestión agrícola 2013-2014.....44
- Figura 17. Prueba de comparación de medias de Duncan al (5%), en el número de granos por espiga, para 14 líneas de trigo harinero del 20<sup>TH</sup> SAWYT y una variedad local (T-89), establecidas en el Altiplano central boliviano .....46
- Figura 18. Peso de mil granos de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014 .....47
- Figura 19. Prueba de Duncan al 5%, para rendimiento de grano, en la selección de líneas elite de trigo con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento, en base a

características agronómicas y de componentes de rendimientos, en 14 líneas de trigo harinero y de la variedad local Tepoca 89 evaluada e condiciones del Altiplano boliviano en la gestión agrícola 2013-2014.....	48
Figura 20. Peso hectolítrico de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014.....	49
Figura 21. Gráfico de sedimentación de los componentes principales, sobre la base de características agronómicas y de productividad en adaptabilidad de 14 líneas de trigo harinero del vivero 20 SAWYT, y de la variedad Tepoca 89, evaluada en el altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014.....	51
Figura 22. Diagrama del biplot sobre el comportamiento de 14 líneas de trigo, del vivero 20 SAWYT introducidas del CIMMYT, frente al testigo Tepoca 89, para el rendimiento de grano y su relación con las características agronómicas y de productividad registradas en condiciones del altiplano boliviano (C.E.A. Condoriri). Análisis genotipo x variable. ....	52
Figura 23. Gráfica de Trellis para líneas de trigo harinero y rendimiento de grano del vivero 20 SAWYT introducidas del CIMMYT, evaluadas en condiciones del altiplano boliviano durante la campaña agrícola 2012-2014, en el Centro Experimental Agropecuario Condoriri, por su adaptabilidad y al potencial de rendimiento de grano.....	54
Figura 24. Altura de planta de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014.....	57
Figura 25. Longitud de espiga de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014.....	58
Figura 26. Número de espigas por m <sup>2</sup> de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano boliviano en la gestión agrícola 2013-2014.....	58
Figura 27. Prueba de medias de Duncan para el numero de espiguillas por espiga, en la selección de líneas elite de trigo con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento, sobre la base de características agronómicas y de componentes de	

- rendimientos, en 14 líneas del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT y una variedad local T-89, evaluada en las condiciones del Altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014 .....59
- Figura 28. Numero de granos por espiga de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano boliviano en la gestión agrícola 2013-2014.....61
- Figura 29. Prueba de medias para peso de mil granos, en la selección de líneas élite de trigo con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento, sobre la base de características agronómicas y de componentes de rendimientos, en 14 líneas del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del Altiplano central boliviano en la gestión 2013-2014 .....62
- Figura 30. Prueba de medias para el rendimiento, en la selección de líneas elite de trigo con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento, sobre la base de características agronómicas y de componentes de rendimientos, en 14 líneas del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT y de la variedad local Tepoca 89, evaluada en condiciones del Altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014.....63
- Figura 31. Prueba de medias para el peso hectolítrico, en la selección de líneas elite de trigo con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento sobre la base de características agronómicas y de componentes de rendimientos, de 14 líneas del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT y de la variedad local Tepoca 89, evaluad en condiciones del Altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014.....64
- Figura 32. Gráfico de sedimentación de los componentes principales, sobre la base de características agronómicas y de productividad en adaptabilidad de 14 líneas de trigo harinero del vivero 32 ESWYT, y de la variedad Tepoca 89, evaluada en el altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014 .....66
- Figura 33. Diagrama del biplot sobre el comportamiento de 14 líneas de trigo, del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT, frente al testigo Tepoca 89, para el rendimiento de grano y su relación con las características agronómicas y de productividad registradas en condiciones del altiplano boliviano (C.E.A. Condoriri). Análisis genotipo x variable. ....67

Figura 34. Gráfica de Trellis para líneas de trigo harinero y rendimiento de grano del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT, evaluadas en condiciones del altiplano boliviano durante la campaña agrícola 2012-2014, en el Centro Experimental Agropecuario Condoriri, por su adaptabilidad y al potencial de rendimiento de grano .....68

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	El ensayo del rendimiento de trigos semiáridos, SAWYT por sus siglas en inglés, 19TH SEMI-ARID WHEAT YT (SELECT) VIVERO 71, con 14 líneas experimentales.....	84
Anexo 2.	El ensayo del rendimiento de trigos semiáridos, SAWYT por sus siglas en inglés, 20TH SEMI-ARID WHEAT YT (SELECT) VIVERO 61, con 14 líneas experimentales de trigo.....	85
Anexo 3.	El ensayo del rendimiento de trigo elite de primavera, ESWYT, por sus siglas en inglés. 32ND ELITE SPRING WHEAT YT_SELECT VIVERO 72, de igual forma con 14 líneas de trigo harinero. ....	86
Anexo 4.	Croquis de las tres parcelas experimentales (vivero19TH SEMI-ARID WHEAT YT (SELECT) VIVERO 71, vivero 20TH SEMI-ARID WHEAT YT (SELECT) VIVERO 61 y vivero 32ND ELITE SPRING WHEAT YT_SELECT VIVERO 72) ....	87
Anexo 5.	Evaluación de variables cualitativas de la población de 14 líneas y una variedad local Tepoca 89 (L-301) de trigo harinero del vivero 19 SAWYT, evaluada en localidad de Condoriri, en la campaña agrícola 2013-2014. ....	88
Anexo 6.	Evaluación variables cualitativas en la población de 15 líneas de trigo harinero del 20TH SEMI-ARID WHEAT YT (SELECT), evaluadas en la localidad de Condoriri en la campaña agrícola 2013-2014. ....	89
Anexo 7.	Evaluación variables cualitativas en la población de 15 líneas de trigo harinero del 32ND ELITE SPRING WHEAT YT_SELECT, evaluadas en la localidad de Condoriri en la campaña agrícola 2013-2014. ....	90
Anexo 8.	Control de malezas en los ensayos establecidos .....	91
Anexo 9.	Madurez fisiológica .....	92
Anexo 10.	Registro de variables en estudio .....	92
Anexo 11.	Centro experimental agropecuario Condoriri .....	93

## RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo, seleccionar líneas élite de trigo con capacidad de adaptación y alto potencial de rendimiento, características agronómicas y de productividad en condiciones del altiplano. El material genético utilizado fue, 14 líneas del vivero 19 SAWYT, 20 SAWYT y 32 ESWYT del CIMMYT seleccionados por PN-Trigo y fue seleccionada la variedad Tepoca 89 como testigo local. Los ensayos, se instalaron en diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones, en surcos de 4 m de longitud y 0.25 entre surcos, con una densidad de siembra de 100 kg.ha<sup>-1</sup>. Las variables estudiadas fueron altura de planta, reacción a acame, reacción a desgrane, número de espigas por m<sup>2</sup>, longitud de espiga, densidad de espiga, número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga, tipo de grano, tamaño de grano, peso de mil granos, peso hectolítrico y rendimiento. Se realizó un análisis estadístico descriptivo, análisis de varianza (ANVA), análisis de componentes principales (ACP) y biplot. Los resultados obtenidos, indican que las líneas de trigo harinero evaluados fueron determinadas por ciertas características agronómicas y de productividad que permiten la adaptación de las líneas de trigo a estas condiciones del altiplano. En el vivero 19 SAWYT la variable número de grano por espiga tiene un mayor variación entre líneas, mientras que en el vivero 20 SAWYT la variación fue para el número de granos por espiga y rendimiento; en tanto, que el vivero 32 ESWYT las variables número de espiguillas por espiga, peso de mil granos, rendimiento y peso hectolítrico presentan la mayor variación entre líneas. Entre lo más destacado del vivero 19 SAWYT están las líneas L-349, L-330, L-313, L-334 y L-337, mientras que en el vivero 20 SAWYT las líneas más sobresalientes son L-321, L-311, L-316, L-315 y L-333 y del vivero 32 ESWYT se destacan las líneas L-126, L-139, L-140, L-123 y L-144. La superioridad en el rendimiento de estas líneas, se debe a ciertas características agronómicas y de productividad que poseen los genotipos, las cuales, se correlacionan para expresar su máximo potencial genético debido a la capacidad de adaptación que poseen.

## ABSTRACT

The present study aims, select lines elite of wheat with high yield potential and adaptation capacity, productivity under conditions of the plateau and agronomic characteristics. The genetic material used was, 14 lines of the nursery 19 SAWYT, 20 SAWYT and 32 ESWYT from CIMMYT selected by PN-wheat and was selected the variety Tepoca 89 as a local witness. The tests, they established themselves in design of blocks completely at random, with three repetitions, in furrows of 4 m of length and 0.25 m between furrows, with a planting density of 100 kg.ha<sup>-1</sup>. The variables studied were plant height, lodging to reaction, reaction to shatter, number of spikes per m<sup>2</sup>, spike length, density of spike, number of spikelets per spike, number of grains per spike, grain type, grain size, weight of a thousand grains, test weight and performance. Statistical analysis was performed to descriptive, analysis of variance (ANOVA), principal component analysis (PCA) and biplot. The results obtained indicate that the lines of bread wheat evaluated were determined by certain agronomic characteristics and productivity that allow the adaptation of the lines of wheat to these conditions of the plateau. In the nursery 19 SAWYT the variable number of grains per spike has a greater variation between lines, while the nursery 20 SAWYT the variation was for the number of grains per spike and performance; in both, the nurseryman 32 ESWYT variables the number of spikelets per spike, thousand grain weight, performance and weight test exhibit the greatest variation between lines. Among the highlights of the nursery are 19 SAWYT lines L-349, L-330, L-313, L-334 and L-337, while in the nursery 20 SAWYT lines most outstanding are L-321, L-311, L-316, L-315 and L-333 and the nursery 32 ESWYT highlights the lines L-126, L-139, L-140, L-123 and L-144. The superiority in the performance of these lines is due to certain agronomic characteristics and productivity that possess the genotypes, which correlate to express its maximum genetic potential due to the ability of adaptation that they possess.

## 1. INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L.), es una planta anual que pertenece a la familia de las gramíneas del género *Triticum* ampliamente cultivada en todo el mundo por la producción de grano, este cereal representa fuente principal en la alimentación, contribuyendo en gran parte a satisfacer las necesidades energéticas de la población mundial. El grano de este cereal, es utilizado de diversas maneras: harina panificable, harina integral, sémola y gran variedad de productos alimenticios (Reque, 2007, IBCE, 2012), y es uno de los tres cultivos de mayor importancia en el mundo conjuntamente con el maíz y el arroz.

El principal productor de este cereal a nivel mundial es la Unión Europea con 143 34 millones de toneladas seguido por China con 121 millones de toneladas, India con 92 46 millones de toneladas y Argentina con 11 millones de toneladas por año el mayor productor de trigo en Sudamérica (Catón, 2013). Mientras, que en Bolivia la producción de trigo, es aproximadamente 289 679 toneladas año muy por debajo en relación a otros países como Argentina, frente al consumo nacional de 741 691 toneladas año (Fundación Milenio, 2013). No obstante, a diferencia de otros países la producción de trigo en Bolivia responde a dos racionalidades económicas: una ligada a la agricultura familiar en los valles (zona tradicional) y otro de una producción de carácter empresarial en el departamento de Santa Cruz (zona oriental).

Los principales productores de este cereal son: los departamentos de Chuquisaca, Cochabamba, Potosí y Tarija que forman parte de la zona tradicional y el departamento de Santa Cruz corresponde a la zona oriental, donde los rendimientos de trigo en los últimos años 2002 a 2011, oscilan entre  $0.8 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$  en el área tradicional y  $1.6 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$  en el oriente boliviano (AEMP, 2012). Esta diferencia de producción en la zona tradicional, se debe a diferentes factores: entre ellos la disponibilidad de tierras por el minifundio, la erosión de los suelos, el estrés hídrico y nutricional, baja densidad de plantas, enfermedades, granizadas y en especial el uso de variedades de bajo rendimiento (MACA, 2004). Teniendo como resultado los rendimientos más bajos de la zona tradicional, en especial en el altiplano boliviano, donde la producción se ve afectado por diferentes factores medioambientales.

Si bien, el altiplano boliviano por sus características climáticas, manifiesta serias limitaciones en la producción principalmente por la distribución de lluvias, falta agua,

granizadas, entre otros, pero pese a ello se cultivan diferentes especies; entre ellos, los cereales como el trigo que tienen la capacidad de adaptación a estas condiciones ambientales, pero presentan rendimientos muy bajos. Por consiguiente, es preciso establecer ensayos uniformes de líneas avanzadas de trigo y su evaluación en diferentes viveros de selección, de modo que se puedan seleccionar materiales en función de la respuesta que puedan presentar a las condiciones ambientales que prevalecen en el área de estudio, y elegir aquellos genotipos con buen potencial de rendimiento en grano, desarrollo adecuado de sus características agronómicas, es decir “ genotipos deseables”, y mejorar la productividad fortaleciendo la producción de trigo en el altiplano boliviano.

Es así, que con el presente trabajo, se pretende seleccionar líneas de trigo harinero que presenten un buen potencial de rendimiento en grano, las cuales formaran una base para generar nuevas variedades adaptadas para las condiciones del altiplano central boliviano.

### **1.1. Objetivo general**

- Seleccionar líneas elite, de tres viveros internacionales de trigo (*Triticum aestivum* L.) que tengan la capacidad de adaptación y buen rendimiento de grano, para las condiciones del altiplano central boliviano.

### **1.2. Objetivos Específicos**

- Determinar características agronómicas y de productividad de líneas elite de trigo en tres viveros internacionales establecidas en condiciones del altiplano central de Bolivia.
- Identificar líneas elite de trigo que muestren buen rendimiento de grano en tres viveros internacionales de trigo en relación al testigo regional Tepoca 89.

### **1.3. Hipótesis**

- No existen diferencias entre características agronómicas, ni de productividad en 15 líneas de trigo en tres viveros internacionales establecidas en condiciones del altiplano central de Bolivia.
- No existen líneas elite de trigo que muestren buen rendimiento de grano en los tres viveros internacionales que superen en rendimiento al testigo regional Tepoca 89.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Origen**

Como todos los cultivos el trigo se derivó, a partir, de sus ancestros silvestres mediante un proceso de domesticación asociado a las primeras civilizaciones del mundo que estuvo ligada a las necesidades propias de la población de aquel momento. Hace unos diez mil años antes de cristo sus ancestros fueron descubiertos por cazadores recolectores del suroeste de Asia en la franja fértil mesopotámica región comprendida entre los rio Tigris y Éufrates (FENALCE, 2010), posteriormente fue domesticado entre el 9500 y el 8500 antes de cristo constituyéndose en un elemento fundador de la primeras civilizaciones y de los primeros pasos en la selección vegetal (Limagrain, 2013).

### **2.2. Importancia del trigo y principales productores en el mundo**

Es un cereal muy importante que se utiliza en la alimentación humana y animal, desde la antigüedad en la historia occidental y actualmente la demanda de este cereal ha crecido en gran proporción en la alimentación de las personas, en el ámbito industrial y en la alimentación de los animales mediante la formulación de piensos para el ganado, desplazando a otros cultivos. En las últimas décadas el consumo de trigo se incrementó a nivel mundial, a medida que la población del mundo crece, donde, alrededor del 75% se consume de manera directa a través de productos finales como pan, harina, pastas alimenticias, el 15% de manera indirecta a través de productos animales y el resto se utiliza como semilla (SAGARPA, 2008).

Los principales productores de trigo en el mundo son: la Unión Europea, China, India, Estados Unidos, Rusia, Canadá, Australia, Argentina (FAO, 2014) citado por (Barberis, 2014), del cual la Unión Europea como bloque, seguida por China e India producen en un promedio de 53%, y Estados Unidos con 9,4% de producción mundial en la últimas 4 campañas. Mientras, que en américa del sur, uno de los principales países productores de trigo, es Argentina con los rendimientos más elevados de la región.

### **2.3. El cultivo de trigo en Bolivia**

En Bolivia existen dos grandes regiones productores de trigo con características geográficas particulares como es: el área tradicional y oriental. Según MACA (2004), el área tradicional comprende áreas productivas en los departamentos de: Chuquisaca,

Cochabamba, Potosí y Tarija con rendimientos menores a 1 tonelada por hectárea y en la parte oriental que comprende el departamento de Santa Cruz, la producción de trigo en esta región surge en las décadas de los años setenta con rendimientos superiores a una tonelada por hectárea.

Sin embargo, durante la época republicana y la colonia, Bolivia era auto-sostenible de grano de trigo y harina, a partir, de los años 1870 y 1880 políticas de libre comercio permitían importar trigo del exterior a precios bajos, afectando al productor boliviano económicamente. Y en 1980 la harina Chilena invadía territorio boliviano llegando a las principales zonas de producción de trigo, siendo imposible competir con las importaciones; producto de estas políticas de libre comercio solamente entre el 10 y 30% de trigo que se consume es de origen nacional con un dramático crecimiento de las importaciones, el contrabando y las donaciones de trigo, estas socavaron la capacidad de producir y consumir trigo nacional (Herbas, 2008).

En los últimos años Bolivia empieza a mejorar la producción de trigo con programas que permitan ser autosuficiente en trigo, a través de instituciones privadas y públicas con el propósito de incrementar los rendimientos. En este contexto, el programa nacional de trigo parte de la INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal) inició procesos de investigación con la introducción de 812 líneas del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), con la finalidad de mejorar los rendimientos de grano, por su adaptación a los diferentes pisos ecológicos del país, la tolerancia a plagas y enfermedades y a factores abióticos adversos, para lograr variedades comerciales exitosas (INIAF, 2012), con ensayos en los diferentes pisos ecológicos, una de ellas, es el altiplano boliviano que conforman los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí que vienen siendo evaluadas sobre el comportamiento de las diferentes líneas de trigo (INIAF, 2014).

#### **2.4. Características morfológicas**

El trigo, es una planta anual monocotiledónea que pertenece a la familia de las gramíneas.

**Raíz:** Presentan un sistema radicular fasciculado, con numerosas ramificaciones bien desarrolladas, pueden alcanzar más de un metro de profundidad situándose la mayoría de ellos en los primeros 25 cm del suelo. Las raíces presentan dos orígenes; raíces

seminales que provienen del embrión ayudan en el desarrollo hasta el inicio del ahijamiento (macollos) y son temporales, posteriormente se desarrollan las raíces secundarias, a partir, de los nudos del tallo formando un sistema radicular definitivo, cumpliendo a función en la absorción del agua y nutrientes del suelo (Mateo, 2005).

**Tallo:** Presenta tallos erectos con estructuras de caña hueca en su interior excepto en los nódulos, el crecimiento de los tallos no es apical, si no que se produce por el alargamiento de los tejidos a medida que va desarrollando la planta. Según Montenegro (2012), indica, que en la actualidad existen trigos enanos con una altura de 25 a 30 cm, trigos semi-enanos con una altura de 50 a 70 cm y los trigos altos miden de 120 a 180 cm.

**Hojas:** Presentan hojas lanceoladas, alternas en dos filas a lo largo del tallo con vaina que envuelve al entre nudo y al limbo; el limbo, es una lámina triangular alargada con borde entero entre la vaina, donde se observa una pequeña lamina membranosa denominada lígula que cumple la función de impedir que la lluvia y los insectos puedan alcanzar los tejidos meristemáticos (Mateo, 2005). La longitud de las hojas pueden variar de 15 a 25 cm de largo y 5 a 1 cm de ancho (Solano, 2011).

**Inflorescencia:** Es una espiga situada en el extremo del tallo central compuesta por entre nudos cortos denominados raquis, con espiguillas envueltas por dos brácteas o glumas que en conjunto integran la inflorescencia, las flores son hermafroditas envueltas por dos glumillas palea y lema, la prolongación de las lemas forman las aristas muy largas en algunos genotipos (Martos, 1998).

**Fruto:** Es un grano cariósido seco e indehiscente con características que varían en forma pueden ser elípticas, ovaladas, ovoides, redondeada y oblongas; su tamaño puede varía de 4 a 10 mm, de color blanco a rojo con matices muy distintas que pueden llegar al color ámbar y al purpura; poseen surcos profundos en la cara ventral y apical con extremos redondeados (Mateo, 2005), estas características varían ampliamente según la variedad y la posición de las espigas (Gambarotta, 2005).

## **2.5. Fases de desarrollo del cultivo de trigo**

El trigo, durante el ciclo del cultivo produce cambios morfológicos como la aparición, transformación o desaparición de los órganos externos de la planta, durante este proceso

el cultivo presenta tres fases de desarrollo crecimiento vegetativo, crecimiento de la espiga o reproductivo y llenado del grano (Silva, 2011).

### 2.5.1. Fase vegetativa

**Emergencia:** Inicia con la absorción de agua desencadenando un incremento de la actividad fisiológica en la semilla y un crecimiento rápido de los meristemos presentes en el embrión, que dan como resultado la elongación de la radícula, y la aparición del coleóptilo, que dan lugar a las primeras hojas que emergen del ápice y pueden desarrollar raíces seminales. Para germinar necesita humedad, temperatura adecuada de entre 20-25°C y aire a su alrededor.

**Ahijamiento:** A partir, de la segunda y cuarta hoja el nudo de ahijamiento empieza a engruesar y se desarrollan los brotes secundarios llamados macollos; estos, luego de desplegar las primeras hojas generan su propio sistema de raíces y comienzan a independizarse progresivamente hasta formar una planta individual.

Los macollos tienen gran importancia agronómica, porque permiten recuperar las diferencias en el número de plantas en el cultivo (Acevedo *et al.*, 2002), además la disponibilidad hídrica y una alta oferta de N (nitrógeno) en esta etapa, favorece el crecimiento de los macollos (Bast *et al.*, 2005).

### 2.5.2. Fase reproductiva

La fase reproductiva, inicia cuando el ápice del tallo realiza cambios de estado vegetativo a reproductivo.

**Encañado:** El encañado, se produce cuando las temperaturas del ambiente empiezan a elevarse; por tanto, pierden la facultad de emitir macollos, y comienzan a alargarse los entrenudos del tallo hasta llegar a la madurez, esta etapa finaliza cuando los tallos completan su alargamiento con la aparición de la hoja bandera y con el inicio de la floración.

La primera evidencia de esta etapa, es cuando el ápice presenta un abultamiento en la parte media de la planta y los primordios de las espiguillas, inician su diferenciación como protuberancias en los ápices (Solís *et al.*, 2004).

**Espigado:** La espiga totalmente desarrollada se visualiza por debajo de la vaina de la hoja bandera; el cual, se subdivide en estados de bota, aristas visibles y espigas emergiendo entre las vainas de la hoja bandera, el espigado se completa mayor al 75% de espigas emergidas y posteriormente comienza la floración a los 4 y 5 días después del espigado (Miller, 1992). En este periodo, se produce la máxima actividad fisiológica, con la transpiración y extracción de humedad y elementos nutritivos del suelo.

Por tanto, la demanda de agua es vital para transportar sustancias de reserva a los granos del trigo, estas sustancias (azúcares) se encuentran en las hojas inferiores y van emigrando a los granos que se forman, mientras las hojas se van secando; debido a este proceso, la demanda de agua llega al máximo y las raíces pueden desecar la tierra con facilidad, por ello la disponibilidad hídrica es muy importante.

### **Llenado del grano**

El llenado de grano es conocido como la división celular del endospermo; desde que ocurre la fecundación hasta llegar la madurez fisiológica, los granos en un principio son acuosos, posteriormente llegan a un estado lechoso, estado pastoso, masa dura (madurez fisiológica), grano duro y madurez de cosecha; a partir de ello, el peso del grano decrece por pérdida de humedad hasta que permita su cosecha (Fraschina *et al.*, 2004). La duración del periodo del llenado de grano depende del genotipo y buena disponibilidad hídrica.

### **2.6. Importancia de los ensayos de adaptación y rendimiento**

La importancia de los ensayos de adaptación y rendimiento, tienen como objetivo desarrollar nuevas tecnologías que superen la producción, bajo diversas condiciones medioambientales. Por tanto, tiene como objetivo poner a prueba nuevas líneas o variedades obtenidas por los fitomejoradores, bajo diversas condiciones de suelo y clima, con el propósito de elegir aquellas que produzcan mejores resultados (Cuellar, 2001). En este sentido en Bolivia, el programa nacional de trigo viene trabajando en el mejoramiento genético del cultivo en diferentes zonas trigueras, al respecto el coordinador del Programa Nacional de Trigo Félix Marza, señaló “que las acciones (introducción de nuevas líneas de trigo en parcelas demostrativas) responden a la necesidad de llevar vacíos tecnológicos, siendo uno de ellos la red de ensayos de líneas elite a nivel nacional, que vienen siendo evaluadas por su adaptabilidad y estabilidad, que constituirán las nuevas fuentes de

tolerancia y productividad, sobre el que, se estructurará el desarrollo de nuevas variedades que podrán ser adoptadas por los productores” (INIAF, 2013).

Los estudios de adaptabilidad, se refieren a la evaluación de la respuesta diferencial de los genotipos, a la variación de las condiciones ambientales en diferentes localidades y años, para fines de mejoramiento mediante los cuales se hace posible identificar genotipos de interés (Abbott y Pistorale, 2011).

Según Herbas (2008), la adaptabilidad del cultivo de trigo se manifiesta en su capacidad de producir en un amplio rango de condiciones climáticas, espacios geográficos y características de suelos, aun con limitaciones en su fertilidad.

En este contexto, el trigo se cultiva en diversidad de ambientes en todo el mundo, desde las regiones templadas del sur de América y Oceanía, a través de regiones sub-tropicales hasta las zonas muy frías, desde el nivel del mar hasta altitudes cercanas a los 3000 m, su respuesta a los factores ambientales ha dado lugar a las modificaciones en su patrón de desarrollo, para ajustarse a cada combinación de condiciones ambientales y una característica muy importante de la adaptabilidad en el trigo, reside en su capacidad de detectar las estaciones para el desarrollo sea acelerado o retrasado en función del entorno (Slafer, 2013). Esa habilidad del cultivo de trigo de adaptarse en función del entorno, se llama adaptabilidad.

Sin embargo, la adaptación es un proceso y acción de cambio mediante, el cual un organismo procura una solución al problema para adecuarse al ambiente donde se desarrolla el cultivo. Es decir, que la adaptación es la reacción natural del genotipo, donde se logran combinaciones favorables de genes, que aumentan la capacidad productiva de una población, mediante las modificaciones en la estructura y función de las plantas, que les permitan al cultivo aumentar la probabilidad con el fin de sobrevivir y reproducirse en un ambiente determinado (Gonzáles, 2001, Cubillos, 2003, Dimitrijević *et al.*, 2002).

Según Joachim y Payne (2013), la adaptación en una extensa gama de ambientes, es muy importante para desarrollar cultivares que puedan hacer frente a los climas extremos que ocurren en un lugar a través de los años o con variaciones dentro de los campos del agricultor. Bajo estas condiciones, el ajuste fenológico es el principal mecanismo de adaptación del trigo, y puede evitar la reducción en el rendimiento y reducir las

oscilaciones de un año a otro, mediante características genéticas que enmascaren, mecanismos de compensación para lograr la mejor adaptación (Nazco, 2012).

## **Rendimiento**

El rendimiento, es una característica cuantitativo complejo que está influenciado en gran medida por las fluctuaciones ambientales; sin embargo, la selección de genotipos superiores en base al rendimiento, de por si, en una localidad en un año puede no ser muy eficaz (Orona *et al.*, 2013). Es así, que la evaluación de genotipos en ensayos de rendimiento es esencial en programas de mejoramiento genético.

Estos ensayos de rendimiento permiten hacer comparaciones objetivas entre materiales seleccionados frente a testigos locales, tomando en cuenta características individuales de los genotipos. Por tanto, tienen por objeto estudiar la productividad, estabilidad, consistencia y adaptación agronómica; ya que, a partir de la información recopilada a través de estos ensayos, se determinará que líneas serán liberados como nuevas variedades (Villaseñor *et al.*, 2010). Una variedad, es aquel genotipo que muestra una mayor productividad, un factor fundamental que se debe tener en cuenta para obtener buenos rendimientos, aun en condiciones desfavorables del ambiente en que se desarrollan los cultivares. No obstante, en la actualidad no simplemente se busca incrementar el potencial de rendimiento y ampliar el rango de adaptación ambiental del cultivo; si no, se hace énfasis en combinar genes asociados con alto potencial de rendimiento, resistencia a diversas enfermedades, tolerancia al estrés causado por factores ambientales y calidad industrial del grano (Aquino *et al.*, 2009).

Por lo que, un genotipo seleccionado por sus atributos para la producción, no dependen solo de los genes que constituyen, sino que también son el resultado del ambiente en el cual se desarrolla el cultivo, y la interacción entre el genotipo y el ambiente (Ferraguti, *et al.*, 2013).

En todo caso el rendimiento depende de las limitaciones impuestas por las condiciones de tiempo (clima), manejo y constitución genética, por consiguiente cuando se considera el potencial de rendimiento de una variedad en un sitio geográfico, suponemos que no hay limitaciones agronómicas a la expresión de su potencial, y el rendimiento es, limitado solamente por factores genéticos y ambientales, especialmente el fotoperiodo, la

temperatura y radiación solar, entre otros factores catastróficos como granizadas, que tienen efectos importantes sobre el potencial de rendimiento (Wall, 1998).

Es así, que la presencia de factores bióticos adversos (plagas, malezas, enfermedades) y restricciones abióticas adicionales como granizadas reducen determinadamente el nivel de rendimiento logrado en campo (Abeledo y Millares, 2011).

Entonces, el rendimiento potencial en un determinado ambiente puede ser evaluado de muy diversas maneras, el cual, constituyen los ensayos de evaluación de cultivares que se realizan a lo largo de los años, esta información permite cuantificar las tendencias de incremento que ocurre en los rendimientos potenciales, como progreso genético y su interacción con las nuevas tecnologías adoptadas. Según Días y Abadie (1998), indican que en las regiones altas del mundo, los mayores rendimientos se atribuyen a una mayor cantidad de horas luz durante en el periodo pre-antesis, entre diverso factores que podrían explicar ese comportamiento se atribuye a las temperaturas bajas registradas, siendo lo más relevante para determinar esa superioridad.

Por lo que, el rendimiento de trigo varía de acuerdo a los genotipos, que en algunos casos pueden presentar mayores rendimientos que la media, y emplearse en la siembra comercial, material de partida muy importante en un programa de mejoramiento genético (Balbuena *et al.* 2008).

Según Gallego (2013), el rendimiento del cultivo de trigo, se genera en el trascurso de tres periodos de crecimiento de la planta; primeramente el cultivo debe llegar al inicio del periodo de crecimiento de las espigas interceptando el 90 % de la radiación recibida; un segundo momento durante el crecimiento de las espigas, que es cuando se determina el número de granos, mientras que las temperaturas bajas y alta radiación podrían prolongar el crecimiento de la espiga y el rendimiento se completa durante el periodo de llenado de grano.

Según Acevedo (2010), indica que el rendimiento depende fundamentalmente del número de estructuras reproductivas a cosecha y que la formación de estas estructuras reproductivas finales está determinada por la fuente (capacidad fotosintética potencial) de la planta. Es decir, que la acumulación de materia seca es fundamental en el rendimiento de trigo, porque parte de esos productos fotosintéticos serán distribuidos por los asimiladores hacia las espigas derivando a los granos. Dando como resultado el

rendimiento final del cultivo de trigo y puede definirse como el producto entre el peso de los granos y el número de granos (García *et al.*, 2005).

## **2.7. Productividad**

La productividad, es un concepto que describe la capacidad o el nivel de producción por unidad de superficie de tierra cultivada; sin bien, es válido para otros sectores de trabajo o equipos industriales. Este planteamiento no se adapta al caso de la tierra, ya que puede responder de diferente manera a los estímulos a los que, se le somete mediante la adición de insumos o las modificaciones ambientales, especialmente en la agricultura el factor fundamental es el suelo que tiene un sistema de producción con elementos vivos y que utilizando energía y otros insumos produce biomasa; por lo tanto, posee una productividad propia e independiente de aquella del sistema económico (Bifani, 1999), la productividad biológica, es el almacenamiento de energía por la actividad fotosintética en forma de materia orgánica, que es incorporada y convertida en diferentes tejidos de la planta.

La productividad biológica, se refiere a la cantidad de materia orgánica que el cultivo produce y la productividad económica es parte de la primera y se refiere a la producción de órganos de importancia económica como el grano de los cereales. Es decir, la productividad económica de la planta tiene una relación directa con la producción biológica; porque, es parte directa del proceso fotosintético a través del cual, las plantas transforman la energía solar en sustancias orgánicas y pueden incrementar la productividad, y contribuir al bienestar de los agricultores (Souza *et al.*, 1995).

Esta relación entre productividad biológica y económica, no viene determinada por una variedad; sino, que dependerá de las condiciones físicas, biológicas, químicas, y en general ambientales. Según Peña *et al.* (2007), las características de productividad y la calidad de trigo, están controladas principalmente por las propiedades genéticas de las variedades cultivadas, pero pueden ser modificados negativa o positivamente por el manejo agronómico y por las condiciones climatológicas que prevalecen durante el ciclo del cultivo. Según Castro *et al.* (2011), indican que cuando se mejoran características relacionadas con la productividad, suele intentarse una selección indirecta a través de los componentes de rendimiento y es importante saber si al seleccionar una característica se modifica otra que esta correlacionada, ya que las modificaciones negativas pueden neutralizar los esfuerzos del mejorador.

## 2.8. Componentes del rendimiento

El rendimiento puede ser estudiado desde dos perspectivas complementarias, a través de sus componentes fisiológicos o desde sus componentes numéricos, estos dos enfoques han sido utilizados para estudiar cambios en el rendimiento a lo largo del mejoramiento genético y se espera que faciliten la identificación de características que permitan continuar con la mejora del rendimiento. Según Lujan (2013), señala que los componentes de rendimiento se generan de forma secuencial durante el desarrollo de la planta, el cual otorga la capacidad de compensar efectos adversos que ocurran en los primeros estadios de desarrollo.

La fisiología vegetal de los cereales en la formación del rendimiento, es producto de un balance complejo entre el desarrollo de los componentes del rendimiento, la comunicación entre la fuente (capacidad fotosintética de la planta) de asimilados y el destino (capacidad potencial para utilizar esos productos fotosintéticos) de los mismos, la asimilación por parte del cultivo y el transporte de asimilados, está ligada a la fenología y a la arquitectura de la planta (Blum, 2013). Los componentes numéricos del rendimiento se resumen en dos fracciones número de granos y el peso individual de granos para tener un alto rendimiento en zonas variables (Fernández, 2008).

En el cultivo de trigo a lo largo del ciclo, se produce una gran cantidad de procesos que están relacionados con los cambios fisiológicos y morfológicos que se observan a simple vista. La etapa reproductiva sin duda, es la más importante en términos de generación de componentes de rendimiento, durante esta etapa se define el número de espigas por  $m^2$ , el número de granos por espiga (Millares, 2004), granos por espiguillas, espiguillas por espiga, espigas por planta, plantas por  $m^2$  y peso de los granos (Hewstone, 2003).

Sin embargo, estos componentes están determinados por ciertas condiciones ambientales, fisiológicas y manejo del cultivo. Según Sánchez (2011), indica, que el número de espigas está determinado por el ambiente, densidad de siembra y dosis nitrogenada, así como el número de granos por espiga depende de la producción de espiguillas y flores fértiles en antesis; mientras, que el llenado del grano se define durante diez días después de la antesis y durante la etapa del llenado de grano, esta variable puede ser limitada al acelerar la senescencia foliar y disminuir la duración del crecimiento del grano, ya que disminuye la conductancia de la hoja, la fotosíntesis neta y la disponibilidad de asimilados debido a las altas temperaturas y al déficit hídrico. Castañeda

*et al.* (2004), observaron que las temperaturas bajas durante la antesis influyen en la iniciación floral, porque requieren más tiempo para alcanzar esta etapa, por el contrario las temperaturas altas durante la post-antesis reflejarían en un menor duración a madurez fisiológica y madurez comercial.

La espiga, es una característica muy valiosa en términos de rendimiento de grano, donde el tamaño final de la espiga está ligado al número de flores fértiles. La duración de la fase de crecimiento de la espiga conduciría a un incremento del peso seco de las espigas en antesis, aumentando el número de flores fértiles y por tanto, el número de granos logrados en las espigas, siendo una alternativa muy importante para aumentar el rendimiento potencial del cultivo de trigo (González *et al.*, 2003).

El peso del grano, es un componente que puede afectar el rendimiento final del cultivo y se define en un periodo de tiempo muy acortado entre la etapa de floración y madurez fisiológica del cultivo. Según Mundstock (1998), el peso de los granos es una característica propia del genotipo y puede ser afectado por las condiciones del cultivo al final del ciclo, sin embargo esta característica se debe al peso de la planta en floración debido a la acumulación de materias seca en esta etapa.

Según Gutiérrez *et al.* (2006), el peso de mil semillas es un parámetro útil para seleccionar variedades con buena calidad física y fisiológica; porque, variedades con mayor peso y tamaño tienden a acumular mayor cantidad de materia seca. Según Cáceres (2010), indica, que esta variable tiene una gran importancia en el rendimiento de grano y puede llegar a pesar mil semillas 45 gramos en promedio.

Las variables tamaño y peso de los granos están relacionadas a un mayor tamaño del grano, no obstante en semillas no es tan simple por lo que el tamaño no es equivalente a masa del grano, menos aún al peso hectolítrico más bien estaría relacionada con el rendimiento de harina, esta relación varía en los trigos de diferentes clases y del origen (Hevia, 2003).

El potencial de rendimiento es un genotipo adaptado, crecido en condiciones óptimas es muy útil en los avances del rendimiento de trigo, particularmente si las tensiones son leves, donde los componentes del rendimiento se combinan entre sí (Acevedo *et al.*, 2002).

La diferencia en el rendimiento de grano y sus componentes de los genotipos se debe a su origen geográfico y genético diferente, la interacción con el medio ambiente con las siguientes variables como la floración, altura de planta, peso de mil granos, peso hectolítrico y rendimiento a través de los ambientes fue diferente y que podría enmascarar la identificación de genotipos sobresalientes (Balbuena *et al.*, 2008).

## **2.9. Selección de líneas elite**

Las líneas élite, son aquellas que ya han sido mejoradas y presentan buenas características agronómicas (Biotecnología). Y estas líneas son los materiales más avanzados en los programas de mejoramiento, que exhiben un alto potencial de rendimiento de grano.

Las líneas elite, pueden ser evaluadas en diferentes ambientes, aquellos mejor amortiguados contra los estrés altamente variables serán seleccionados en programas de mejoramiento y como cultivares potenciales para más pruebas (Joachim y Payne, 2013). Es así, que la adaptación del germoplasma en diferentes localidades ha permitido que el vivero sea utilizado como una fuente de selección amplia de líneas, durante los años (Kohli *et al.*, 2003).

Por lo tanto, el mantenimiento de grandes poblaciones en generaciones tempranas es uno de los aspectos que requiere de mayores e intensivos recursos en el mejoramiento de plantas, las técnicas de discriminación entre líneas, sobre la base de características fisiológicas complementarias podría aumentar su eficiencia esta etapa, ya sea permitiendo desechar materiales inferiores o aumentando la frecuencia de genes asociados con una expresión superior de caracteres útiles; es decir, que integren características morfológicas que caracterizan a una planta agronómicamente eficientes en una planta (Reynolds *et al.*, 2013).

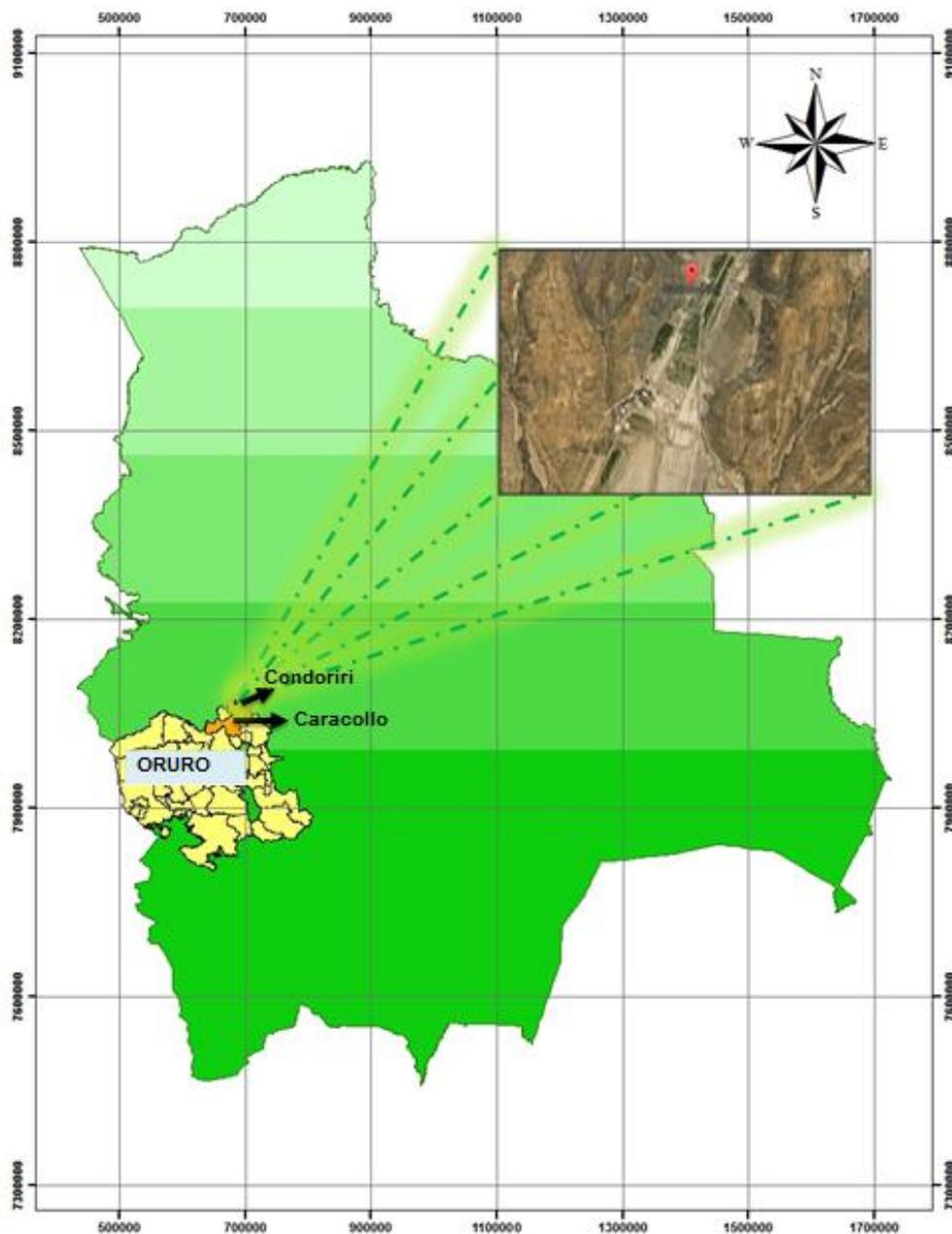
La selección de líneas de trigo mejoradas se basa exclusivamente en la información agronómica, sobre la base de caracteres fenotípicos que puedan estar correlacionados con el rendimiento de grano, para identificar las líneas que superen el promedio (Capdevielle, 2003, Verges, 2003). Por lo tanto, estas líneas avanzadas, muestran substancialmente genotipos con alto rendimiento de grano en los ensayos élite, proporcionan y permiten la selección de candidatos a variedades, el comportamiento excepcional de líneas bajo

condiciones en que se desarrollan, tienen que ser considerados para la identificación de candidatos para su liberación (Pfeiffer y Peña, 2004).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del estudio

La investigación, se realizó en el Centro Experimental Agropecuario Condoriri, dependiente de la Universidad Técnica de Oruro (UTO) a 12 km del noreste de Caracollo capital de la primera sección de la provincia Cercado, del departamento de Oruro, situada entre las coordenadas a  $17^{\circ}32'13.64''\text{S}$  y  $67^{\circ}14'8.12''\text{O}$  y a una altitud de 3830 msnm.



Fuente: Elaboración propia (Mapas SIG)

## **Características Ecológicas**

Según FAM – Boliva (s.f.), publicado en el Plan de Desarrollo Municipal de Caracollo, las características ecológicas de la zona presentan:

### **Clima**

En la zona es predominante el frío, la falta de humedad que limitan el crecimiento de la vegetación, presenta aridez casi en toda la topografía, según el sistema de clasificación de climas de Thom Waithe, el clima corresponde al tipo micra terma, con una estación fría definida y baja humedad en los meses de mayo a septiembre. Según los reportes de la estación meteorológica: 852420 (SLOR) en los últimos 6 años (2008-2014) la temperatura media anual alcanzó 12.2°C, mientras que la temperatura máxima media anual fue 19.1°C, con una humedad relativa de 42.9% y una precipitación acumula de 520 mm año (Clima en Oruro).

### **Suelo**

Presenta suelos en formación in situ aluvial sedimentaria, con formación de terrazas, pendientes que varían, de moderadamente inclinadas a inclinadas (mayor a 15%), la textura del suelo varia de franco arcilloso a franco arenoso, suelos que tienen aptitudes para la agricultura secano y bajo riego.

### **Flora**

En la zona existe diferentes especies predominantes como la paja brava (*Festuca orthipilla*), chillihua (*Festuca dolichophylla*), paja suave (*Festuca, ichu*), muña (*Satureia boliviensis*), añahuaya (*Adesmia soinosissima*), Kanlla (*Parastrephia quadranaulare*), k'ita tabaco (*Nicotiana* sp), kela (*Astraaalus aarbancillo*), cola de ratón (*Ordeum andicola*), cebadilla (*Bromus unioloides*), layu (*Trifolium amabilis*), reloj reloj (*Erodium cicutarum*), kauchi (*Suade foliosa*), quinua silvestre (*Chenopodium* sp.), papa silvestre (*Solanum* sp.), etc.

### **3.2. Material de campo**

Los materiales de campo utilizados fueron: tractor agrícola, rastras de arar, discos de mullir, rastrillos, picotas, chuntillos, estacas, letreros, combo, huincha (50 m), fexómetro (5

m), bolsas de yute, hoz, sobres de papel cartoncillo (30\*20 cm), marbetes y libros de campo.

### **3.3. Material de laboratorio**

Se utilizaron balanzas de precisión de 0.001 g y 5 kg.

### **3.4. Material de gabinete**

Se usó, cámara fotográfica digital, marcadores indelebles, bolígrafos, lápiz, vernier y regla.

### **3.5. Material genético**

Se utilizó, un set de tres viveros: 19<sup>TH</sup> SAWYT, 20<sup>TH</sup> SAWYT y 32<sup>ND</sup> ESWYT (de alto potencial de rendimiento) provenientes del CIMMYT, introducidas por el Programa Nacional de Trigo INIAF para su evaluación.

Los viveros 19<sup>TH</sup> SAWYT y 20<sup>TH</sup> SAWYT corresponden a (Ensayos de rendimiento de trigo en zonas semiáridas), donde cada vivero integra 14 líneas experimentales de trigo (Anexo 1 y Anexo 2).

El vivero 32<sup>ND</sup> ESWYT corresponde a (Ensayo elite de rendimiento de trigo de primavera), con 14 líneas experimentales de trigo (Anexo 3).

La variedad Tepoca 89 (T-89) fue seleccionada como testigo regional; material que fue desarrollada por el Programa Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el cultivo de Trigo (PROTRIGO) con características de buen rendimiento, tamaño y uniformidad de los granos.

### **3.6. Metodología**

#### **3.6.1. La preparación del terreno**

La preparación del suelo se realizó con un arado de disco a una cierta profundidad removiendo la estructura en su capa arable incorporando los residuos vegetales que se encuentran en el área, con el propósito de permitir una mayor aireación, mayor actividad microbiana y facilitar las operaciones posteriores.

Posteriormente se rastreó el suelo removido con un arado de discos para mullir, mediante la desintegración de los terrones formados, que permitirán una buena emergencia de las plántulas de trigo y un mejor desarrollo de los raíces.

### **3.6.2. Fecha y método de siembra**

La siembra, se realizó el 01 de septiembre de 2013, los ensayos se establecieron en surcos de 4 m de longitud, con separación de 25 cm entre surcos y luego se realizó la siembra de forma manual a chorro continuo, depositando a una profundidad de 5 cm aproximadamente y posteriormente se tapó inmediatamente con la ayuda de un rastrillo. Los tratamientos se establecieron cada cinco surcos, con una densidad de siembra a razón de 100 kg.ha<sup>-1</sup>.

### **3.6.3. Fertilización**

Se realizó aplicación de fertilizantes granulados en el momento de la siembra a razón de 100 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfato di amónico (18-46-0) y 50 kg.h<sup>-1</sup> de Urea (46-0-0).

### **3.6.4. Labores culturales**

Las parcelas experimentales se mantuvieron en lo posible libre de malezas; en el cual, hubo la necesidad de realizar a los ensayos varios deshierbes de forma manual, permitiendo al cultivo de trigo un mejor desarrollo y posteriormente un buen rendimiento de grano.

### **3.6.5. Cosecha y trilla**

La cosecha del cultivo de trigo se realizó posterior a la madurez fisiológica, después de haber alcanzado la madurez de cosecha, el cual se llevó de forma manual auxiliándose con un hoz, cada 5 surcos a 10 cm de la superficie del suelo, teniendo cuidado de que no se mezclen las líneas de trigo.

Luego se procedió a trillar las muestras cosechadas por cada tratamiento (líneas) luego se recogió en bolsas de papel cartoncillo previamente etiquetadas y venteadas, dejando el grano libre de impurezas para poder evaluarlas en gabinete.

### **3.6.6. Variables en estudio**

En los ensayos establecidos, se evaluaron las variables: a) fisiológicas o característica agronómicas de adaptación; b) componentes de rendimiento; c) rendimiento potencial y d) características de calidad. Estas variables son la base para el mejoramiento genético y es utilizado el Programa Nacional de trigo-INIAF, para evaluar ensayos del cultivo de trigo (Marza y Quispe, 2013).

#### **a) Características agronómicas de adaptación**

##### **Altura de la planta (AP)**

La variable altura de planta, se registró cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica, en cada unidad experimental, se midió desde la base del suelo hasta la base de la espiga menos las aristas, donde se eligieron cinco plantas de trigo. El promedio de los resultados se expresaron en cm, dejando el efecto borde, un surco a cada lado y a los extremos laterales un metro de izquierda a derecha.

##### **Longitud de espiga (LE)**

La longitud de las espigas, se determinó en las hileras centrales de cada unidad experimental, eligiendo cinco espigas al azar, se procedió a medir la longitud desde el punto de inserción del raquis de la espiga hasta la espiguilla superior sin considerar las aristas, esta evaluación se realizó en la madurez fisiológica y se promediaron las lecturas en cm.

##### **Densidad de la espiga (DES)**

La densidad de la espiga, se evaluó de forma visual en campo, una vez que el cultivo alcanzó la madurez fisiológica, en cada uno de los tratamientos mediante la siguiente escala: 1 = Muy Laxa; 2 = Laxa; 3 = Intermedio; 4 = Compacta y 5 = Muy compacta.

##### **Tipo de grano (TGR)**

Se evaluó en gabinete posterior a la cosecha, clasificándola según el llenado de grano que alcanzaron durante la madurez fisiológica. De acuerdo a la siguiente escala: 1 = muy chupado; 2 = chupado; 3 = casi lleno; 4 = lleno; 5 = Muy lleno.

**Tamaño de grano (TG)**

Los granos obtenidos de la muestra, se midieron con la ayuda de un vernier en milímetros sin discriminación alguna. Según la escala de clasificación de granos: 1 = Grano pequeño (< 6 mm); 3 = Grano mediano (6 - 7 mm) y 5 = Grano grande (> 7 mm).

**Reacción al acame (RA)**

Se determinó midiendo la inclinación de las plantas, tomando como acame toda planta con una inclinación mayor de los 40 grados de acuerdo al poder de recuperación a su estado normal. Clasificándose en: 1= Muy Susceptible; 2 = susceptible; 3 = moderadamente tolerante; 4 = tolerante; 5 = muy tolerante.

**Reacción al desgrane (RD)**

Se evaluó una vez alcanzado la madurez fisiológica de la planta de trigo, mediante una valoración visual de la espiga. Clasificándose en: 1= Muy Susceptible; 2 = susceptible; 3 = moderadamente tolerante; 4 = tolerante; 5 = muy tolerante.

**b) Componentes de rendimiento****Número de espigas por m<sup>2</sup> (NEM)**

Se contabilizó en las tres hileras centrales, en diferentes puntos, el conteo se realizó a un metro lineal y se registró las espigas. Tomando tres muestras en cada 0.25 m<sup>2</sup> (1m de longitud de hilera x 1 hilera x 0.25 m distancia entre sucros), las muestras se promediaron.

**Número de espiguillas por espiga (NEE)**

Se recolectaron al azar cinco muestras de espigas previamente etiquetadas, posteriormente se realizó el conteo de las espiguillas y se promedió del número de espiguillas por espiga.

**Número de granos por espiga (NGE)**

Se utilizó las muestras recolectadas para el conteo del número de espiguillas por espiga. Se procedió a desgranar las espigas individualmente y se contabilizaron los granos de cada espiga, posteriormente se promedió el número de granos por espiga.

**Peso de mil granos (PMG)**

Se tomó una muestra y se procedió con el conteo de 100 granos con tres repeticiones y se promedió el peso y luego multiplicar x 10, dato que registró el peso de 1000 granos para cada tratamiento, sin discriminación alguna expresado en gramos.

**c) Rendimiento potencial****Rendimiento en grano  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (RDTO)**

El rendimiento de grano se evaluó en gabinete, pesando la cantidad total de los granos obtenidos de los surcos (5 surcos) por cada unidad experimental, se promedió las tres repeticiones y se anotó el dato correspondiente para cada línea en gramos por parcela útil y posteriormente transformarlos en kilogramos por hectárea.

**d) Características de calidad****Peso hectolítrico  $\text{kg}\cdot\text{hL}^{-1}$  (PH)**

El peso hectolítrico, se determinó en gabinete al pesar un litro de semilla, con la ayuda de un cilindro y el resultado se multiplico por 100 para obtener los kilogramos de semilla por hectolitro.

**3.6.7. Diseño Experimental**

Los ensayos se establecieron bajo el diseño de bloques completos al azar con 15 tratamientos y tres repeticiones, teniendo en cada parcela experimental las siguientes dimensiones 18.75 m de longitud y 14 m de amplitud, con una separación de pasillos entre bloques de 1 m, bloques con 18.75 m de largo y 4 m de ancho, divididas en 15 unidades experimentales, formado por 5 surcos, con longitud de 4 m y separación entre surcos de 25 cm (Anexo 4).

**3.6.8. Análisis estadístico**

Se realizó un análisis estadístico descriptivo, análisis de varianza y análisis de componentes principales, para cada vivero por separado.

**a) Análisis descriptivo**

Se realizó, un análisis descriptivo de las variables cuantitativas y cualitativas, considerando las medidas de tendencia central y medidas de dispersión. Las variables cualitativas se evaluaron mediante la tabla de frecuencias en porcentajes para lograr una buena interpretación de las mismas, y en las variables cuantitativas, se analizaron mediante la media, mínima, máxima, desviación estándar y coeficiente de variación.

**b) Análisis de varianza (ANVA)**

Las variables registradas, se evaluaron individualmente separado mediante un análisis de varianza (ANVA) para diferenciar la varianza de los genotipos en cada vivero, este análisis, se efectuó bajo el diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones, cuando se detectó diferencias estadísticas significativas entre líneas, se realizó la prueba de medias de Duncan al ( $p < 0.05$ ).

**c) Análisis de componentes principales**

A partir, de la media aritmética de cada ensayo, las variables fueron utilizadas para someter a una prueba de análisis de componentes principales (ACP). Los datos fueron estandarizados y su estructura de correlaciones fue sometida a la descomposición de valores singulares. Posterior a la estandarización de datos, el biplot se analiza bajo la estructura de una matriz de datos (varianzas y correlaciones), compuesta de unidades taxonómicas (líneas de trigo) asignadas a las hileras y los valores de las variables a las columnas.

Esta gráfica del biplot permite la determinación visual y confiable de la existencia de patrones entre las líneas, como resultado de sus variables e indica que variables separan por la magnitud de sus ángulos que forman entre vectores, donde ángulos de  $90^\circ$  muestran no correlación,  $0^\circ$  ó de  $180^\circ$  indica correlación de 1 ó -1, puntos cercanos en un mismo cuadrante están correlacionados positiva y significativamente.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Características agronómicas y de productividad del ensayo 19 SAWYT

#### 4.1.1. Análisis estadístico descriptivo de variables cuantitativas

Los resultados obtenidos en la evaluación sobre el comportamiento de líneas de trigo, se describen en el Cuadro 1, en función a las variables cuantitativas, en las que se muestran el comportamiento de los datos respecto a la media, a través de la media, desviación estándar, observación de mínimas y observaciones de máximas, asimetría y curtosis.

Cuadro 1. Estadística descriptiva de características agronómicas y de componentes de rendimiento de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero internacional 19 SAWYT introducidas del CIMMYT y de la variedad Tepoca 89, evaluadas en el altiplano central de Bolivia durante la campaña agrícola 2013-2014.

Descriptores	Abre.	Media	Desv. típ.	Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo
Altura de planta <sup>¥</sup>	AP	77.54	5.9	0.05	-0.50	65.0	92.2
Longitud de espiga <sup>¥</sup>	LE	8.39	0.8	-0.29	-0.39	6.50	9.8
Numero de espigas por m <sup>2</sup>	NEM	382.00	91.3	0.00	-0.60	199.0	548.0
Numero de espiguillas por espiga	NEE	13.00	1.6	-0.48	-0.44	10.0	16.0
Numero de granos por espiga	NGE	33.00	7.9	0.47	0.06	19.0	52.0
Peso de mil granos <sup>£</sup>	PMG	37.42	3.4	-0.10	-0.57	30.0	45.0
Rendimiento <sup>®</sup>	RDTO	1212.36	245.08	1.00	-0.42	994.0	1776.0
Peso hectolítrico <sup>Ⓜ</sup>	PH	70.00	3.2	0.13	0.39	64.0	79.0

<sup>¥</sup>centímetros (cm).

<sup>£</sup>gramos (g).

<sup>®</sup>kilogramos por hectárea (kg.ha<sup>-1</sup>).

<sup>Ⓜ</sup>kilogramos por hectolitro (kg.hL<sup>-1</sup>).

Las características agronómicas y de productividad, se distinguen por su comportamiento en campo, la altura de planta alcanzó en promedio 77.54 cm con un mínimo de 65 cm y un máximo de 92.2 cm, mientras que la longitud espiga en promedio fue 8.39 cm, que varía entre 6.5 y 9.8 cm de longitud.

El número de espigas por m<sup>2</sup> fue 382 espigas en promedio con un mínimo de 199 y un máximo de 548 espigas, con 13 espiguillas en promedio con un mínimo de 10 y un máximo de 16 espiguillas. El número de granos por espiga alcanzó en promedio 33 granos, esta puede variar entre 19 y 52 granos, el peso de mil granos registró 37.42 gramos en promedio, variando entre 30 a 45 gramos.

Estas variables registradas son de gran importancia para lograr el máximo potencial de rendimiento de grano, y permiten seleccionar aquellas líneas que posean características de interés productivo. Pero los eventos climáticos pueden afectar considerablemente al cultivo durante el ciclo, en especial en la etapa antesis y post-antesis (granizadas, déficit hídrico, etc.), teniendo una influencia directa sobre el rendimiento y la productividad del cultivo con valores considerados extremos.

El rendimiento promedio fue 1212.36 kg.ha<sup>-1</sup>, este es producto del comportamiento de las características agronómicas evaluadas, mostrando una variación del rendimiento entre 994 a 1776 kg.ha<sup>-1</sup>, los resultados obtenidos pueden atribuirse a las condiciones ambientales en la zona y al comportamiento de las líneas. El peso hectolítrico en promedio fue 70 kg.hL<sup>-1</sup> esta varía entre 64 y 79 kg.hL<sup>-1</sup>.

#### 4.1.2. Análisis de varianza de características agronómicas y de productividad del ensayo 19 SAWYT relacionadas con la adaptabilidad

##### 4.1.2.1. Altura de planta

En el análisis de varianza realizado para variable altura de planta Cuadro 2, no muestran diferencias estadísticas significativas entre líneas de trigo harinero. El promedio general obtenido fue 77.5 cm, con un coeficiente de variación del 7.7% el cual, está dentro del rango de variación aceptable.

Cuadro 2. Análisis de varianza individual de las variables cuantitativas de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero 19 SAWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89 (T-89), evaluadas en la gestión agrícola 2013-2014 en el altiplano central boliviano. Las variables evaluadas son: Altura de planta (**AP**), longitud de espiga (**LE**), número de espiga por m<sup>2</sup> (**NEM**) y número de espiguillas por espiga (**NEE**)

FV	GL	CM							
		AP	Pr > F	LE	Pr > F	NEM	Pr > F	NEE	Pr > F
<b>BLOQ</b>	2	79.1296	0.1281ns	1.2827	0.1471ns	8517.8	0.4376ns	4.0222	0.2058ns
<b>ENTRY</b>	14	27.534	0.6904ns	0.8996	0.1993ns	4994.4	0.9138ns	3.2698	0.2361ns
<b>E. EPX.</b>	28	35.7562		0.6246		10004		2.4032	
<b><math>\bar{X}</math></b>		77.54		8.39		382		13.44	
<b>C.V.</b>		7.70%		9.40%		26.18%		11.53%	

CM: Cuadrado medio

ns: no significativo

Pr: Nivel de significancia al 5%

Como se puede apreciar en el cuadro anterior no existen diferencias estadísticas significativas por la homogeneidad encontrada entre tratamientos en altura de planta. Sin

embargo, existen genotipos con altura por encima o debajo de la media general Figura 1, es así, que las líneas L-330, L334 y L-349 se ubican con registros más elevados respecto a la media, mientras que las líneas L-331, L-332 y L-333 representan menor altura de planta. En cuanto, a la variedad local Tepoca 89 o L301 registró una altura de 77.4 cm por debajo de la media. Este comportamiento, puede ser debido al carácter genético de las líneas de trigo en respuesta a las condiciones ambientales donde se desarrolló el cultivo de trigo.

La altura de planta, es un atributo muy importante en la selección de líneas de trigo, porque está relacionada a la cantidad de biomasa que acumula durante el desarrollo del cultivo. Sin embargo, estas variaciones que existen entre las diferentes líneas de trigo harinero pueden asociar atributos favorables erróneamente, y confundir los datos modificando el crecimiento y partición que no benefician al rendimiento de grano.

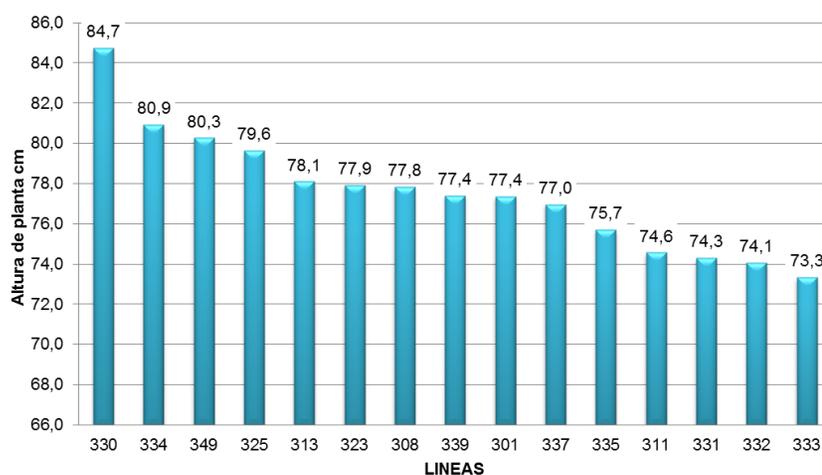


Figura 1. Altura de plantas de 14 líneas de trigo harinero y una variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

Según Moñocopa (2012), indica que la altura de planta es muy importante, porque está directamente relacionada con las pérdidas en la cosecha, por acame, granizadas y vientos que se presentan en la zona altiplánica.

#### 4.1.2.2. Longitud de espiga

En el análisis de varianza para longitud de espiga Cuadro 2, se puede apreciar que no existen diferencias estadísticas significativas entre líneas "tratamientos". La longitud promedio fue 8.4 cm y con un coeficiente de variación de 9.4%; que como resultado la

longitud de espiga puede influir en un bajo o máximo número de granos por espiga y por ende puede afectar en el rendimiento de grano.

Los resultados obtenidos muestran una homogeneidad dentro de los tratamientos, sin embargo, se puede observar aquellas líneas que presentan buena longitud de espiga, como es el caso de las L-313, L-308 y L-311 como las mejores respecto a las líneas L-332, L-335 y L-333 que muestran espigas relativamente cortas. En cuanto a la variedad local Tepoca 89 o L-301 se sitúa debajo de la media general obtenida Figura 2.

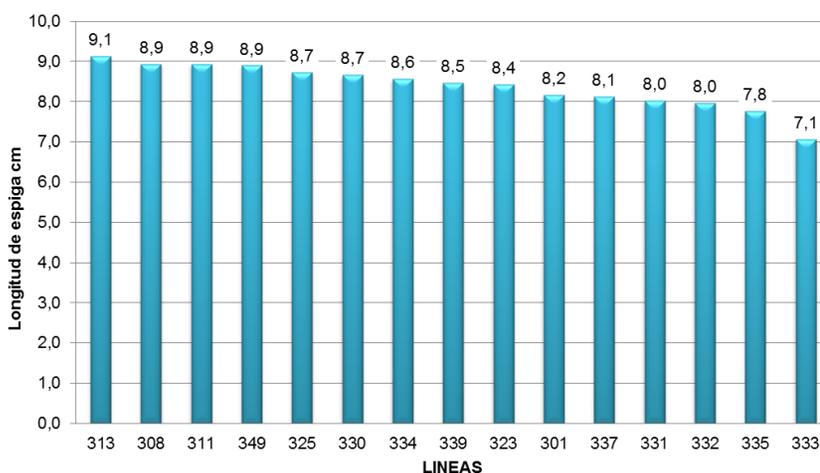


Figura 2. Longitud de espiga de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluadas en condiciones del altiplano central boliviano, en la gestión agrícola 2013-2014

La longitud de espiga entre las líneas de trigo guarda una relación directa con el número de espiguillas por espigas, el cual está asociada directamente con el aumento en el número de granos y por ende con el rendimiento final del grano. Según Quispe (2011), en condiciones del altiplano norte boliviano, observó líneas de trigo con longitudes que varían entre 5 a 5.9 cm las más cortas y las longitudes más largas oscilarían entre 8.3 a 9.1 cm.

#### 4.1.2.3. Numero de espigas por m<sup>2</sup>

El análisis de varianza del número de espigas por m<sup>2</sup> Cuadro 2, no muestran diferencias estadísticas significativas entre líneas o entradas de trigo harinero. El promedio general obtenido fue 382 espigas por m<sup>2</sup>, la productividad de esta variable depende del número de macollos por planta, el cual, se debe a un factor genético propio de cada línea y la fertilidad de los macollos depende de las condiciones climáticas y nutricionales, que al

final pueden influir directamente en el rendimiento de grano. El coeficiente de variación fue 26.2% en condiciones del campo.

El comportamiento de las líneas de trigo puede variar de acuerdo al ambiente donde se desarrolla, es así, que las líneas con un buen número de espigas fueron: las L-330, L-334 y L-311 con unidades que varían de 431, 427 y 397 espigas, respecto a las líneas L-308, L-335 y L-323 que registraron un número de 338, 335 y 317 unidades por área con un reducido número de espigas. En cuanto, a la variedad local Tepoca 89 o L-301 registró 375 espigas por m<sup>2</sup> que se ubica debajo de la media general Figura 3.

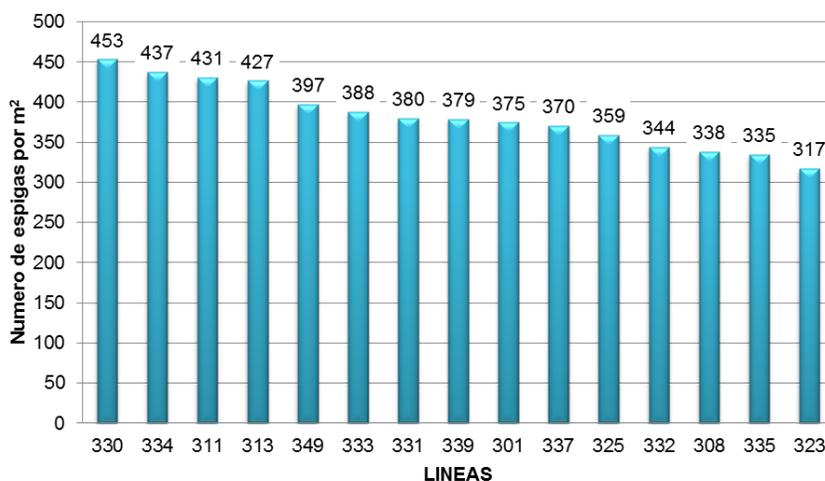


Figura 3. Número de espigas por m<sup>2</sup> de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano, en la gestión agrícola 2013-2014

La obtención del número de espigas por m<sup>2</sup> se debe a diferentes factores, entre ellos el número de macollos que produce cada genotipo, fertilidad de macollos y a las condiciones ambientales en el que se desarrollan los cultivos. Según Trigo Check (2011), a través de datos recopilados en la región de la Araucanía Chile, indica que los valores óptimos pueden fluctuar entre 450 y 550 espigas/m<sup>2</sup> para obtener altos rendimientos de grano.

#### 4.1.2.4. Número de espiguillas por espiga

El análisis de varianza del número de espiguillas por espiga Cuadro 2, muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre líneas de trigo harinero. El promedio general obtenido para las líneas de trigo fue 13 espiguillas por espiga y con un coeficiente de variación del 11.5%, que está dentro de los rangos de variación permitidos.

Esta es una variable muy importante que puede definir el número de granos por espiga, e influir en el rendimiento final del cultivo. Por tanto, en la Figura 4 se puede observar líneas de trigo que poseen buen número de espiguillas por espiga, las cuales son: L-349, L-323 y L-330 con un promedio de 15 espiguillas respectivamente; mientras, que las líneas L-301 (T-89), L-339 y L-333 registran entre 12 y 11 unidades por espiga, con un reducido número de espiguillas.

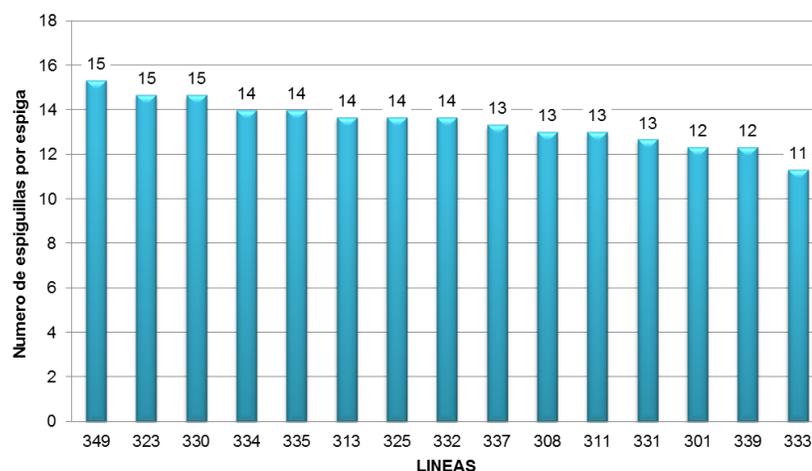


Figura 4. Número de espiguillas por espiga de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluadas en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

El número de espiguillas por espiga determina el número de granos por espiga, siendo un componente muy importante en el rendimiento de grano, el cual depende de las características del comportamiento de genotipo y condiciones ambientales en el que se desarrolla el cultivo. Al respecto Zeeshan *et al.* (2014), indican que esta variable contribuye al rendimiento de grano, siendo una medida confiable de mayor rendimiento y puede ser utilizado como criterio de selección.

#### 4.1.2.5. Número de granos por espiga

El análisis de varianza para el número de granos por espiga Cuadro 3, presento diferencias estadísticas significativas entre las diferentes líneas de trigo harinero. El promedio general obtenido fue de 33 granos por espiga y con un coeficiente de variación del 20.1% para el numero de granos por espiga.

Cuadro 3. Análisis de varianza individual de las variables cuantitativas de las líneas avanzadas de trigo harinero del vivero 19 SAWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89 (T-89), evaluadas en la gestión agrícola 2013-2014. Las características agronómicas y de productividad relacionadas con la adaptabilidad son: número de granos por espiga (**NGE**), peso de mil granos (**PMG**), rendimiento (**RDTO**) y peso hectolítrico (**PH**)

FV	GL	CM							
		NGE	Pr > F	PMG	Pr > F	RDTO	Pr > F	PH	Pr > F
<b>BLOQ</b>	2	69.9556	0.2158ns	5.9556	0.5222ns	114819.8	0.1484ns	5.6	0.539ns
<b>ENTRY</b>	14	98.7556	0.0303*	17.3079	0.0671ns	60009.31	0.4235ns	14.819	0.12ns
<b>E. EPX.</b>	28	43.1698		8.9556		56180.3		8.8619	
$\bar{X}$		33		37.4		1212		70	
<b>C.V.</b>		20.08%		7.9%		19.6%		4.2%	

CM: Cuadrado medio

Pr: Nivel de significancia al 5%

\*: Significativo

ns: No significativo

Al efectuar la prueba de medias Figura 5, se puede observar agrupaciones de líneas de trigo con un buen número de granos por espiga y con un reducido número de granos. La línea L-349 forma el grupo A siendo como la más sobresaliente, seguida por L-337 y L-330 que presentan entre 45, 41 y 37 granos respectivamente, estas líneas de trigo muestran superioridad sobre el resto. Mientras, que las líneas L-334, L-339 y L-333 registraron los valores más bajos respecto a la media con 27 y 24 granos por espiga.

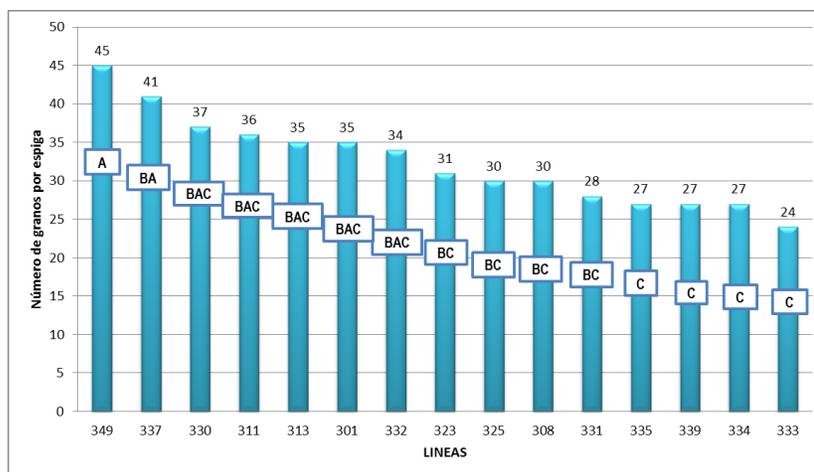


Figura 5. Prueba de Duncan al 5% para el número de granos por espiga, en la selección de líneas con caracteres agronómicos y de productividad, en 14 líneas avanzadas del 19 SAWYT y de la variedad local Tepoca 89, evaluadas en el Altiplano central boliviano

En cuanto, a la variedad local Tepoca 89 o L-301 registró 35 granos por espiga, superando el promedio general. Pero en condiciones de estudio el número de granos por espiga, fue reducido considerablemente por fuertes granizadas que se manifestaron en la

zona, el cual influyó influyendo directamente en el rendimiento de grano. Pese a los factores climáticos que puedan afectar el número de granos por espiga. Según Slafer y Calderini (2003), indican que el número de granos dependerá del peso seco de las espigas en antesis, para conseguir esto, se deberá lograr una etapa más prolongada, mayor interceptación de radiación solar y mayor eficiencia en el uso de la radiación interceptada en el cultivo.

#### 4.1.2.6. Peso de 1000 granos

El análisis de varianza para el peso de mil granos Cuadro 3, muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre líneas de trigo. El promedio general obtenido fue 37.4 gramos, con un coeficiente de variación del 8.1% indicando confiabilidad en los datos.

En la Figura 6, se puede observar aquellas líneas de trigo superiores a la media, las cuales están conformadas por L-330, L-334 y L-323 con 41.0, 40.3 y 39.7 gramos. Mientras, que las líneas L-332, L-333 y L-331 registraron 35, 33.7 y 33.3 gramos con un bajo peso de mil granos.

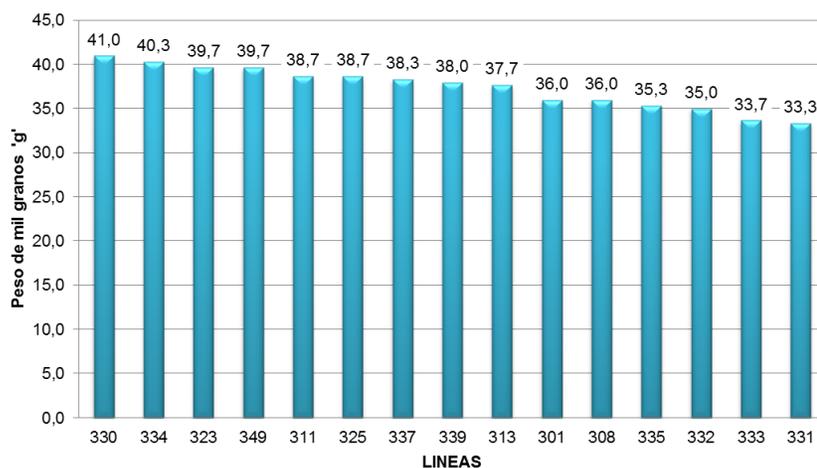


Figura 6. Peso de mil granos de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad local Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano, en la gestión agrícola 2013-2014

Al respecto Cáceres (2010), indica que el llenado de grano se debe a la humedad del suelo, para la traslocación eficiente de los fotosintatos elaborados por la fuente (hoja bandera) y almacenados en el grano. De modo, que el peso final de los granos está determinado por la tasa de acumulación de materia seca y la duración del periodo de

llenado, el cual estaría limitado por la capacidad de crecimiento de las mismas, en tanto que las variaciones en peso de los granos guarda una relación a las condiciones ambientales que regulan la expresión del peso principalmente la temperatura y disponibilidad hídrica durante post-floración (Slafer y Savin, 2011).

#### 4.1.2.7. Rendimiento

El análisis de varianza para el rendimiento de grano Cuadro 3, se observa que no existen diferencias estadísticas significativas entre línea de trigo harinero. El coeficiente de variación del 19.6%, indica que los datos están dentro de los rangos estadísticos aceptables.

El rendimiento promedio logrado en condiciones de campo fue 1212 kg.ha<sup>-1</sup>. En tanto, que las líneas más sobresalientes fueron: L-349, L-330 y L-313 con rendimientos que oscilan entre 1476, 1446 y 1343 kg.ha<sup>-1</sup>, mostrando superioridad frente a las demás líneas de trigo harinero. En cuanto, a la variedad local T-89 (L-301) registró 1178 kg.ha<sup>-1</sup> en promedio, ubicándose debajo de la media general y las líneas L-311, L-332 y L-308 con 1045, 1039 y 998 kg.ha<sup>-1</sup> registran los rendimientos más bajos Figura 7.

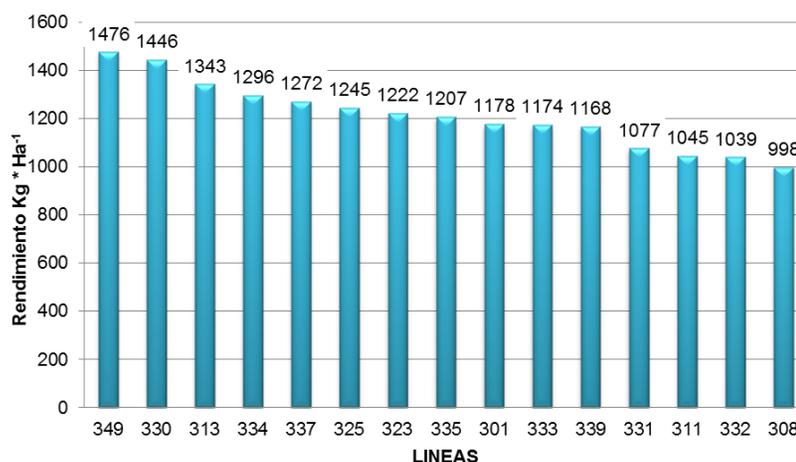


Figura 7. Rendimiento de grano de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad local Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

Los resultados, reflejan el proceso y la capacidad de adaptación que sufren las líneas a lo largo del ciclo del cultivo, aportando a través de características agronómicas y de productividad que como resultado final tienen el rendimiento de grano, el cual puede ser

afectado por una serie de factores que limitan en el buen desarrollo y comportamiento para poder alcanzar su máximo potencial de rendimiento.

El rendimiento promedio de  $1212 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , se sitúa por debajo de lo que reportó Quispe (2011), en similares condiciones de estudio (Altiplano Norte de Bolivia) en líneas avanzadas de trigo del vivero internacional del CIMMYT, donde obtuvo un promedio de  $1886 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Y en las mismas condiciones ambientales Moñocopa (2012), reportó un rendimiento promedio de  $2676.7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Por lo tanto, podemos indicar que los resultados obtenidos están por debajo de los reportes; el cual, se debe a una serie de procesos que afectaron un buen rendimiento de grano, principalmente por la presencia de eventos climáticos en la zona (granizadas) que limitaron la productividad del cultivo.

#### 4.1.2.8. Peso hectolítrico

El análisis de varianza para el peso hectolítrico Cuadro 3, se puede apreciar que no existen diferencias estadísticas significativas entre líneas de trigo harinero. El promedio general del peso hectolítrico fue  $70 \text{ kg}\cdot\text{hL}^{-1}$ , con un coeficiente de variación del 4.2%, este valor indica que los datos son confiables.

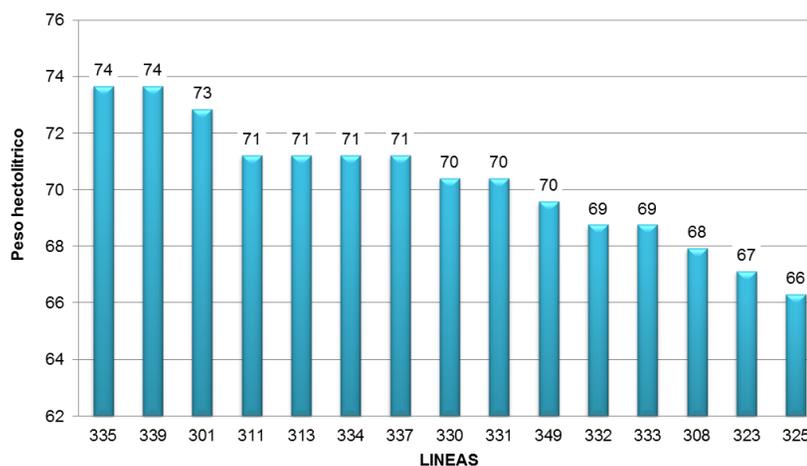


Figura 8. Peso hectolítrico de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

En la Figura 8 se observa líneas que tienen un buen peso hectolítrico, las tres primeras son: L-335, L-339 y T-89 (L-301) con 74 y 73  $\text{kg}\cdot\text{hL}^{-1}$  estas líneas muestran superioridad sobre las líneas L-308, L-323 y L-325 que registraron entre 68, 67 y 66  $\text{kg}\cdot\text{hL}^{-1}$ . Mientras, que las líneas de buen rendimiento de grano como es la línea L-349, L-330 y L-313 presentan un peso hectolítrico de 70 y 71  $\text{kg}\cdot\text{hL}^{-1}$ .

Según Peña *et al.* (2007), los factores que afectan negativamente el peso hectolítrico son: la deficiencia de nitrógeno, deficiencia de agua y el llenado de grano por las temperaturas altas o bajas, y entre otros factores (fecha de siembra y fertilización) que pueden afectar a esta característica. En este sentido los resultados obtenidos, se deben principalmente al llenado de grano y fue afectado por las condiciones ambientales, por lo que, no todas las líneas llegaron a completar el ciclo fenológico, teniendo como resultado un bajo contenido de peso hectolítrico. Es así, que los cultivares de trigo en condiciones del altiplano boliviano requieren de un mayor periodo en el llenado de grano para completar la traslocación de los asimilados hacia los órganos cosechables.

#### 4.1.3. Análisis cualitativo de características agronómicas y de productividad del vivero 19 SAWYT

El análisis descriptivo de las variables cualitativas evaluadas Cuadro 4, muestran los valores más frecuentes en cada categoría, respecto al descriptor utilizado.

Cuadro 4. Análisis descriptivo de las variables cualitativas en 14 líneas avanzadas del trigo harinero del vivero 19 SAWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89, evaluada en la gestión agrícola 2013-2014

Descriptor	Categoría	Frecuencia (líneas)	Porcentaje (%)
Reacción a acame	Moderadamente tolerante	14	93,3
	Tolerante	1	6,7
Reacción al desgrane	Susceptible	1	6,7
	Moderadamente tolerante	13	86,7
	Tolerante	1	6,7
Densidad de espiga	Moderadamente compacta	9	60,0
	Compacta	6	40,0
Tipo de grano	Chupado	9	60,0
	Casi lleno	6	40,0
Tamaño de grano	Grano pequeño (<6mm)	1	6,7
	Grano mediano (6-7mm)	12	80,0
	Grano grande (>7mm)	2	13,3

La mayoría de las líneas de trigo harinero evaluadas poseen en promedio el 93% de las líneas moderadamente tolerantes a la caída fisiológica (reacción al acame). Estas líneas de trigo harinero muestran que el 60% son moderadamente compactas y en al menos un 40% de las espigas son compactas, las cuales muestran que el 86.7% de las líneas son

moderadamente tolerantes a reacción al acame. El tipo de grano de las líneas evaluadas, muestran que al menos un 60% es grano chupado y el 40% de las líneas presentan granos casi llenos; y el tamaño de grano muestra que el 80% de los granos son de tamaño mediano (6-7mm). En la Figura 9, se puede observar algunas de las variables.



Figura 9. Visualización de variables cualitativas, como respuesta de las líneas de trigo harinero al ambiente establecido, evaluada en la gestión agrícola 2013-2014

El Anexo 5 muestra, las características cualitativas por genotipo, lo que reafirma la información del Cuadro 4 corrobora el cuadro de resumen que antecede; en el cual, se describe las características generales de las líneas de trigo harinero.

#### 4.1.4. Análisis de componentes principales

El análisis de los componentes principales está conformado por los dos primeros componentes (CP1 y CP2), que explican la varianza total acumulada. Al respecto según Sánchez (1995) y Gonzales (2010); citado por Velasco *et al.* (2012), “sugieren que valores superiores al 50% para los dos primeros componentes principales permiten interpretar confiablemente las correlaciones aproximadas que se presentan en el biplot”.

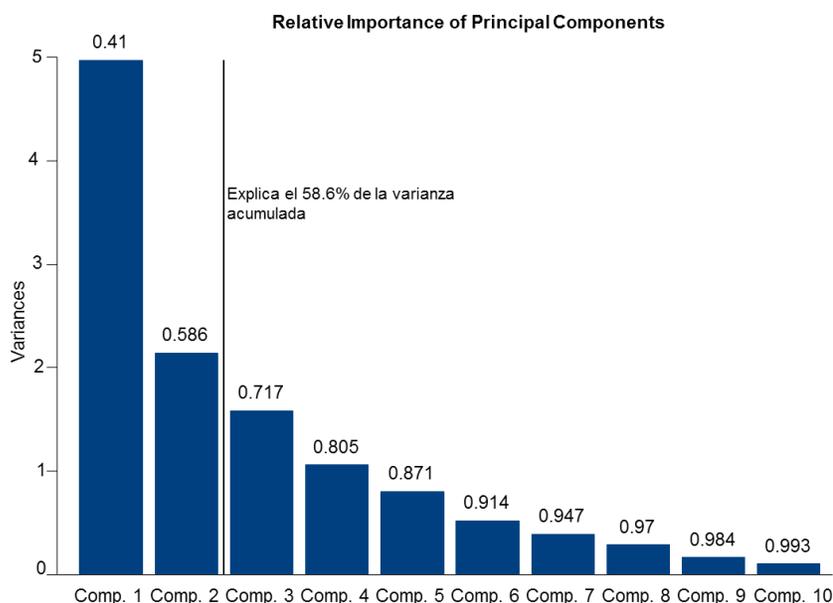


Figura 10. Gráfico de sedimentación de los componentes principales, sobre la base de características agronómicas y de productividad en adaptabilidad de 14 líneas de trigo harinero del vivero 19 SAWYT, y de la variedad Tepoca 89, evaluada en el altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

Por tanto, se puede indicar que los dos primeros componentes explican el 58.6% de la varianza total acumulada Figura 10. El primer componente explica el 41% de variación y fue definido principalmente por peso de mil granos, altura de planta, número de espiguillas por espiga, rendimiento y longitud de espiga, siendo las variables más sobresalientes con los coeficientes más elevados, al igual que las variables número de granos por espiga, tipo de grano, densidad de espiga, numero de espigas por m<sup>2</sup> y tamaño de grano, que presentan coeficientes positivos. Mientras, que la variable reacción a acame se correlacionó de forma negativa en el primer componente.

El segundo componente aportó un 17.6% de variación y fue explicado principalmente por: reacción al desgrane, tamaño de grano, altura de planta, numero de espiguillas por espiga y rendimiento de grano, con los coeficientes relativamente positivos. Sin embargo, las variables longitud de espiga, reacción a acame, peso hectolítrico, densidad de espiga, tipo de grano y numero de granos por espiga contribuyen de forma negativa.

La correlación entre variables según Martínez (2009), indica que valores próximos a  $\pm 1$  tienen una correlación fuerte positiva y negativa; la cuales indican la dirección de la relación, mientras que un signo negativo indica que una variable aumenta a medida que la otra disminuye o viceversa.

A partir, de los resultados del análisis de componentes principales, se puede observar en un plano bidimensional la relación entre el rendimiento y sus características agronómicas Figura 11. El análisis permite la determinación visual y confiable de la existencia de patrones entre las unidades taxonómicas (González *et al.*, 2010).

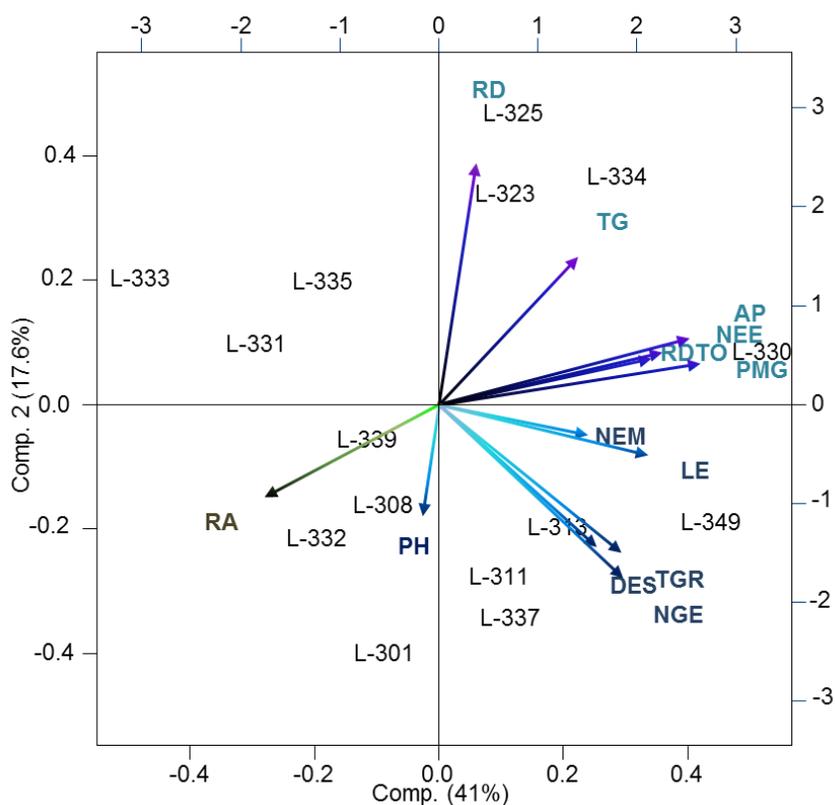


Figura 11. Diagrama del biplot sobre el comportamiento de 14 líneas de trigo, del vivero 19 SAWYT introducidas del CIMMYT, frente al testigo Tepoca 89, para el rendimiento de grano y su relación con las características agronómicas y de productividad registradas en condiciones del altiplano boliviano (C.E.A. Condoriri). Análisis genotipo x variable

La gráfica del biplot visualiza de forma precisa dos grupos de variables. La altura de planta, peso de mil granos, número de espiguillas por espiga, rendimiento y tamaño de grano definen el primer grupo y están mejor correlacionadas entre variables, con vectores relativamente largas. En tanto, que el segundo grupo está conformada por el número de granos por espiga, longitud de espiga, densidad de espiga y tipo de grano, con vectores importantes, en cuanto a las variables número de espigas por  $m^2$  y el peso hectolítrico tienen vectores relativamente cortas, estas variables tienen una tendencia asociativa positiva con ángulos agudos menores a  $90^\circ$ , las cuales, muestran una correlación entre las variables y la importancia de las mismas.

El análisis del biplot muestra que el rendimiento está asociado a las características agronómicas y de productividad como ser: el peso de mil granos, número de espiguillas por espiga y altura de planta, la densidad de espiga influye en el número de granos por espiga; todas estas variables se encuentran en una estrecha correlación entre sí. Sin embargo, estas variables tendrían un comportamiento variado durante los años y lugares de producción, principalmente el peso de mil granos, longitud de espiga, número de granos por espiga, peso hectolítrico y el rendimiento (Bilgin *et al.*, 2008).

#### 4.1.5. Selección de líneas de trigo harinero con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento de grano.

La selección de línea elite de trigo harinero, se realizó a base de parámetros agronómicos y de productividad, analizados con anterioridad en el biplot, las cuales integran características morfológicas y agronómicamente eficientes en una planta.

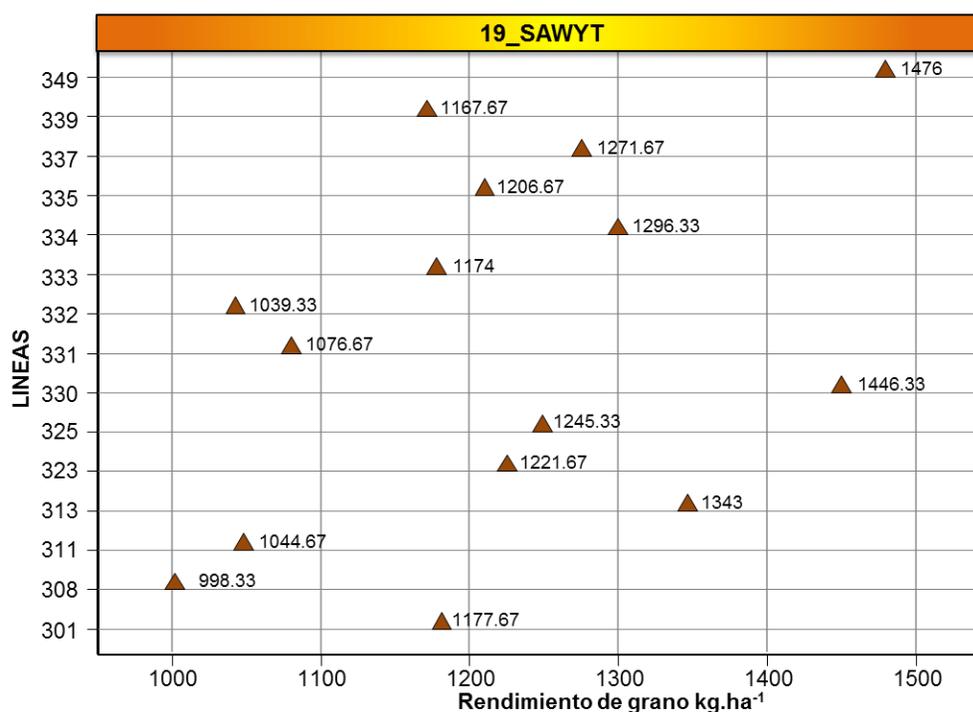


Figura 12. Gráfica de Trellis para líneas de trigo harinero y rendimiento de grano del vivero 19 SAWYT introducidas del CIMMYT, evaluadas en condiciones del altiplano boliviano durante la campaña agrícola 2012-2014, en el Centro Experimental Agropecuario Condoriri, por su adaptabilidad y al potencial de rendimiento de grano

La grafica de Trellis Figura 12, permite identificar aquellas líneas de trigo con buen rendimiento de grano y que estas sean sobresalientes y representativas en condiciones

del altiplano boliviano. La distribución de los rendimientos promedios en la gráfica de dispersión muestra a las líneas L-349 y L-330 con los rendimientos más elevados que oscilan entre 1476 y 1446.33 kg.ha<sup>-1</sup>, mientras que las líneas L-313, L-334, L-337, L-325, y L-323 tienen rendimientos de 1343, 1296.33, 1271.67, 1245.33 y 1221.67 kg.ha<sup>-1</sup> en ensayos de rendimiento de trigos para zonas semiáridas. Estas líneas de trigo harinero superan en rendimiento de grano al testigo (variedad Tepoca 89) que obtuvo un promedio de 1177.67 kg.ha<sup>-1</sup>. Mostrando adaptación a las condiciones ambientales en el que se desarrolló el cultivo, identificándose aquellos genotipos superiores que expresan su máximo potencial de rendimiento grano sobre la base de características agronómicas y de productividad, donde las variables juegan un papel importante para formar líneas con alto potencial de rendimiento en condiciones de la zona de estudio. Al respecto Helalcha y Hanchinal (2013), indican que la variación en el rendimiento de grano, se determinó por la presencia de una correspondencia entre los rasgos de los componentes y el rendimiento, por lo tanto, se puede utilizar como índices de selección para mejorar el rendimiento de grano.

## 4.2. Características agronómicas y de productividad del ensayo 20 SAWYT

### 4.2.1. Análisis estadístico descriptivo de variables cuantitativas

En el Cuadro 5, el análisis descriptivo permite observar que los datos están dentro de los parámetros estadísticos más importantes como ser: la media, desviación estándar, observación de mínimas y máximas, asimetría y curtosis; el cual, se puede apreciar las variaciones obtenidas a través de estas medidas.

Cuadro 5. Estadística descriptiva de caracteres agronómicas y de componentes de rendimiento de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero internacional 20 SAWYT introducidas del CIMMYT y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central de Bolivia durante la campaña agrícola 2013-2014

Descriptores	Abre.	Media	Desv. típ.	Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo
Altura de planta <sup>¥</sup>	AP	83.92	8.8	-0.48	-0.36	65.0	101.5
Longitud de espiga <sup>¥</sup>	LE	8.79	0.9	0.36	-0.17	7.2	11.1
Numero de espigas por m <sup>2</sup>	NEM	329.00	87.0	0.52	-0.97	200.0	500.0
Numero de espiguillas por espiga	NEE	13.00	1.5	-0.43	0.20	9.0	16.0
Numero de granos por espiga	NGE	32.00	7.0	0.40	-0.19	18.0	49.0
Peso de mil granos <sup>£</sup>	PMG	41.40	3.9	0.68	0.37	35.0	53.0
Rendimiento <sup>®</sup>	RDTO	1486.87	366.4	0.37	-0.94	940.0	2286.0
Peso hectolítrico <sup>Ⓜ</sup>	PH	73.00	2.7	0.01	-0.45	66.0	79.0

<sup>¥</sup>centímetros (cm).

<sup>£</sup>gramos (g).

<sup>®</sup>kilogramos por hectárea (kg.ha<sup>-1</sup>).

<sup>Ⓜ</sup>kilogramos por hectolitro (kg,hL<sup>-1</sup>).

Las características agronómicas y de productividad de las líneas evaluadas muestran un comportamiento variado. La altura de planta tiene un promedio del 83.92 cm, esta variable varía entre 65 y 101.5 cm de altura, con una longitud de espiga del 8.79 cm en promedio con un mínimo del 7.2 y la máxima 11.1 cm de longitud.

El número de espigas por m<sup>2</sup> alcanzó un promedio 329 espigas un mínimo de 200 y un máximo de 500 espigas por unidad de superficie, donde cada espiga tiene en promedio 13 espiguillas, el cual varía entre 9 y 16 espiguillas y cada espiga en promedio posee 32 granos con un mínimo de 18 y un máximo de 49 granos por espiga.

El peso promedio de los granos fue 41.4 gramos cada mil unidades, con un mínimo de 35 gramos y un máximo de 53 gramos. El rendimiento promedio obtenido en el vivero 20 SAWYT fue 1486.87 kg.ha<sup>-1</sup>, con un mínimo de 940 y un máximo de 2286 kg.ha<sup>-1</sup>. Y el

peso hectolítrico promedio que muestran los granos fue 73 kg.hL<sup>-1</sup>, las cuales varían entre 66 kg.hL<sup>-1</sup> a 79 kg.hL<sup>-1</sup>, esta pueden variar en función a las diferentes líneas de trigo y comportamiento en el llenado de grano durante el ciclo del cultivo.

#### 4.2.2. Análisis de varianza de características agronómicas y de productividad del ensayo 20 SAWYT, relacionadas con la adaptabilidad.

##### 4.2.2.1. Altura de planta

El análisis de varianza efectuado Cuadro 6, en altura de planta, no reportó diferencias estadísticas significativas entre líneas de trigo harinero. Por lo tanto, no presentan variación entre genotipos, este comportamiento puede ser debido a la influencia de la condicione ambientales en la zona.

Cuadro 6. Análisis de varianza individual para las variables cuantitativas de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero 20 SAWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89 (T-89), evaluadas en la gestión agrícola 2013-2014 en el altiplano central boliviano. Las características agronómicas y de productividad relacionadas con la adaptabilidad son: altura de planta (**AP**), longitud de espiga (**LE**), numero de espiga por m<sup>2</sup> (**NEM**) y numero de espiguillas por espiga (**NEE**)

FV	GL	CM							
		AP	Pr > F	LE	Pr > F	NEM	Pr > F	NEE	Pr > F
<b>BLOQUE</b>	2	37.780	0.641ns	3.25	0.007**	22089.160	0.086ns	2.156	0.321ns
<b>LINEA</b>	14	68.740	0.641ns	0.860	0.142ns	4159.490	0.911ns	3.508	0.068ns
<b>E. EXP.</b>	28	83.620		0.540		8246870		1822	
$\bar{X}$		83.9		8.8		329		13	
<b>C. V.</b>		10.90%		8.40%		27.6%		10.5%	

CM: Cuadrado medio

\*\* : Muy significativo

Pr: Nivel de significancia al 5%

ns: no significativo

Las líneas de trigo evaluadas muestran un promedio general de 83.9 cm de altura de planta y con un coeficiente de variación del 10.9%. En la Figura 13, se puede apreciar que las líneas L-311, L-316 y L-313 fueron las que mejor altura reportaron con 92.8, 90.3 y 89 cm respectivamente; en tanto, que las líneas de menor altura son: L-314, L-327 y L-330 con los promedios mas bajos de 79.8, 77.7 y 76.6 cm respectivamente. En relación al testigo local Tepoca 89 (L-301) fue superada en altura de planta por las líneas L-311, L-316 y L-313, donde alcanzó 87.6 cm de altura.

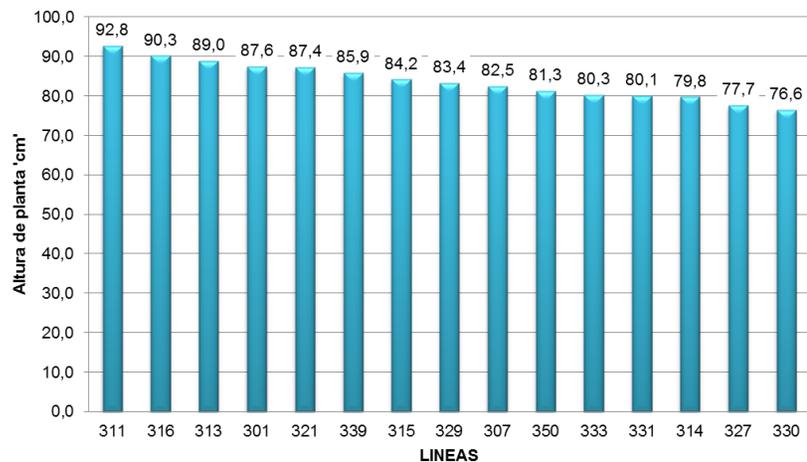


Figura 13. Altura de plantas de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

La altura de planta tendría un efecto en el rendimiento de trigo en condiciones de sequía, logrando un mayor rendimiento los trigos de tipo alto que los trigos de tipo bajo en ambientes de sequía, además los trigos altos se caracterizan por tener granos grandes, mayor peso hectolitrico y una biomasa superior (Singh *et al.*, 2000; citado por Ramírez, 2004). Y esta variable puede ser afectado por la deficiencia de agua en el periodo de crecimiento (Irfaq *et al.*, 2007).

#### 4.2.2.2. Longitud de espiga

En el análisis de varianza para longitud de espiga Cuadro 6, se puede apreciar que no existen diferencias estadísticas significativas entre líneas de trigo harinero. El coeficiente de variación del 8.4%, indica confiabilidad en los datos. El promedio para longitud de espiga fue 8.8 cm de longitud.

Esta variable, se considera de gran importancia en el rendimiento de grano y es una característica que puede influir en el número de espiguillas y número de granos que tendrá cada espiga, sin dejar de lado la densidad de espiga. En este sentido, aunque no presentan variación las líneas evaluadas Figura 14, se puede apreciar aquellas líneas L-311, L-316 y L-329 que superan la media general, con longitudes relativamente largas de 9.7, 9.5 y 9.5 cm de longitud, mientras que la variedad Tepoca 89 (L-301) alcanzó 8.7 cm de longitud. En tanto, que las longitudes más cortas se muestran en las líneas L-315, L-307 y L-350 con valores de 8.3, 8.0 y 7.7 centímetros.

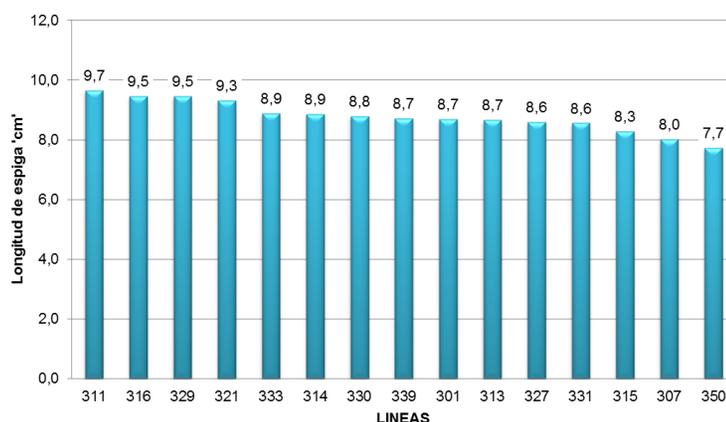


Figura 14. Longitud de espiga de 15 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

#### 4.2.2.3. Numero de espigas por m<sup>2</sup>

El análisis de varianza Cuadro 6 para el número de espigas por m<sup>2</sup>, se observó que no existen diferencias estadísticas significativas entre líneas. El coeficiente de variación fue 27.6% y con un promedio general de 329 espigas por m<sup>2</sup>.

En la Figura 15, se observa líneas que expresaron un buen número de espigas por m<sup>2</sup>, las cuales son: L-350, L-311 y L-327 con registros de hasta 386, 375 y 374 unidades respectivamente, seguida por el testigo Tepoca 89 (L-301) con 368 espigas por unidad de área. Mientras, que las líneas de trigo que muestran menor cantidad de espigas están conformadas por: L-330, L-313 y L-339 estas líneas presentan entre 277 y 270 espigas.

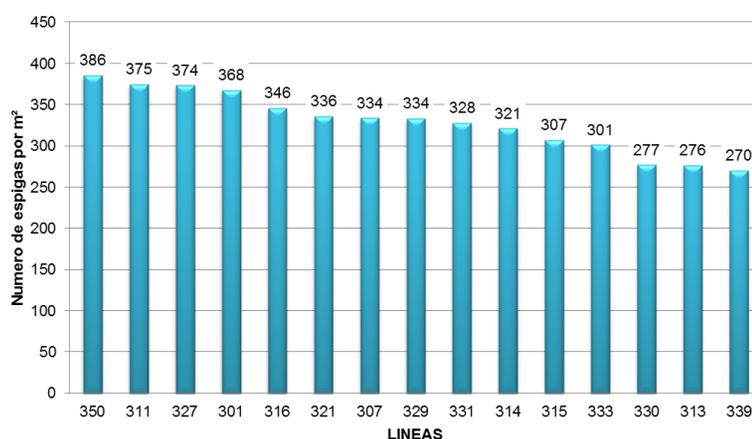


Figura 15. Número de espigas por m<sup>2</sup> de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano, en la gestión agrícola 2013-2014.

Esta variable, es muy importante al momento de la cosecha, por lo que un mayor número de espigas por metro cuadrado implica mayor número de granos y mayor rendimiento y tiene una relación directa con el número de macollos que tiene cada planta. Sin embargo, puede ser limitada por diferentes factores (fecha y densidad de siembra, disponibilidad de agua, nutrientes que condicionan la cantidad de macollos y el porcentaje de mortandad de los mismos) durante el desarrollo de la planta, un factor muy importante en este cultivo es el periodo de macollaje, porque periodos prolongados durante esta etapa definen macollos fértiles, todos estos factores pueden restringir o compensar el número de espigas por m<sup>2</sup>. Por lo que Millares *et al.* (s.f.), indican que en condiciones normales las plantas de trigo formarán de uno a tres macollos y por tanto, espigas por planta más el vástago principal; el cual, representa alrededor de 400-700 espigas por metro cuadrado.

#### 4.2.2.4. Numero de espiguillas por espiga

El análisis de varianza en el Cuadro 6, se puede apreciar que el número de espiguillas por espiga, no presentó diferencias estadísticas significativas entre líneas de trigo en el ensayo establecido. Y el promedio general fue 13 espiguillas por espiga, con un coeficiente de variación del 10.5%, el cual, indica que los datos están dentro de los rangos de aceptación.

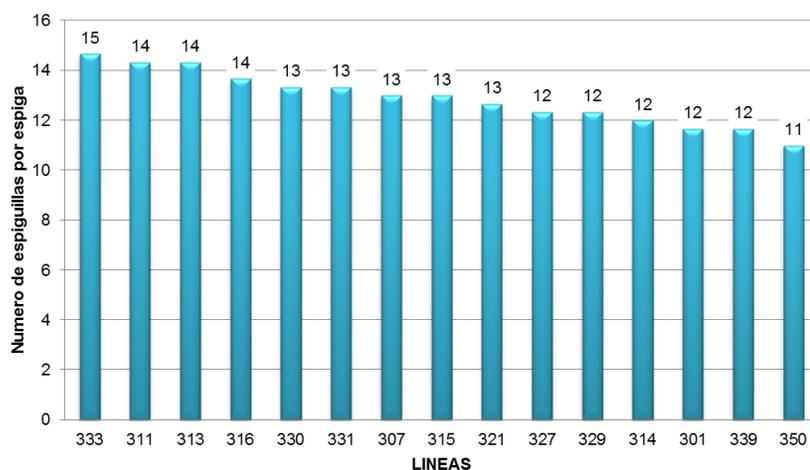


Figura 16. Numero de espiguillas por espiga en 15 líneas de trigo harinero, en condiciones del altiplano central boliviano, en la gestión agrícola 2013-2014

En la Figura 16, se puede apreciar aquellas líneas de trigo que expresaron un buen número de espiguillas por espiga, las cuales son: L- 333, L-311 y L-313 estas líneas presentan entre 15 y 14 espiguillas por espiga. Mientras, que la variedad (T-89) L-301 y

las líneas L-339 y L-350 tienen un reducido número de espiguillas registrando entre 12 y 11 unidades por espiga. Esta variable, es muy importante en el rendimiento de grano, porque determina el número de granos por espiga; el cual, guarda una relación directa con la longitud de espiga y el número de granos que posee la misma.

#### 4.2.2.5. Numero de granos por espiga

El análisis de varianza Cuadro 7, indica que existen diferencias altamente significativas entre líneas de trigo harinero. El coeficiente de variación fue 17.1% y se obtuvo en promedio 32 granos por espiga.

Cuadro 7. Análisis de varianza individual para las variables cuantitativas de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero 20 SAWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89 (T-89), evaluadas en la gestión agrícola 2013-2014 en el altiplano central boliviano. Las características agronómicas y de productividad relacionadas con la adaptabilidad son: número de granos por espiga (**NGE**), peso de mil granos (**PMG**), rendimiento (**RDTO**) y peso hectolítrico (**PH**)

FV	GL	CM							
		NGE	Pr > F	PMG	Pr > F	RDTO	Pr > F	PH	Pr > F
<b>BLOQ</b>	2	33.756	0.341ns	1.867	0.855ns	3626.467	0.926ns	2.067	0.772ns
<b>LINEAS</b>	14	88.841	0.007**	24.343	0.051ns	327375.943	<.0001**	7.533	0.520ns
<b>E. EXP.</b>	28	30.184		11.867		46978.038		7.900	
$\bar{X}$		32		41.4		1487		73	
<b>C. V.</b>		17.1%		8.3%		14.6%		3.9%	

CM: Cuadrado medio

\*\* : Muy significativo

Pr: Nivel de significancia al 5%

ns: No significativo.

Al efectuar la prueba de medias Figura 17, se observó respuestas muy diferenciadas entre las diferentes líneas de trigo harinero; donde, se puede observar tres grupos, de los cuales, podemos señalar que la L-313 forma el primer grupo (A) con 42 granos en promedio, seguida por la L-316 con 39 granos grupo (BA) estas líneas muestran superioridad sobre las demás, mientras el grupo BAC agrupa la mayor cantidad líneas, incluyendo a la variedad Tepoca 89, donde el número de granos por espiga en estas líneas oscilan entre 37 y 29 unidades respectivamente. En tanto, que las líneas con un reducido número de granos por espiga fueron: las L-314, L-329 y L-350 que registran entre 27, 26 y 23 granos por espiga.

Las líneas de trigo durante el llenado del grano fueron afectadas por los eventos climáticos (granizadas en la zona), por lo que se ha reducido su número, en especial en

aquellas líneas precoces o aquellas que presentan susceptibilidad al desgrane del grano, reduciendo considerablemente el rendimiento final.

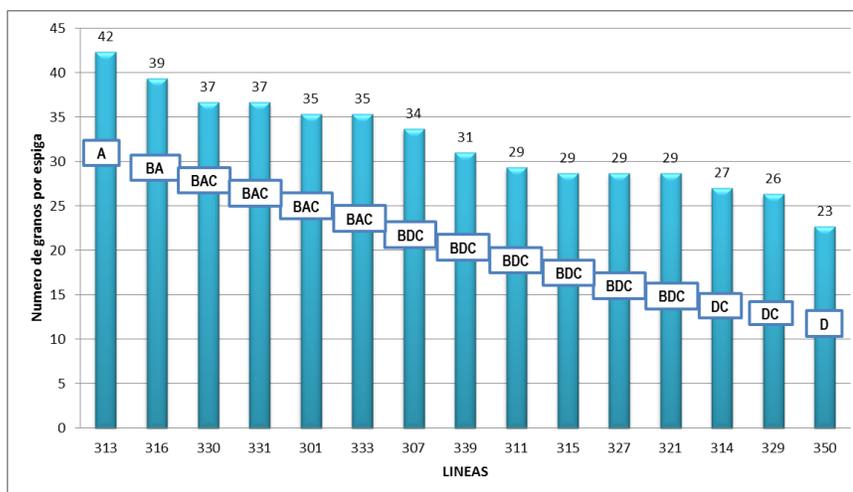


Figura 17. Prueba de comparación de medias de Duncan al (5%), en el número de granos por espiga, para 14 líneas de trigo harinero del 20<sup>TH</sup> SAWYT y una variedad local (T-89), establecidas en el Altiplano central boliviano

En efecto la reducción del grano no solo se debe a factores abióticos, si no, que esta diferencia también puede ser debido a los factores genéticos y la interacción con el medio ambiente, influyendo en el comportamiento del genotipo en un ambiente establecido. No obstante, la acumulación de biomasa en la floración determina un mayor peso de las espigas y por lo tanto, un mayor número de granos por espiga (Miralles, 2004).

#### 4.2.2.6. Peso de mil granos

El análisis de varianza de peso de mil granos Cuadro 7, no muestra diferencias estadísticas significativas entre líneas de trigo. El coeficiente de variación fue de 8.3%, información que nos indica la confiabilidad de los datos.

El peso de mil de granos, es una característica muy importante que influye en el rendimiento de grano. Por tanto, se puede apreciar en la Figura 18, el comportamiento de las diferentes líneas de trigo; las mejores líneas respecto a esta variable son: las L-321, L-315 y L-316 que presentan un buen peso de mil granos con 48.7, 44.7 y 43.7 gramos respectivamente. Y se puede observar que las líneas L-313, L-301 (T-89) y L-327 poseen un bajo peso de mil granos, las cuales, varían entre 39.0, 38.7 y 37.3 gramos respectivamente, estas líneas tienen una diferencia de 11.3 gramos respecto al mejor peso alcanzado.

El promedio general del peso de mil granos fue 41.4 gramos, por lo que, podemos indicar que estas líneas presentan un buen peso de mil granos. Según ANAPO (2007), citado por Mollericona (2013), indica que el peso de mil granos tiene que estar en un promedio de 38 gramos para la industria harinera. Si embargo, esta depende de las diferentes características varietales, manejo agronómico, factores ambientales (Saltos, 2011, Sohail *et al.*, 2014 y ANAPO, 2007, citado por Mollericona 2013). Todas estas limitaciones explican los resultados obtenidos en campo.

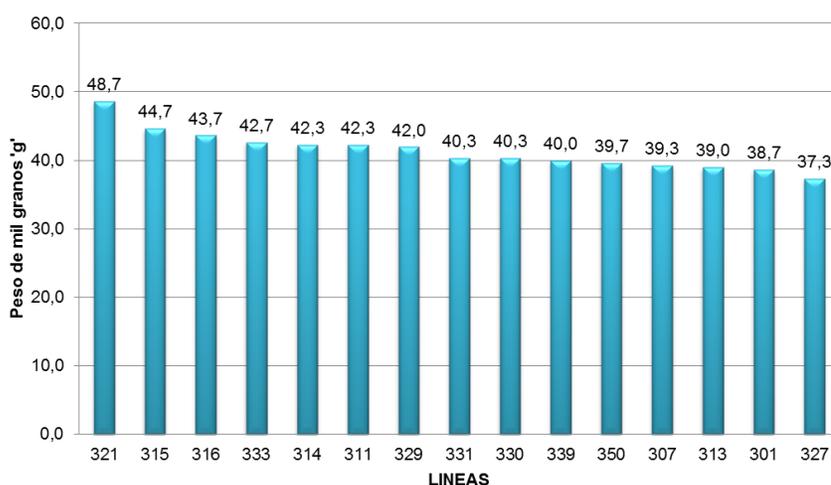


Figura 18. Peso de mil granos de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

#### 4.2.2.7. Rendimiento

El análisis de varianza para el rendimiento de grano Cuadro 7, muestra diferencias estadísticas muy significativas entre líneas de trigo harinero evaluadas en condiciones del altiplano central boliviano. El coeficiente de variación fue 14.6%, el cual, está dentro de los parámetros estadísticos de aceptación.

Al realizar la prueba de medias Figura 19, se puede observar diferentes grupos y entre las líneas que más destacan están conformadas por las siguientes líneas: L-321 con un rendimiento de 2133 kg.ha<sup>-1</sup> grupo (A), seguida por la L-311, L-313, L-315 y L-333 forman el grupo (BA) con rendimientos promedios que oscilan entre 1950 y 1650 kg.ha<sup>-1</sup>. Las variables que más contribuyeron en alcanzar el máximo rendimiento de grano, fueron el peso de mil granos, longitud de espiga, altura de planta, número de espigas por m<sup>2</sup> y número de espiguillas por espiga. En relación al testigo variedad Tepoca 89 (L-301), presentó un rendimiento promedio de 1347 kg.ha<sup>-1</sup>, el cual fue superado por las líneas

anteriormente mencionadas. Mientras, que el rendimiento más bajo se observó en la L-350 con un promedio de  $1001 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y se debe a las variables, longitud de espiga y número de espiguillas por espiga, el cual afectó directamente al número de granos por espiga. Estas características, se deben principalmente a factores genéticos de la planta, el cual, se debe a la capacidad de adaptación que tienen las diferentes líneas de trigo y a los factores ambientales.

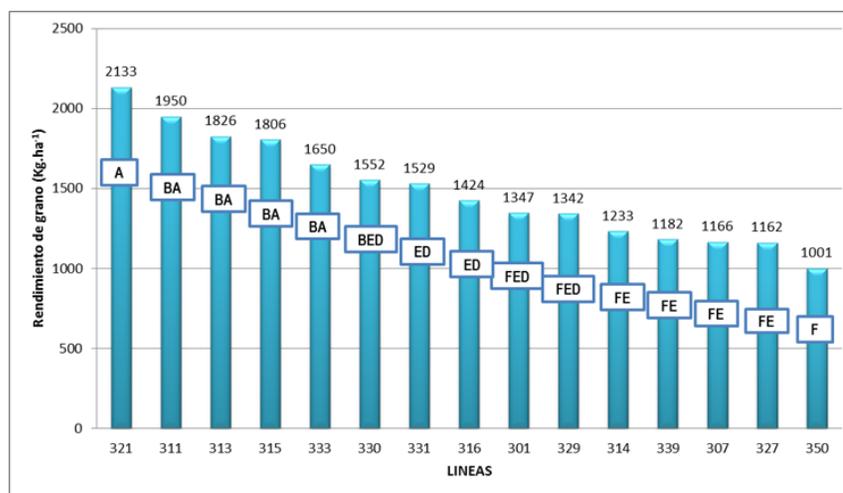


Figura 19. Prueba de Duncan al 5%, para rendimiento de grano, en la selección de líneas elite de trigo con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento, en base a características agronómicas y de componentes de rendimientos, en 14 líneas de trigo harinero y de la variedad local Tepoca 89 evaluada e condiciones del Altiplano boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

Por lo que, se llegó a obtener un rendimiento promedio de  $1487 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , en condiciones del ambiente frígido. En los últimos años según “EMAPA el rendimiento de trigo en la zona occidental especialmente el altiplano boliviano, se incrementó hasta  $1.8 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$  cultivada, mientras que en el departamento de Oruro localidad de eucaliptos registró entre  $1.5$  y  $1.8 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ ” (Cambio, 2014). Según SAGARPA - INIFAP (2009), indican que las horas frías alargan los periodos fenológicos, proporcionando condiciones que reducen la velocidad con lo que, se llevan a cabo los procesos fisiológicos, retardando el crecimiento o alargando el ciclo del cultivo, por lo general se presenta un mayor rendimiento de grano.

#### 4.2.2.8. Peso hectolítrico

Según el análisis de varianza Cuadro 7, se puede apreciar que la variable peso hectolítrico, no presentó diferencias estadísticas significativas entre líneas de trigo

harinero. Y el coeficiente de variación fue del 3.9%, el cual, indica confiabilidad en los datos trabajados en gabinete.

En la Figura 20, se puede observar aquellas líneas con peso hectolitro por encima del promedio general, entre las más representativas tenemos a las: L-330, L-307 y L-316 con  $75 \text{ kg.hL}^{-1}$  mostrando similitud en el peso hectolítrico. Mientras, que las L-331, L-333 y L-327 tienen un promedio de 71 y 70  $\text{kg.hL}^{-1}$  respectivamente.

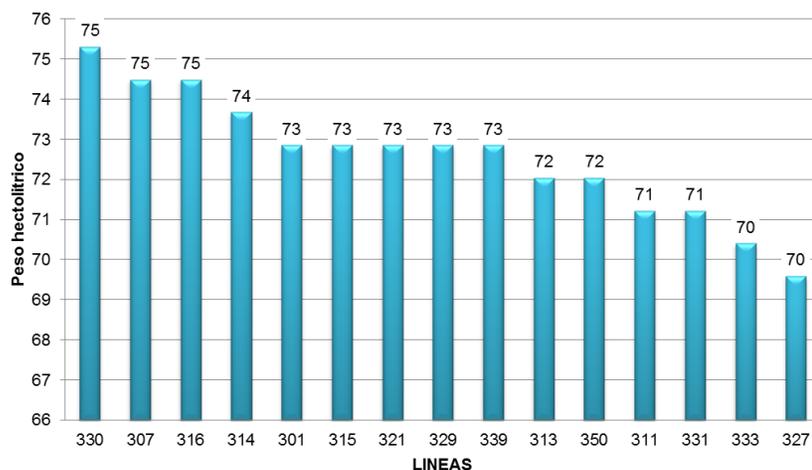


Figura 20. Peso hectolítrico de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

De acuerdo, a los datos registrados las líneas de trigo harinero muestran un peso hectolítrico que varía entre 75 y 70  $\text{kg.hL}^{-1}$ , las cuales, son muy bajas, este valor quizá se deba a las condiciones ambientales de la zona, el cual influyó en el llenado de los granos de las líneas. Al respecto Peña *et al.* (2007), indican que la variabilidad en el peso hectolítrico se debe a las condiciones del cultivo (agro climatología) y no al genotipo cultivado. Por lo que, uno de los factores más importantes en el peso hectolítrico es el llenado de grano; por lo tanto, a esta variable se le considera un indicador de potencial de rendimiento harinero, que durante la comercialización es un factor decisivo al determinar el precio. Según ANAPO (2007), citado por Mollericona (2013), indica que el peso hectolítrico requerido es de 78  $\text{kg.hL}^{-1}$  para la industria molinera.

#### 4.2.3. Análisis cualitativo de características agronómicas y de productividad del vivero 20 SAWYT

Las variables cualitativas, analizadas en el Cuadro 8, muestran los resultados y describen los valores más frecuentes en cada categoría respecto al descriptor utilizado. Las líneas de trigo evaluadas por su adaptabilidad tienen un comportamiento de tolerancia a los factores adversos, el cual permite discriminar y seleccionar los materiales respecto a sus características que presenten las mismas.

Cuadro 8. Análisis descriptivo de las variables cualitativas en 14 líneas avanzadas del trigo harinero del vivero 20 SAWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89, evaluada en la gestión agrícola 2013-2014

Descriptor	Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
Reacción a acame	Moderadamente tolerante	4	26.7
	Tolerante	7	46.7
	Muy tolerante	4	26.7
Reacción al desgrane	Susceptible	2	13.3
	Moderadamente tolerante	11	73.3
	Tolerante	2	13.3
Densidad de espiga	Moderadamente compacta	7	46.7
	Compacta	8	53.3
Tipo de grano	Casi lleno	10	66.7
	Lleno	5	33.3
Tamaño de grano	Grano mediano (6-7mm)	13	86.7
	Grano grande (>7mm)	2	13.3

La variable reacción a acame, muestra que al menos un 46.7% de las líneas son tolerantes y el 26.7 es muy tolerante a la caída fisiológica, dentro de estas líneas de trigo muestran cierta tolerancia al desgrane, donde el 73.3% es moderadamente tolerante al desgrane y el 13.3% es tolerante. Las espigas de las líneas de trigo harinero muestran que un 46.7% es moderadamente compacta y el 53.3% de las líneas tienen espiga compactas. Las líneas de trigo cosechadas muestran que al menos el 66.7% son granos casi lleno y un 33.3% es grano lleno; y estas líneas muestran que el 86.7% son granos de tamaño mediano y el 13.3% presenta granos de tamaño grande.

A menudo, se puede observar que las diferentes líneas de trigo muestran ciertas características de interés, y estas pueden ser debido al carácter genético que enmascaran las plantas en condiciones ambientales extremas y, a la interacción entre el genotipo y el ambiente.

En el Anexo 6, se muestra las características cualitativas por genotipo, lo que reafirma la información del Cuadro 8, lo cual corrobora el cuadro de resumen que antecede; en el cual, se describe las características generales de las líneas de trigo harinero.

#### 4.2.4. Análisis de componentes principales

El análisis de los componentes, se explican a través de la varianza acumulada, a partir, de los dos primeros dos componentes (CP1 y CP2), que explica el 55% de la varianza acumulada, tal como sugieren los autores anteriormente citadas, que valores superiores al 50% de la varianza de los dos primeros componentes permiten interpretar confiablemente las correlaciones que existen entre sí, Figura 21.

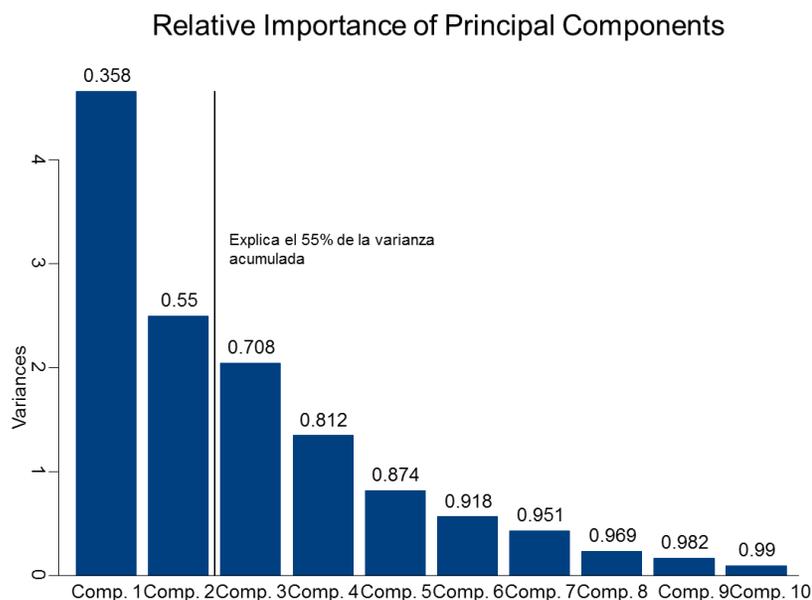


Figura 21. Gráfico de sedimentación de los componentes principales, sobre la base de características agronómicas y de productividad en adaptabilidad de 14 líneas de trigo harinero del vivero 20 SAWYT, y de la variedad Tepoca 89, evaluada en el altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

La varianza acumulada del 55%, explican patrones entre los genotipos y su relación con las variables, estas contribuyen en la formación de los dos primeros componentes. El primer componente representa el 35.8% de la variación, el cual, fue definido principalmente por el rendimiento de grano, tipo de grano, densidad de espiga, longitud de espiga, número de espiguillas por espiga y peso de mil granos mostrando una alta correlación, seguida por las variables altura de planta, tamaño de grano, número de granos por espiga y reacción al desgrane; las cuales, se correlacionaron de forma positiva

pero sus valores no se muestran elevadas. Mientras, que las variables número de espigas por  $m^2$  y reacción a acame mostraron una correlación negativa en el primer componente. Por lo tanto, podemos indicar que el rendimiento de grano y la variable reacción a acame son las que más manifiestan a los genotipos cultivados.

El segundo componente aportó el 19.2% de variación, donde el número de espigas por  $m^2$ , tipo de grano, peso de mil granos, altura de planta y longitud de espiga contribuyeron de forma positiva. En tanto, que el número de espiguillas por espiga, reacción a desgrane y número de granos por espiga tienen una correlación negativa. Sin embargo, la variación producida por número de espigas por  $m^2$  y número de granos por espiga, aportan para separar grupo de líneas de trigo, entonces ambas variables indican carácter de importancia para diferenciar genotipos.

El análisis de biplot, se realiza a partir de los dos primeros componentes en un plano bidimensional, la relación entre cultivares y sus características agronómicas Figura 22.

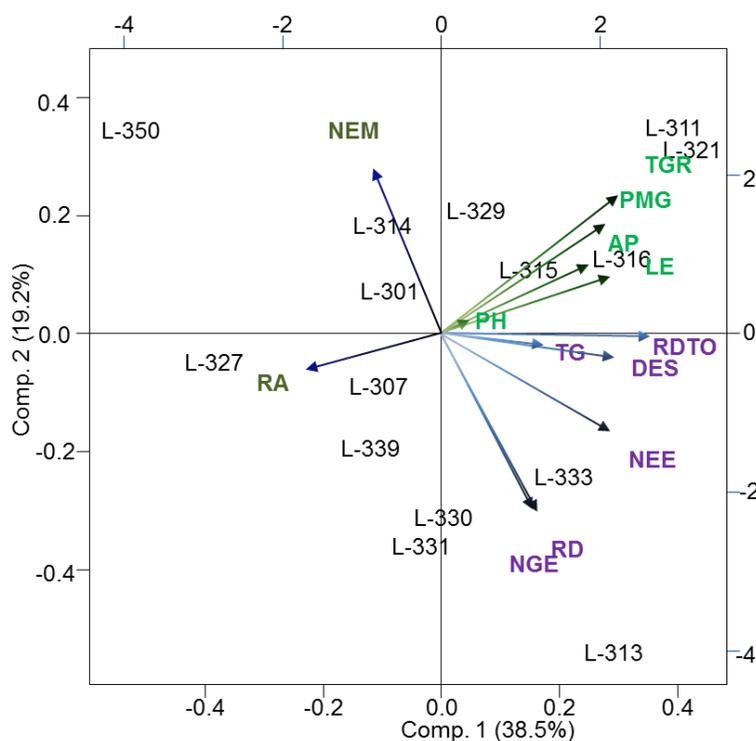


Figura 22. Diagrama del biplot sobre el comportamiento de 14 líneas de trigo, del vivero 20 SAWYT introducidas del CIMMYT, frente al testigo Tepoca 89, para el rendimiento de grano y su relación con las características agronómicas y de productividad registradas en condiciones del altiplano boliviano (C.E.A. Condoriri). Análisis genotipo x variable.

El gráfico del biplot permite concluir que las variables: tipo de grano, peso de mil granos, altura de planta, longitud de espiga y el peso hectolítrico son las más correlacionadas y mejor explicadas por la longitud de sus vectores, dentro de este grupo las primeras cuatro variables tienen magnitudes relativamente largas de sus vectores, formando ángulos menores a  $90^\circ$  entre las variables; el cual, explica una correlación alta y agrupa a las L-321, L-311, L-329, L-315 y L-316. Mientras, que las variables rendimiento, número de granos por espiga, número de espiguillas por espiga, densidad de espiga, reacción a desgrane y tamaño de grano tienen una correlación muy cercana, formando ángulos menores a  $90^\circ$ , el cual, indica una correlación entre estas variables con el fin de formar componentes de rendimiento con vectores relativamente importantes y que agrupan a las líneas L-313, L-333, L-33 y L-331 que son explicadas por estas características para generar nuevas tecnologías.

Según Ibáñez *et al.* (2006), indican que si el componente uno se correlaciona con el genotipo representa la proporción del rendimiento y se debe a la característica del genotipo, y el componente dos representa el rendimiento debido a la interacción genotipo-ambiente.

#### **4.2.5. Selección de líneas de trigo harinero con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento de grano del vivero 20 SAWYT.**

Las líneas de trigo más sobresalientes, se seleccionaron sobre la base de los parámetros agronómicos y de productividad, analizadas con anterioridad en el biplot.

En la gráfica de Trellis Figura 23, permite identificar aquellas líneas de trigo que muestran superioridad en el rendimiento de grano y estas líneas se muestran sobresalientes para poder ser seleccionadas. La gráfica de dispersión permite observar los rendimientos promedio de los genotipos, donde las líneas L-321, L-311, L-316 y L-315 son las más sobresalientes con 2132.67, 1950, 1826 y 1806  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , el rendimiento de estas líneas oscilan entre 1800 a 2200  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , mientras que las líneas L-333, L-330 y L-331 tienen rendimientos intermedios desde 1650, 1552.67 y 1528.33  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Todas estas líneas muestran adaptabilidad a las condiciones ambientales, la base de características agronómicas y de productividad que más han contribuido al rendimiento de grano fueron: el tipo de grano, peso de mil granos, altura de planta, longitud de espiga, reacción al desgrane y número de granos por espiga. Al respecto El-Hendawy *et al.* (2005), indican que el rendimiento final fue determinado por el número de espigas por planta, número de

espiguillas, número de granos por espiga y peso de los granos, donde el número de espigas estaría altamente correlacionado con el número de macollos.

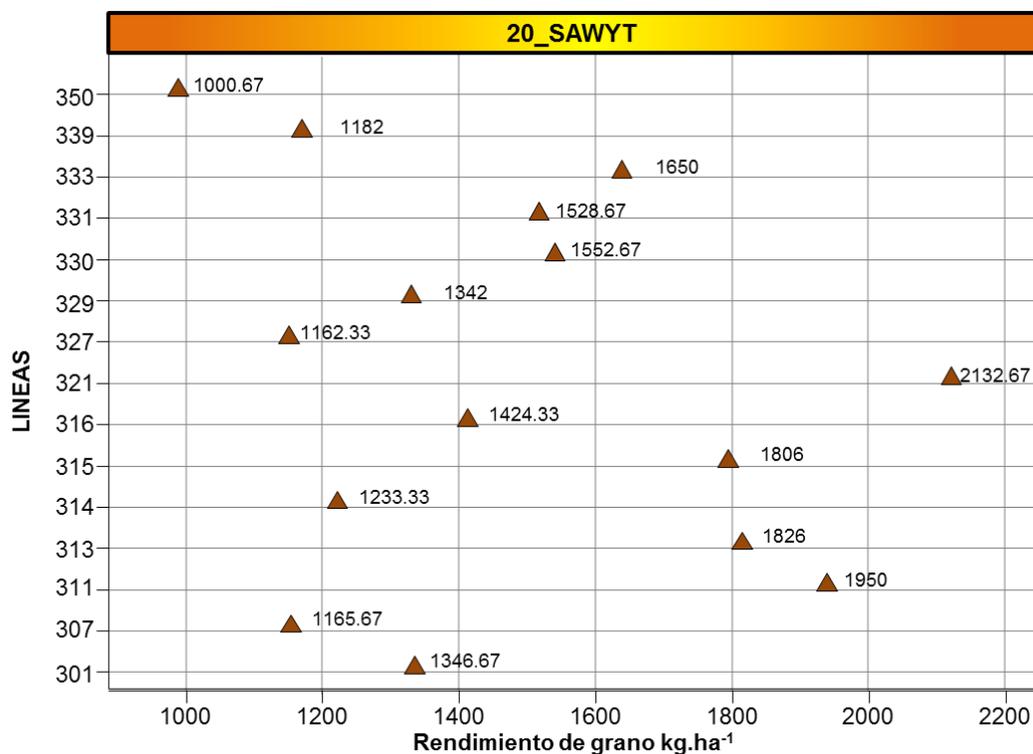


Figura 23. Gráfica de Trellis para líneas de trigo harinero y rendimiento de grano del vivero 20 SAWYT introducidas del CIMMYT, evaluadas en condiciones del altiplano boliviano durante la campaña agrícola 2012-2014, en el Centro Experimental Agropecuario Condoriri, por su adaptabilidad y al potencial de rendimiento de grano

### 4.3. Características agronómicas y de productividad del ensayo 32 ESWYT

#### 4.3.1. Análisis estadístico descriptivo de variables cuantitativas

El análisis de las variables cuantitativas, se describe en el Cuadro 9, donde se muestran las variaciones obtenidas a través de las medidas estadísticas más importantes como la media desviación estándar, observación de las mínimas y observaciones máximas, asimetría y curtosis, las cuales, se usan como criterios con la finalidad de discriminar y explicar el comportamiento individual de las características respecto a las líneas de trigo y que tienen que cumplir ciertos criterios para ser paramétricos.

Cuadro 9. Estadística descriptiva de caracteres agronómicas y de componentes de rendimiento de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero internacional 32 ESWYT introducidas del CIMMYT y de la variedad Tepoca 89, evaluadas en el altiplano central de Bolivia durante la campaña agrícola 2013-2014

Descriptores	Abre.	Media	Desv. típ.	Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo
Altura de planta <sup>¥</sup>	AP	74.82	7.2	0.00	-0.57	59.00	92.0
Longitud de espiga <sup>¥</sup>	LE	7.15	1.0	-0.36	-0.66	5.00	9.0
Numero de espigas por m <sup>2</sup>	NEM	358.00	97.4	0.45	-0.77	223.00	564.0
Numero de espiguillas por espiga	NEE	12.00	1.7	-0.07	-0.83	8.00	15.0
Numero de granos por espiga	NGE	29.00	8.3	0.65	0.87	12.00	52.0
Peso de mil granos <sup>£</sup>	PMG	37.58	5.5	-0.23	-0.88	27.00	48.0
Rendimiento <sup>®</sup>	RDTO	978.38	298.7	0.98	-0.25	619.00	1623.0
Peso hectolítrico <sup>Ⓜ</sup>	PH	68.00	4.0	-0.41	-0.10	56.00	74.0

<sup>¥</sup>centímetros (cm).

<sup>£</sup>gramos (g).

<sup>®</sup>kilogramos por hectárea (kg.ha<sup>-1</sup>).

<sup>Ⓜ</sup>kilogramos por hectolitro (kg.hL<sup>-1</sup>).

El comportamiento de las líneas de trigo, muestra características que explican la adaptabilidad de las mismas. La altura de planta tiene en promedio 74.82 cm, con un mínimo de 52 cm y un máximo de 92 cm y poseen espigas con longitud promedio de 7.15 cm, el cual, varía entre 5 a 9 cm de longitud.

El número de espigas por m<sup>2</sup> registró en promedio 358 espigas, donde la mínima fue 223 espigas y el máximo 564 espigas, cada espiga posee en promedio 12 espiguillas, el cual, puede variar de 8 a 15 unidades por espiga dependiendo de la línea. Estas espigas tienen un promedio de 29 granos, con un mínimo de 12 y un máximo de 52 granos por espiga.

Respecto al peso de mil granos el promedio general fue 37.58 gramos, e oscila entre 27 a 48 gramos, el rendimiento promedio alcanzado para las diferentes líneas fue 978.7 kg.ha<sup>-1</sup> con un rendimiento mínimo de 619 y máximo de 1623 kg.ha<sup>-1</sup>, con un peso hectolítrico de 68 kg.hL<sup>-1</sup> en promedio, el cual, varía entre 56 y 74 kg.hL<sup>-1</sup>.

#### 4.3.2. Análisis de varianza de características agronómicas y de productividad del ensayo 32 ESWYT relacionadas con la adaptabilidad

##### 4.3.2.1. Altura de planta

En el Cuadro 10, se puede apreciar que no existen diferencias estadísticas significativas entre líneas de trigo harinero. El coeficiente de variación fue del 8.9%, el cual está dentro de los rangos de variación aceptable.

Cuadro 10. Análisis de varianza individual para las variables cuantitativas de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89 (T-89), evaluadas en la gestión agrícola 2013-2014 en el altiplano central boliviano. Las características agronómicas y de productividad relacionadas con la adaptabilidad son: altura de planta (**AP**), longitud de espiga (**LE**), número de espiga por m<sup>2</sup> (**NEM**) y número de espiguillas por espiga (**NEE**)

FV	DF	CM							
		AP	Pr > F	LE	Pr > F	NEM	Pr > F	NEE	Pr > F
<b>BLOQ</b>	2	15.545	0.708ns	5.865	0.003**	2256.267	0.780ns	22.867	<.0001**
<b>LINEAS</b>	14	73.447	0.126ns	0.516	0.806ns	11511.771	0.279ns	3.086	0.013**
<b>E. EXP.</b>	28	44.476		0.802		8991.410		1.152	
$\bar{X}$		74.8		7.1		358		12	
<b>C. V.</b>		8.9%		12.5%		26.5%		9.1%	

CM: Cuadrado medio

Pr: Nivel de significancia al 5%

\*\* : Muy significativo

ns: No significativo.

En condiciones ambientales del altiplano central boliviano la altura de planta alcanzó en promedio 74.8 cm debido a una característica genética que poseen las líneas de trigo harinero. En la Figura 24, se puede observar que las diferentes líneas de trigo harinero muestran un comportamiento que varían en altura, donde la L-101 (T-89), L-107 y L-123 presentaron la máxima altura de planta que varían entre 82.7 y 80.3 cm respectivamente. Al contrario las líneas L-120, L-142 y L-121 registraron alturas mínima que varían entre 69.3 y 67.7 centímetros respectivamente.

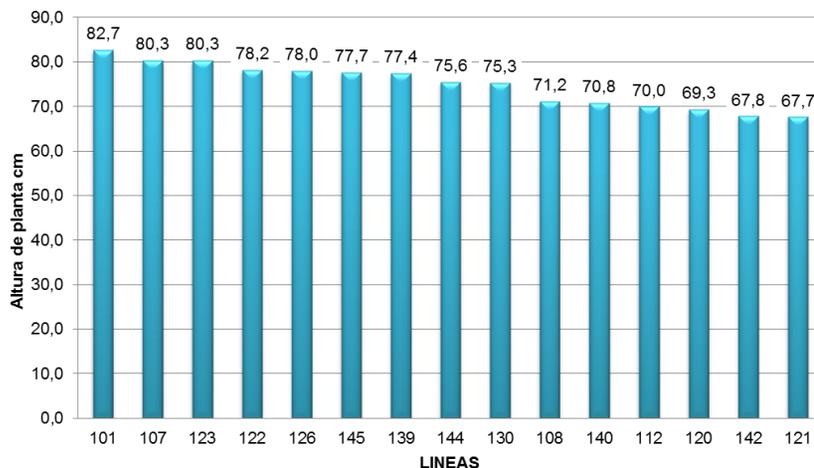


Figura 24. Altura de planta de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

Es importante indicar que la altura de planta muestra una relación con el rendimiento de grano, puesto que las líneas con menor altura no superan el rendimiento promedio. Por lo que, se considera importante en el rendimiento por la acumulación de materia seca y capacidad fotosintética de la planta. Por su parte Cáceres (2010), indica que los trigos con promedios menores a 100 cm, están por debajo de los trigos semienanos, el cual repercutiría en el rendimiento de grano, por contar con menor biomasa en la planta y por ende menor captación de energía solar afectando en la fotosíntesis.

#### 4.3.2.2. Longitud de espiga

El análisis de varianza Cuadro 10, muestra que la longitud de espiga, no presentó diferencias estadísticas significativas entre líneas de trigo harinero. Las líneas establecidas tienen un promedio general del 7.1 cm de longitud de espiga, con un coeficiente de variación de 12.5%, el cual, indica un manejo adecuado y la confiabilidad en los datos.

En la Figura 25, se observa que las líneas L-123, L-140 y L-101 (T-89) muestran los promedios máximos que varían entre 7.7 y 7.5 centímetros respectivamente. Y las líneas con menor longitud están representadas por las: L-144, L-145 y L-112 que oscilan entre 6.7 y 6.2 cm de longitud de espiga.

Esta variable, es determinada por el número de espiguillas y el número de granos por espiga, el cual influye directamente en el rendimiento de grano. Al respecto Pour *et al.*

(2012), indican que la longitud de espiga tiene una correlación positiva con el número de macollos fértiles, número de granos por espiga, número de espigas, número de espiguillas, peso de mil granos y rendimiento de grano.

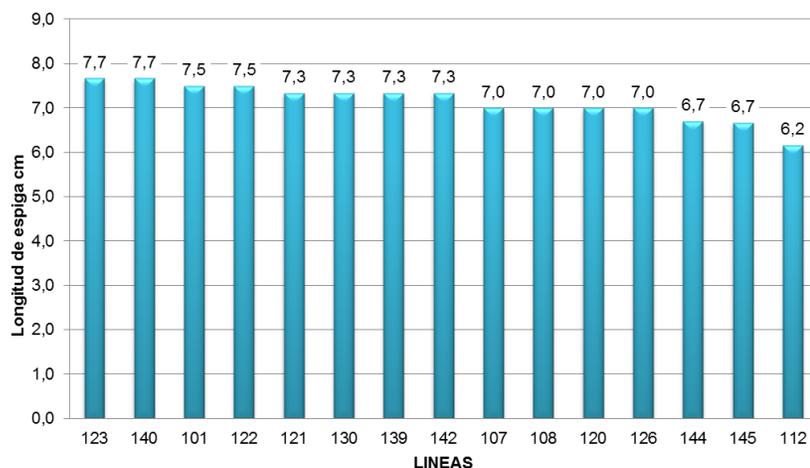


Figura 25. Longitud de espiga de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

#### 4.3.2.3. Número de espigas por m<sup>2</sup>

En el análisis de varianza para el número de espigas por m<sup>2</sup> Cuadro 10, no se muestra diferencias estadísticas significativas entre líneas de trigo harinero. El coeficiente de variación fue de 26.5% en el ensayo establecido.

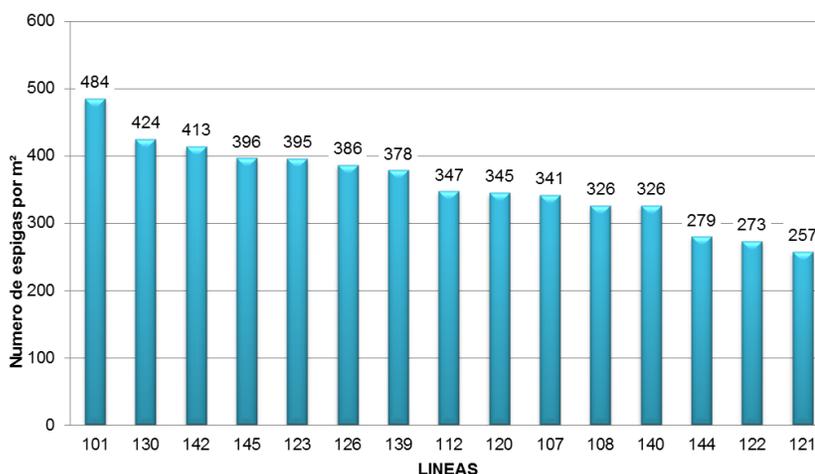


Figura 26. Número de espigas por m<sup>2</sup> de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

En la Figura 26, se puede apreciar aquellas líneas que tienen un buen número de espigas por m<sup>2</sup> y son las siguientes: L-101 (T-89), L-130 y L-142 con 484, 424 y 413 espigas por unidad de área. Sin embargo, existen líneas que obtuvieron un reducido número de espigas y estas están representadas por las: L-144, L-122 y L-121 con registros de 279, 273 y 257 unidades.

Su importancia radica en que esta variable contribuye en el rendimiento máximo del grano, pero puede ser limitado por la fertilidad de los macollos, aplicación de nitrógeno, carácter varietal y factores ambientales. Por lo que Zarei *et al.* (2013), indican que debe considerarse en estrategias de selección en programas de mejoramiento.

#### 4.3.2.4. Número de espiguillas por espiga

Al efectuar el análisis de varianza Cuadro 10, se puede apreciar que existen diferencias estadísticas significativas entre líneas de trigo harinero. El coeficiente de variación fue de 9.1%, lo que demuestra que los datos obtenidos son confiables.

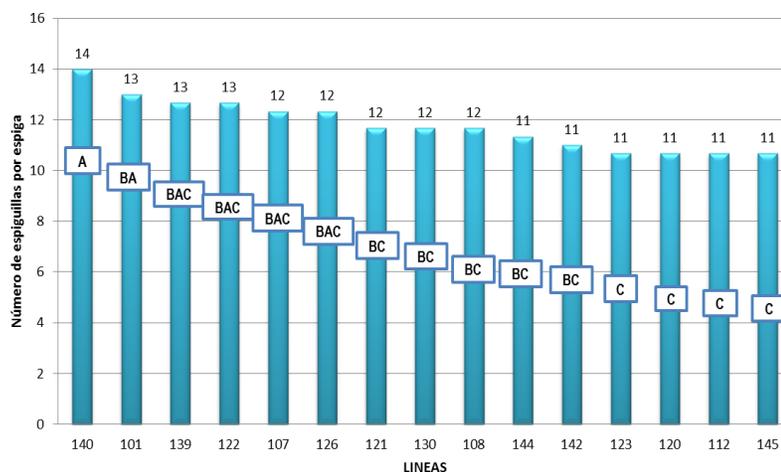


Figura 27. Prueba de medias de Duncan para el número de espiguillas por espiga, en la selección de líneas elite de trigo con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento, sobre la base de características agronómicas y de componentes de rendimientos, en 14 líneas del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT y una variedad local T-89, evaluada en las condiciones del Altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

Al realizar la prueba de medias Figura 27, los materiales que presentaron mayor número de espiguilla por espiga son: L-140, L-101 (T-89) y L-139 con un número que varía entre 14 y 13 espiguillas en promedio. Sin embargo, las líneas L-120, L-112 y L-145 tienen en promedio 11 espiguillas, estas registran entre los más bajos, en cuanto al número de

espiguillas. Esta variable es un componente del rendimiento, aunque puede ser afectada por las condiciones ambientales durante la fase vegetativa.

#### 4.3.2.5. Número de granos por espiga

El análisis de varianza para el número de granos por espiga Cuadro 11, muestra que no existen diferencias significativas entre líneas de trigo. El coeficiente de variación fue de 27.5%, el cual, está dentro de los rangos estadísticos aceptables. Y el promedio general del número de granos por espiga fue 29 granos.

Cuadro 11. Análisis de varianza individual para las variables cuantitativas de líneas avanzadas de trigo harinero del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89 (T-89), evaluadas en la gestión agrícola 2013-2014 en el altiplano central boliviano. Las características agronómicas y de productividad relacionadas con la adaptabilidad son: número de granos por espiga (**NGE**), peso de mil granos (**PMG**), rendimiento (**RDTO**) y peso hectolítrico (**PH**)

FV	GL	CM							
		NGE	Pr > F	PMG	Pr > F	RDTO	Pr > F	PH	Pr > F
<b>BLOQ</b>	2	252.156	0.033*	19.756	0.289ns	104410.756	0.083ns	1.622	0.821ns
<b>LINEAS</b>	14	49.546	0.699ns	61.784	0.001**	188961.803	0.000**	37.641	0.000**
<b>E. EXP.</b>	28	65.060		15.232		38299.637		8.146	
$\bar{X}$		29		37.6		978		68	
<b>C. V.</b>		27.5		10.4		20.0		4.2	

CM: Cuadrado medio.

\*: Significativo.

Pr: Nivel de significancia al 5%.

ns: No significativo

\*\* : Muy significativo.

El número de granos por espiga es una característica muy importante en la contribución del rendimiento, el cual puede variar de acuerdo al genotipo y su adaptación a las condiciones al que se le somete. En la Figura 28, se observan aquellas líneas que expresaron un máximo número de granos, tal es el caso de las L-144, L-140 y L-123 que registraron 38, 34 y 33 granos por espiga, entre las que mayor se destacan sobre las demás líneas. En cuanto, a las líneas con un menor número de granos por espiga están representadas por: L-120, L-122 y L-121 con promedios que oscilan de 26, 25 y 21 unidades respectivamente.

Sin embargo, esta variable en el espigamiento y durante la formación del grano es susceptible a sufrir daños por granizadas que se presentan en las zonas altiplánicas, estos eventos pueden causar grandes pérdidas en el rendimiento de grano especialmente en aquellas líneas precoces, la pérdida de grano por espiga puede ser severamente

afectada, este daño depende de la intensidad y duración con que se manifieste la granizada.

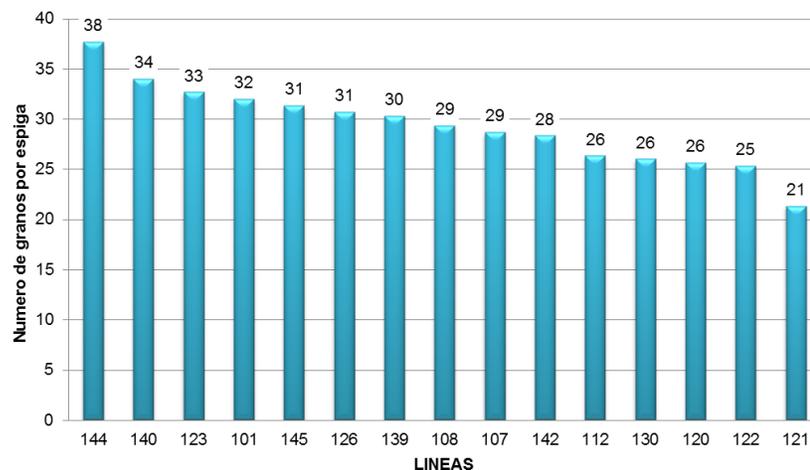


Figura 28. Numero de granos por espiga de 14 líneas de trigo harinero y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del altiplano boliviano en la gestión agrícola 2013-2014.

Según Martín *et al.* (2011), indican que el número de granos por m<sup>2</sup> depende de la radiación interceptada y de la temperatura que controla la duración del periodo de crecimiento de las espigas.

#### 4.3.2.6. Peso de mil granos

Según el análisis de varianza realizado Cuadro 11, se puede apreciar que existen diferencias estadísticas muy significativas entre líneas de trigo harinero para el peso de mil granos. El promedio general obtenido para esta variable fue 37.6 gramos, con un coeficiente de variación del 10.4%, el cual, nos refleja la confiabilidad de los datos.

Al realizar la prueba de medias en la Figura 29, se puede apreciar aquellas líneas que presentan un buen peso de los granos, las cuales son: L-140, L-126 y L-108 con promedios de 44, 42 y 41 gramos respectivamente. Y entre las líneas con un menor peso de mil granos están las L-112, L-145 y L-121 con 32, 32 y 30 gramos respectivamente, este comportamiento se debe al proceso de adaptación que sufren los genotipos durante su ciclo.

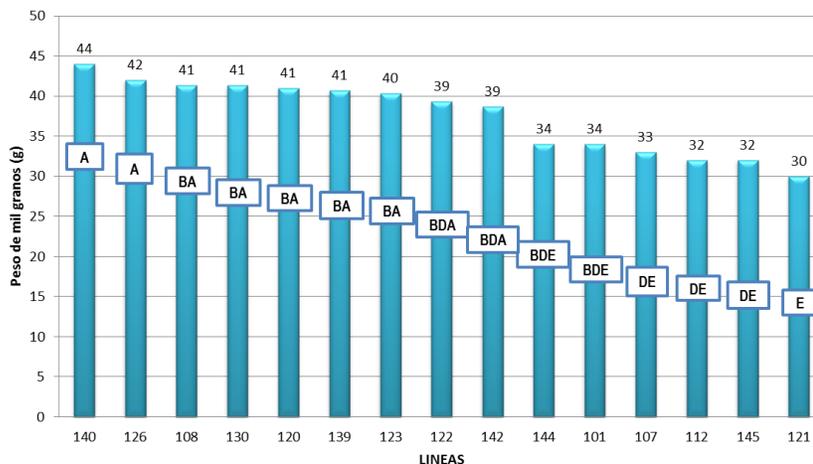


Figura 29. Prueba de medias para peso de mil granos, en la selección de líneas élite de trigo con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento, sobre la base de características agronómicas y de componentes de rendimientos, en 14 líneas del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT y de la variedad Tepoca 89, evaluada en condiciones del Altiplano central boliviano en la gestión 2013-2014

Sin embargo, existen factores que determinan esta variable, como ser el llenado de grano por la movilización de los asimilados hacia los órganos reproductivos y la duración del periodo como respuesta de estas limitaciones, se tiene la presencia de granos chupados (chuzos) en las diferentes líneas de trigo. Al respecto Calderni (2011), indica que el peso de los granos, está vinculado al peso de los carpelos florales en el momento de la polinización de las flores durante la etapa pos-antesis, estas muestran asociación con el peso final, de modo que un mayor peso en los carpelos en la antesis permitiría un mayor volumen de grano, especialmente mediado por el largo de grano.

#### 4.3.2.7. Rendimiento

El análisis efectuado para el rendimiento de grano Cuadro 11, se puede observar un alto nivel de significancia entre líneas de trigo harinero que son evaluadas por su adaptabilidad y alto potencial de rendimiento. El coeficiente de variación fue de 20%, el cual, indica que están dentro de los parámetros estadísticos aceptables.

Al realizar la prueba de medias Figura 30, se identificó aquellas líneas de trigo, que se manifiestan como las más sobresalientes del grupo: L-126 L-139 y L-140 con rendimiento que oscilan entre 1415, 1356 y 1345 kg.ha<sup>-1</sup> respectivamente. Mientras, que las líneas menos productivas en condiciones ambientales de estudio son: L-145, L-121 y L-120 con registros que varían de 773, 690 y 662 kg.ha<sup>-1</sup> con los rendimientos más bajos en

comparación con los demás líneas mencionadas con anterioridad. En cuanto, a la variedad Tepoca 89 (L-101) tiene un rendimiento promedio de 1233 kg.ha<sup>-1</sup>, ubicándose entre los primeros cuatro genotipos con mayor rendimiento de grano.

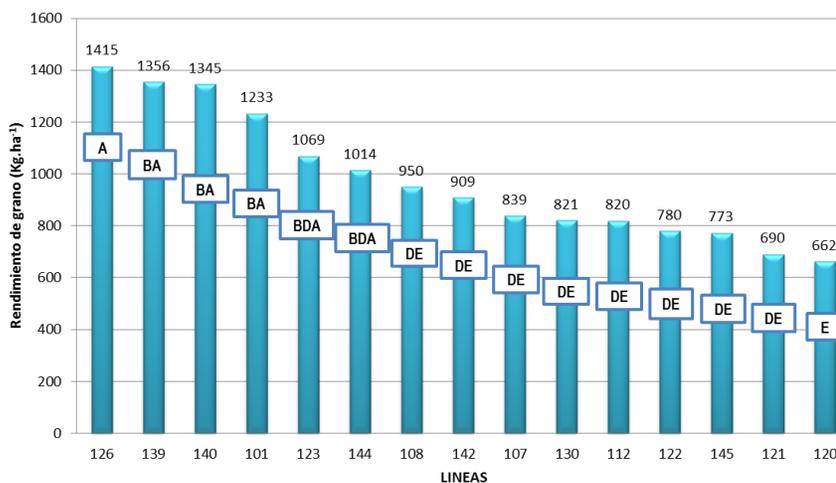


Figura 30. Prueba de medias para el rendimiento, en la selección de líneas elite de trigo con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento, sobre la base de características agronómicas y de componentes de rendimientos, en 14 líneas del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT y de la variedad local Tepoca 89, evaluada en condiciones del Altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

El rendimiento está relacionado con las variables número granos por espiga, número de espiguillas por espiga, peso de mil granos, número de espigas por metro m<sup>2</sup>, longitud de espiga, altura de planta y peso hectolítrico que influyeron en el rendimiento de grano. Al respecto Slafer (2003), citado por Sotelo *et al.* (2006), indica que el rendimiento de grano se puede explicar a través de los factores que definen el rendimiento como el número de espigas, número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga y peso de los granos. Por su parte Konvalina *et al.* (2011), indican que el rendimiento de grano sería afectado seriamente por un menor capacidad de utilizar los asimilados para el crecimiento de los órganos generativos.

#### 4.3.2.8. Peso hectolítrico

En el análisis de varianza Cuadro 11, se muestra que existen diferencias altamente significativas entre líneas de trigo harinero en el peso hectolítrico. El coeficiente de variación fue del 4.2%, indicando la confiabilidad en los datos.

Al efectuar la prueba de medias Figura 31, se puede observar diferentes grupos que están agrupados: en el primero grupo (A) está la L-126 con un peso hectolítrico de 74 kg.hL<sup>-1</sup>, seguida por las líneas L-140 y L-130 que conforman un segundo grupo BA con 73 y 71 kg.hL<sup>-1</sup>, estas líneas son las que se muestran más sobresalientes y poseen mejor peso hectolítrico. Mientras, que las líneas L-145, L-139 y L-144 tienen el peso hectolítrico más bajo que registran entre 65, 63 y 60 kg.hL<sup>-1</sup> respectivamente. Respecto a la variedad Tepoca 89 alcanzó un peso hectolítrico de 66 kg.hL<sup>-1</sup>, encontrándose debajo de la media general registrada.

Esta variable, es un indicador del llenado del grano, parámetro que es definido principalmente por la morfología del grano y es una característica varietal. Al respecto Peña, *et al.* (2008), indican que cuando el grano no está completamente lleno los valores del peso hectolítrico son bajos.

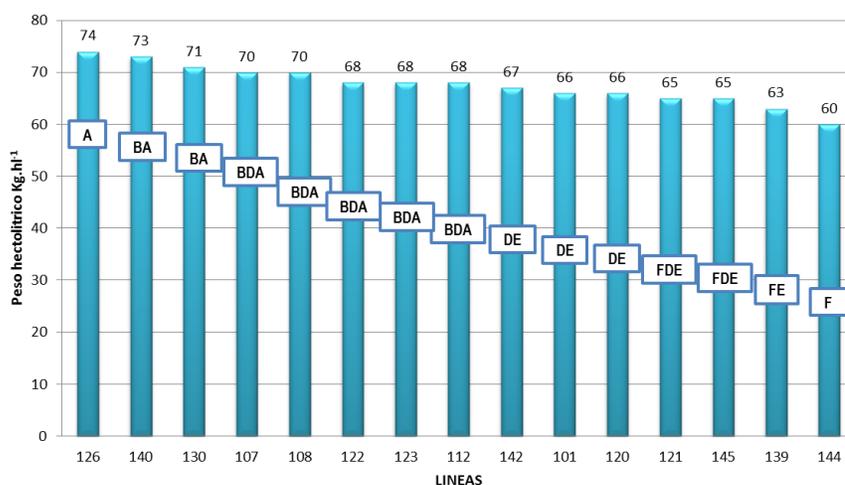


Figura 31. Prueba de medias para el peso hectolítrico, en la selección de líneas elite de trigo con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento sobre la base de características agronómicas y de componentes de rendimientos, de 14 líneas del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT y de la variedad local Tepoca 89, evaluado en condiciones del Altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

#### 4.3.3. Análisis cualitativo de características agronómicas y de productividad del vivero 32 ESWYT

El análisis de las variables cualitativas Cuadro 12, se muestran por categorías y se describen los valores más frecuentes ordenados según su magnitud respecto al descriptor utilizado.

Cuadro 12. Análisis descriptivo de las variables cualitativas de 14 líneas avanzadas del trigo harinero del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT, y de la variedad Tepoca 89, evaluada en la gestión agrícola 2013-2014

Descriptor	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Reacción a acame	Susceptible	1	6.7
	Moderadamente tolerante	12	80.0
	Tolerante	2	13.3
Reacción a desgrane	Muy susceptible	1	6.7
	Susceptible	5	33.3
	Moderadamente tolerante	9	60.0
Densidad de espiga	Laxa	4	26.7
	Moderadamente compacta	9	60.0
	Compacta	2	13.3
Tipo de grano	Chupado	6	40.0
	Casi lleno	7	46.7
	Lleno	2	13.3
Tamaño de grano	Grano mediano (6-7mm)	12	80.0
	Grano grande (>7mm)	3	20.0

Los resultados muestran un comportamiento variado de tolerancia en condiciones ambientales en que se desarrolló el cultivo. Al menos el 80% de las líneas son moderadamente tolerante a reacción a acame y un 13.3% se muestran tolerantes. Y la variable reacción a desgrane muestra que el 33.3% es susceptible y el 60% de las líneas son moderadamente tolerantes. Las líneas de trigo muestran que el 26.7% son espigas laxas y el 60% son moderadamente compactas. En cuanto, al tipo de grano que tienen las diferentes líneas, muestran que un 40% son granos chupados (chuzos) y el 46.7% son granos casi llenos. En tanto, que el 80% de las líneas son granos de tamaño mediano (6-7mm) y el 20% presentan granos de tamaño grande (>7mm).

En el Anexo 7, se muestra las características cualitativas por genotipo, lo que reafirma la información del Cuadro 12, lo cual corrobora el cuadro de resumen que antecede; en el cual, se describe las características generales de las líneas de trigo harinero.

#### 4.3.4. Análisis de componentes principales

Al realizar el análisis de componentes Figura 32, se puede apreciar que los dos primeros componentes (CP1 y CP2) no representan más del 50% de la varianza acumulada, por tanto, es necesario sumar un tercer componente principal (CP3) y tener más del 50% de varianza acumulada y permitirá interpretar confiablemente las correlaciones que existen entre las variables.

Los tres componentes explican el 63.3% de varianza acumulada, determinando patrones de similitud entre los genotipos estudiados y la relación con las variables, los cuales contribuyen a la formación de los componentes. Por tanto, el primer componente explica el mayor porcentaje de variación y fue definido principalmente por las variables rendimiento, número de espiguillas por espiga, tipo de grano, peso de mil granos, número de granos por espiga, densidad de espiga, reacción a acame, longitud de espiga, peso hectolítrico, número de espigas por m<sup>2</sup>, y altura de planta correlacionándose de forma positiva; mientras, que la variable tamaño de grano se correlacionó de forma negativa en el primer componente.

El segundo componente, representa el 21% de la variación y fue explicada principalmente por reacción al desgrane, tamaño de grano, altura de planta, numero de espiguillas por espiga y rendimiento de grano, estas variables se correlacionaron de forma positiva. En cuanto, a longitud de espiga, reacción a acame, peso hectolítrico, densidad de espiga, tipo de grano y numero de granos por espiga se correlacionaron de forma negativa en el componente dos.

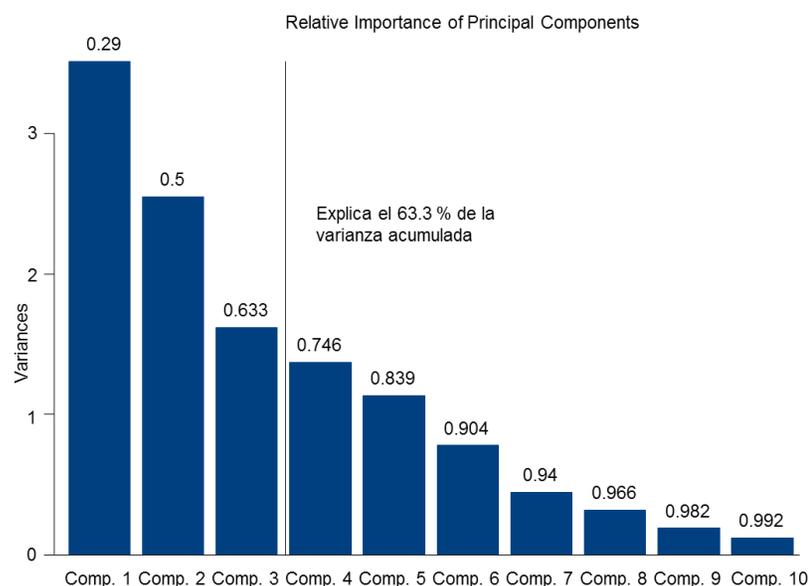


Figura 32. Gráfico de sedimentación de los componentes principales, sobre la base de características agronómicas y de productividad en adaptabilidad de 14 líneas de trigo harinero del vivero 32 ESWYT, y de la variedad Tepoca 89, evaluada en el altiplano central boliviano en la gestión agrícola 2013-2014

En cuanto, que el tercer componente contribuyó un 13.3% de la varianza, donde las variables con los coeficientes más elevados fueron representadas por la densidad de espiga, número de espiguillas por espiga, reacción al desgrane, número de granos por



El segundo grupo de variables están conformadas por peso de mil granos, peso hectolítrico, tipo de grano y longitud de espiga con los vectores más representativos, en tanto, que el número de espigas por m<sup>2</sup> tiene un vector relativamente corta, estas variables se encuentran altamente correlacionadas, en cuanto, al tamaño de grano muestra un vector importante por su longitud y esta presenta un ángulo amplio, lo que indica correlación mínima respecto a las demás variables.

#### 4.3.5. Selección de líneas de trigo harinero con adaptabilidad y alto potencial de rendimiento de grano del vivero 32 ESWYT

Las líneas de trigo harinero más sobresalientes se muestran en la Figura 34, las cuales, se seleccionaron sobre la base de los parámetros agronómicos y de productividad, analizadas con anterioridad en el biplot.

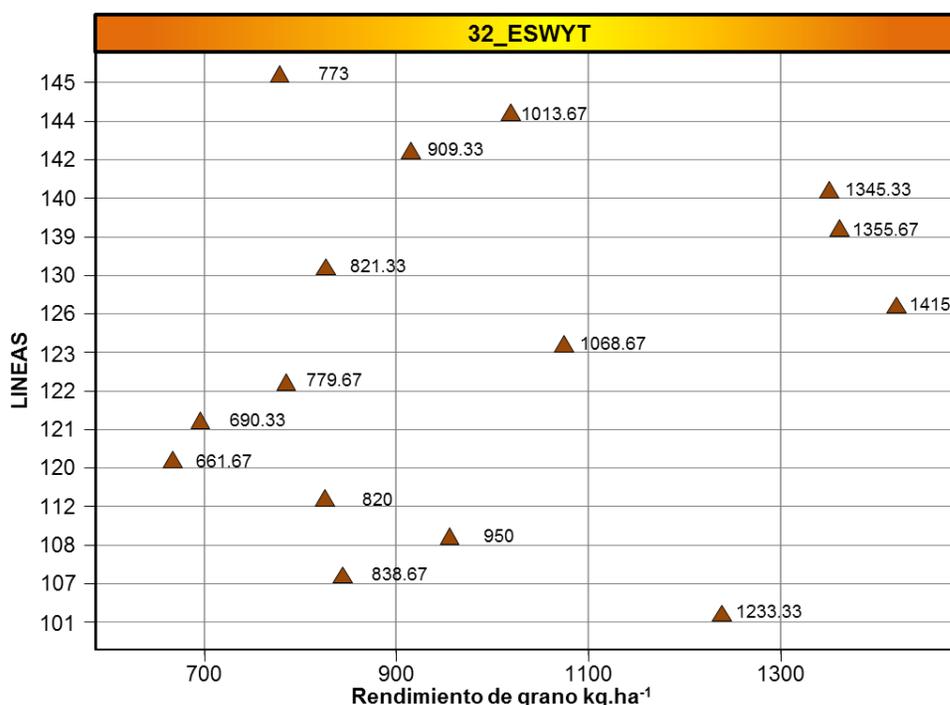


Figura 34. Gráfica de Trellis para líneas de trigo harinero y rendimiento de grano del vivero 32 ESWYT introducidas del CIMMYT, evaluadas en condiciones del altiplano boliviano durante la campaña agrícola 2012-2014, en el Centro Experimental Agropecuario Condoriri, por su adaptabilidad y al potencial de rendimiento de grano

En la gráfica de Trellis, se pudo observar aquellas líneas más sobresalientes, con características agronómicas y de productividad propias de cada línea que contribuyeron en el rendimiento final del grano. En consecuencia, el análisis nos permite visualizar las

líneas con mayor rendimiento de grano, donde se pueden identificar a las L-126, L-139, L-140 con los mejores rendimientos de grano, que oscilan entre 1415, 1356 y 1345 kg.ha<sup>-1</sup> mostrando superioridad sobre el testigo variedad Tepoca 89 (L-101), mientras que las L-123, L-144, L-108 y L-142 tienen rendimientos promedios de 1068.67, 1013.67, 950 y 909.33 kg.ha<sup>-1</sup>, estas líneas fueron superadas por la variedad testigo Tepoca 89 (L-101), el cual logró obtener un rendimiento promedio de 1233 kg.ha<sup>-1</sup>.

Las variables que más contribuyeron en el rendimiento de grano son: el peso de mil granos, número de granos por espiga, número de espiguillas por espiga, longitud de espiga, densidad de espiga, tipo de grano y peso hectolítrico, estas variables incrementan la productividad de las líneas y por lo tanto, muestran superioridad de los genotipos. Al respecto Ahmed *et al.* (2010) y Gelalcha y Hanchinal (2013), indican que el rendimiento se puede asociar a rasgos como el número de espigas por m<sup>2</sup>, número de granos por espiga, y peso de mil granos, las cuales, se pueden utilizar en la selección de genotipos con rasgos específicos y de alto rendimiento de grano.

## 5. CONCLUSIONES

A lo largo de la presente investigación se logró demostrar que las líneas de trigo harinero en los viveros evaluadas muestran adaptabilidad a las condiciones del ambiente en estudio, el comportamiento de estas líneas se deben a ciertas características que determinan la productividad y permiten identificar aquellas líneas con buen rendimiento de grano para las condiciones del altiplano.

Características agronómicas de las líneas de trigo en tres viveros 19 SAWT, 20 SAWYT y 32 ESWYT del (CIMMYT).

- Las características agronómicas y de productividad de las líneas del vivero 19 SAWYT en condiciones del altiplano, influyen de forma importante en el cultivo, como se pone de manifiesto por la alta correlación encontrada entre el rendimiento y las variables altura de planta, número de espiguillas por espiga y peso de mil granos para la línea L-330, mientras que la líneas L-349 es altamente influenciado por el número de espigas por m<sup>2</sup>, longitud de espiga y densidad de espiga.
- En el 20 SAWYT las características que definen a las líneas bajo condiciones del estudio fueron: altura e planta, longitud de espiga, número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga y peso de mil granos, estas características contribuyen a la determinación del rendimiento. Al analizar estas características se puede observar que están altamente correlacionadas y determinan a las líneas más sobresalientes y, se pueden identificar a las L-321 y L-311 que se deben principalmente a la altura de planta, longitud de espiga, peso e mil granos y tipo de grano.
- En tanto, que las característica agronómicas y de productividad más importantes en las líneas del vivero 32 ESWYT están conformadas por el número de granos por espiga, el cual está correlacionada con densidad de espiga, mientras que el peso de mil granos tiene una correlación con tipo de grano y peso hectolítrico, y las más sobresalientes por su productividad fueron L-126 y L-140.

Estas características agronómicas y de productividad que expresaron las diferentes líneas en los tres viveros en el altiplano central boliviano, enmascaran ciertos atributos que poseen los genotipos para adaptarse a las condiciones del ensayo, las cuales, conforman un grupo muy importante y una mejor combinación de estas características implicaría

aumentos en el rendimiento de grano, de manera que permitan realizar la selección de aquellas líneas promisorias y que permitan cerrar las brechas tecnológicas existentes.

Identificación de líneas de trigo por vivero más sobresalientes del CIMMYT.

- Las líneas más sobresalientes del vivero 19 SAWYT fueron L-349, L-330, L-313, L-334 y L-337 que obtuvieron rendimientos de 1476, 1446.33, 1343, 1296.33 y 1271.67 kg.ha<sup>-1</sup> mostrando los rendimientos superiores a la media general y al testigo Tepoca 89 en un 20.56 y 7.4% respectivamente.
- En cuanto, a las líneas más sobresalientes del vivero 20 SAWYT fueron las L-321, L-311, L-316, L-315 y L-333 con rendimientos que oscilan desde 2132.67, 1950, 1826, 1806 y 1650 kg.ha<sup>-1</sup> respectivamente, superando al testigo Tepoca 89 en un 37 y 19 % respectivamente.
- Las líneas más representativas del vivero 32 ESWYT fueron L-126, L-139 y L-140 con rendimientos de 1415, 1356 y 1345 kg.ha<sup>-1</sup>, estas líneas superan al testigo Tepoca 89, mientras que las líneas L-123 y L-144 tienen rendimientos de 1068.67 y 1013.67 kg.ha<sup>-1</sup> por debajo de la variedad Tepoca 89.

La superioridad en el rendimiento de grano de las líneas de trigo evaluados en condiciones del altiplano boliviano, se debe a características agronómicas propias de cada genotipo que se correlacionan para expresar su máximo potencial genético en el ambiente establecido.

## 6. RECOMENDACIONES

Es preciso continuar con la investigación y ampliar los ensayos en otras localidades de la zona durante las siguientes gestiones agrícolas, con el fin de hacer el seguimiento a los materiales que presenten buena adaptabilidad y alto potencial de rendimiento para identificar genotipos con mejores características para la zona altiplánica.

Se recomienda realizar más estudios sobre los tres viveros en la zona, con el fin de determinar y explicar el comportamiento de las características agronómicas y de productividad con las variaciones climáticas que se presentan.

Por las condiciones climáticas en la zona, la presencia de las granizadas es frecuente; por lo que afecta en gran parte en la etapa del llenado de grano en el cultivo, desgranando las espigas, por el cual, es preciso identificar aquellas líneas de trigo que sean tolerantes al desgrane y a la vez presenten altos rendimientos de grano.

Se recomienda observar el comportamiento de las líneas más sobresaliente en los tres viveros: vivero 19 SAWYT (L-349, L-330, L-313, L-334 y L-337), vivero 20 SAWYT (L-321, L-311, L-316, L-315 y L-333) y del vivero 32 ESWYT (L-126, L-139, L-140, L-123 y L-144) en futuras investigaciones que se realicen en estas condiciones ambientales.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, L. y Pistorale, S. 2011. Análisis de la estabilidad y adaptabilidad de caracteres de interés agronómico en genotipos selectos de cebadilla criolla (*Bromus catharticus*). Agriscientia, 28 (2): 109-117.
- Abeledo, G. y Miralles, D. J. 2011. Manejo del nitrógeno en interacción con otros estreses en trigo y cebada: uso de modelos de simulación agronómica. CYTED. Montevideo, Uruguay. 59-67 p.
- Acevedo, E.; Silva, P. y Silva, H. 2002. El crecimiento del trigo y de la fisiología. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación). Roma.
- Acevedo, E. 2010. Adaptación de las plantas al medioambiente. www.sap.uchile.cl. 10 p.
- AEMP (Autoridad de Fiscalización y Control Social de Empresas). 2012. Estudio de la harina de trigo. La Paz, Bolivia 40 p.
- Ahmed, L. K.; Ali, S. M.; Afzal, A. M.; Umar, D. M.; Sher, M. M. y. Pirzada, A.J. 2010. Comparative performance of wheat advance lines for yield and its associated traits. World Applied Sciences Journal 8 (Special Issue of Biotechnology & Genetic Engineering): 34-37.
- Aquino, M. P.; Peña, R.J. y Ortiz, M. I. 2009. México y el Cimmyt. México. 44 p.
- Balbuena, M. A.; González, H. A.; Rosales, R. E.; Domínguez, L. A.; Franco, M. O. y Pérez L. D.J. 2008. Identificación de genotipos sobresalientes de trigo en el valle de Toluca, México. Agricultura Técnica en México, 34(2): 257-261.
- Barberis, A. N. 2014. Evolución y perspectiva mundial y nacional de la producción y el comercio de trigo. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria).pe
- Bast, R.; Cáceres, L.; Méndez, M. y Currie, H. 2005. Evaluación del rendimiento de cultivo de trigo bajo riego y secano, con base azufrada y dosis crecientes de Nitrógeno. Facultad de Ciencias Agrarias – UNNE. 1-3 p.

- Belenguer, J. I. 2008. Mercado de cereales: impacto en la industria de harinas. Asociación de fabricantes de harinas y sémolas de España, 15(12).
- Bifani, P. 1999. Medio ambiente y desarrollo sostenible. 4ta ed., Rev. Madrid: instituto de Estudios Políticos para América Latina y África (IEPALA). 385-386 p.
- Bilgin, O.; Korkut, K. Z; Başer, I.; Dağlıoğlu, O.; Öztürk, İ y Kahraman, T. 2008. Determination of variability between grain yield and yield components of durum wheat varieties (*Triticum durum* Desf.) in thrace region. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 5(2): 101-109.
- Bioteconología. Fitomejoramiento (en línea). Consultado el 20 de abr. 2015. Disponible en: <http://asabioteconologia.com.ar/fitomejoramiento#>
- Blum, A. 2013. Prologo. En Reynolds M.P., Pask A.J.D., Mullan D.M. y Chávez-Dulanto P.N. (Eds.) (2013). Fitomejoramiento Fisiológico I: Enfoques Interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo. México, D.F.: CIMMYT.
- Cáceres, F. M. 2010. Adaptación y rendimiento de tres líneas seleccionadas (CIMMYT-México) de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), con siembras escalonadas en la E.E.A. El Mantaro. Tesis Ing. Agro. Jauja-Perú, Universidad Nacional del Centro del Perú. 77 p.
- Calderini, F y Slafer, G. A. 2003. Determinación del peso de los granos en trigo. La Estanzuela, Uruguay. CIMMYT-INIA.
- Calderini, F. D. 2011. Determinación del peso potencial de grano y su respuesta al estrés abiótico en trigo y cebada. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Montevideo, Uruguay. 21-26 p.
- Cambio, 2014. Regiones del occidente tendrán buena producción de trigo. Periódico del estado plurinacional de Bolivia-CAMBIO, La Paz, BOL, jun. 18:10A.
- Capdevielle, M. F., 2003. Integración de información molecular y agronómica vía análisis discriminante: una estrategia para utilizar métodos de clasificación en mejoramiento genético. La Estanzuela, Uruguay. CIMMYT-INIA.

- Castañeda, S. C.; López, C. C.; Molina M. J.; Colinas, L. T.B. y Livera, H. A. 2004. Crecimiento y desarrollo de cebada y trigo. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 27(2):167 – 175.
- Castro, N.; Domínguez, R. y Paccapelo, H. 2011. Análisis del rendimiento de grano y sus componentes en cereales sintéticos (Tricepiros y Triticales). Rev. de la Fac. de Agronomía – UNL Pam, 22: 13-21.
- Catón, V. A. 2013. Trigo perspectivas de un mercado complicado. Fuente de datos USDA. Cooperativas agro-alimentarias. 1-10 p.
- Clima en Oruro. Datos reportados por la estación meteorológica: 852420 (SLOR) (en línea) Consultado el 24 de enero 2015. Disponible en: <http://www.tutiempo.net/clima/Oruro/2014/852420.htm>
- Cubillos, G. A. 2003. La utilización de los recursos genéticos por la genotecnia. La Estanzuela, Uruguay. CIMMYT-INIA. 205-220 p.
- Cuellar, T. H. 2001. Evaluación de un grupo elite de genotipos de trigo y triticales mediante análisis de estabilidad en el altiplano potosino. Tesis (doctorado). Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, MX.
- Díaz, R. y Abadía, T. 1998. Rendimiento potencial y brechas tecnológicas de trigo en el Uruguay y en el Cono Sur. La Estanzuela, Uruguay. CIMMYT-INIA.
- Dimitrijević, M.; Knežević, D.; Petrović S. y Zečević, V. 2002. Variability and stability of harvest index in wheat (*Triticum aestivum* L.). Kragujevac J. Sci., 24: 91-96.
- El-Hendawy, S. E.; Hu, Y.; Yakout, G. M.; Awad, A. M.; Hafiz, S. E.; Schmidhalter, U. 2005. Evaluating salt tolerance of wheat genotypes using multiple parameters. Europ. J. Agronomy 22: 243–253.
- FAM - Bolivia (Federación de Asociaciones Municipales de Bolivia). (s.f.). Plan de desarrollo municipal de Caracollo (en línea). Consultado 07 de 3 de 2014. Disponible en Biblioteca digital FAM - Bolivia: <http://bibliotecadigital.fam.bo/busqueda/literatura29/9>

- FENALCE (La Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas). 2010. Historia de la investigación y aportes de FENALCE en el desarrollo del trigo en Colombia. 1-4 p.
- Fernández, M. A. 2008. La estabilidad del rendimiento de trigo candeal (*Triticum durum* desf.) en la región de las planicies con tosca de la provincia de La Pampa. Rev.Fac. Agronomía - UNLPam 9:41-62.
- Ferraguti, F.; Castellarín, J.; Albrecht, R.; Almada, G.; Andriani, J.; Capurro, J.; Cavallero, G.; Cencig, G.; Condori, A.; De Emilio, M.; Dickie, M. J.; Gentili, O.; Keller, O.; Malmantile, A.; Martins, L.; Méndez, J.M.; Pagani, R.; Pescetti, H. y Rossi, J. 2013. Rendimiento y estabilidad de variedades de trigo durante la campaña 2012. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria).
- Fraschina J., Formica B. y Masiero B. 2004. Caracterización del crecimiento de grano de trigo. IDIA XXI, Cereales, Publicaciones Nacionales INTA, 40 - 42.
- Fundación Milenio 2013. Economía de trigo de trigo en Bolivia. Informe Nacional de Coyuntura. (207) 1-2.
- Gallego, F. M. 2013. Evaluación de cultivares de trigo campaña – 2012. Programa Nacional de Cereales. Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Trigo. INTA E.E.A. Las Breñas. 1-8.
- Gambarotta, L. 2005. Caracterización de las fracciones de harina de trigo pan. Análisis de las propiedades físico-químicas y reológicas de las fracciones de harina de trigo pan obtenidas en el molino experimental BÜHLER MLU-202. Tesis de grado (Lic.), Universidad del Grano, Buenos Aires.
- García, A. P.; Balbi, N. C. y Ferrero, R. A. 2005. Ensayo de cultivares de Trigo Pan (*Triticum aestivum* L.) en la provincia de Corrientes: Fenología y componentes de rendimiento. Facultad de Ciencias Agrarias – UNNE. 1-3.
- Gelalcha, S. y Hanchinal, Y. R.R. 2013. Correlation and path analysis for yield and yield components in spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under irrigated conditions in South India. African Journal of Agricultural. 8(24): 3186-3192.

- González, R. Á., 2001. Estudio de caracteres fenológicos, agronómicos, morfológicos y fisiológicos en relación con la tolerancia al estrés hídrico en cebada. Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Facultad De Ciencias Biológicas, Universidad Complutense De Madrid.
- González, F., Slafer, G. y Miralles, D. 2003. Sensibilidad fotoperiódica de la fase de crecimiento de la espiga: ¿es una alternativa para incrementar el rendimiento potencial de trigo?. La Estanzuela, Uruguay. CIMMYT-INIA. 307-308 p.
- González, A.; Pérez, P. de J.; Sahagún, J.; Franco, O.; Morales, E.J.; Rubí, M.; Gutiérrez, F. y Balbuena, A. 2010. Aplicación y comparación de métodos univariados para evaluar la estabilidad en maíces del Valle Toluca-Atacomulco, México. Agron. Costarricense. 34 (2)
- Gutiérrez, G.A.S.; Carballo, C. A.; Mejía, C. JA.; Vargas, H. M.; Trethowan y Villaseñor, M.HE. 2006. Caracterización de trigos harineros mediante parámetros de calidad física y fisiológica de semilla. Agricultura Técnica en México, 32 (1): 45-55.
- Herbas, R. 2008. El estado de situación del trigo en Bolivia y el contexto internacional. CIPCA (Centro de Investigación y Promoción del Campesinado), Bolivia.
- Hevia, H. F. 2003. Componentes químicos y algunas propiedades físicas del grano de trigo y su relación con la funcionalidad de las harinas. Temuco, Chile.
- Hewstone, M. C. 2003. Diseño de componentes de rendimiento y su interacción con el manejo. La Estanzuela, Uruguay. CIMMYT-INIA. 25-36 p.
- Ibáñez, M. A.; Cavanagh, M. M.; Bonamico, N.C. y Di Renzo, M. A. 2006. Análisis gráfico mediante biplot del comportamiento de híbridos de maíz. RIA, 35 (3): 83-93.
- IBCE (instituto Boliviano de Comercio Exterior). 2012. Trigo. Perfil de Mercado. 9, 1 p.
- INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Foresta). 2012. Avances del INIAF en el Programa Nacional de Innovación del Trigo (en línea), BO, Consultado el 4 de jul, 2014, Disponible en: <http://economyagricola2.blogspot.com/search/label/INIAF>

- INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal). 2013. Trigo (en línea). Consultado 1 de 3 de 2014. Disponible en: <http://www.iniaf.gob.bo/index.php/es/prensa/201-el-programa-nacional-de-trigo-muestra-sus-primeros-resultados>
- INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Foresta), 2014. INIAF evalúa producción de trigo en occidente (en línea), Consultado el 4 de jul, 2014, Disponible en: <http://www.iniaf.gob.bo/index.php/es/prensa/notas-de-prensa/257-iniaf-evalua-produccion-de-trigo-en-occidente>
- Irfaq, K. M.; Mohammad, T.; Subhan, F.; Amin, M. y Tariq, S. S. 2007. Agronomic evaluation of different bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for terminal heat stress. Pak. J. Bot., 39(7): 2415-2425.
- Joachim, B. y Payne, T. 2013. Fitomejoramiento en mega-ambientes. México, D.F. CIMMYT.
- Kohli, M. M.; Ulery, A. y Quinke, M. 2003. Intercambio de germoplasma regional de trigo en el Cono Sur. La Estanzuela, Uruguay. CIMMYT-INIA.
- Konvalina, P.; Capouchová, I.; Stehno, Z.; Moudrý, J. J. y Moudrý, J. 2011. Spike productivity in relation to yield as a criterion for emmer wheat breeding. Romanian agricultural research, (28): 49-56.
- Limagrain, 2013. Limagrain y el trigo – El trigo un cereal en el centro de las civilizaciones. Grupo cooperativo agrícola internacional (Limagrain). Cuaderno informativo. Francia, 1-6 p.
- Lujan, M. M. 2013. Contribución de la fotosíntesis de la espiga al rendimiento de trigo pan (*Triticum aestivum*) en condiciones limitadas por la disponibilidad de asimilados post-antesis. Tesis para optar el grado de doctor. La Plata-Argentina. Universidad Nacional de La Plata.
- MACA (Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios). 2004. Estudio de la identificación mapeo y análisis competitivo de la cadena productiva de trigo. La Paz, Bolivia.

- Martín, G.O.; Agüero, S.N.; Toll Vera, J.R.; Nicosia, M.G.; Fernández, M.M. y Lucas, J. 2011. Componentes del rendimiento y la productividad, de trigo cultivado en seco en la llanura central subhúmeda-húmeda de Tucumán.
- Martínez, O. R.M. 2009. EL coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. Rev haban cienc méd La Habana, 8(2): 1-38.
- Martos, N. V.M. 1998. Influencia del régimen hídrico sobre parámetros de calidad del trigo duro (*Triticum durum* Desf.) en ambiente Mediterráneo. Tesis (Lic.) en Farmacia. Granada, España. Universidad de Granada, 85 p.
- 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. 1ra edición. La Paz, Bolivia. 73 p.
- Mateo, B. J. 2005. Prontuario de agricultura "cultivos agrícolas"- trigo 1ra. Ed. Barcelona España: Aedos s. a., 88-89 p.
- Millares, D.J.; Gonzáles, F. G.; Abeledo, L. G.; Serrago, R. A.; Alzueta, I.; García G. A.; de San Caledonio, R. y lo Valvo, P. s.f. Manual de trigo y cebada para el Cono Sur. Procesos Fisiológicos y bases de manejo.
- Miller, D. T. 1992. Estadios de crecimiento del cultivo de trigo. Department of Soil and Crop Sciences, Texas A & M. University College Station, TX 77843, Texas, EEUU.
- Miralles, J. D. 2004. Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de Trigo. INTA, información técnica de trigo, 101: 1-7.
- Mollericona, H. P. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada y foliar en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la localidad de Okinawa dos (CETABOL) Santa Cruz de la Sierra Bolivia. Tesis Agr. La Paz-Bolivia, U.M.S.A. 92 p.
- Montenegro, M. D.D. 2012. Respuesta agronómica de trece líneas y dos variedades de trigo rojo (*Triticum vulgare* L.), en La Parroquia La Paz, provincia del Carchi. Tesis Ing. Agr. Ibarra-Ecuador. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuaria y Ambientales, Universidad Técnica Del Norte. 92 p.

- Moñocopa, P. L.N. 2012. Adaptabilidad de 25 líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum*) en condiciones del altiplano norte del departamento de La Paz. Tesis Ing. Agr. La Paz-Bolivia, Universidad Pública de El Alto. 80 p.
- Mundstock, C. M. 1998. Relaciones entre el crecimiento y el desarrollo para la determinación del rendimiento de trigo. La Estanzuela, Uruguay. CIMMYT-INIA.
- Nazco A. R. 2012. Utilidad de los recursos genéticos en mejora: potencial de las variedades tradicionales de trigo duro de la cuenca mediterránea para la mejora de la calidad y el valor agronómico en relación a su origen geográfico. Tesis (doctorado). Universidad de Lleida. 170 p.
- Orona, C.F.; Medina, M. J.; Tucuch, C. FM.; Soto, R. JM. y Almeyda, L. IH. 2013. Parámetros de estabilidad en rendimiento y adaptabilidad de 25 genotipos de arroz en Campeche, México. Revista internacional de botánica experimental internacional. 82: 255-261.
- Peña, B. R.J.; Pérez, H. P.; Villaseñor, M. E; Gómez, V. M.M.; Mendoza, L. M.A. y Monterde, G. R. 2007. Calidad de la cosecha del trigo en México. Ciclo otoño-invierno 2005-2006. Publicación especial del CONASIST. México, D. F. 24p.
- Pena, B. R.J.; Pérez, H. P.; Villaseñor, M. E.; Gómez, V. M.M.; Mendoza, L. M.A. 2008. Calidad de la cosecha de trigo en México. Ciclo primavera-verano 2006. CONASIST-CONATRIGO, México, D.F. 28p.
- Pfeiffer, H. W. y Peña, R. J. 2004. Trigo Cristalino. Mex., MEXICO.
- Pour, S. M.M.; Pour, A. A.; Reza, T. G.; Seyedi, A. y Jasemi, M. 2012. Factor analysis of agro-morphological characters in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) lines. Intl. J Agri. Crop. Sci., 4 (23): 1758-1762.
- Quispe, S. F.S. 2011. Habilidad de adaptación y productividad de 146 líneas avanzadas de trigo del vivero internacional del CIMMYT en el altiplano norte de Bolivia. Tesis Ing. Agr. La Paz-Bolivia, Universidad Pública de El Alto. 87 p.

- Ramírez, M. J.A. 2004. Evaluación de Líneas Elite de Trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo Régimen Restringido de Humedad en la Región de Navidad, N. L. 2003. Tesis de grado (Ing. Agr.), Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” México. 60 p.
- Reque, D. J. 2007. Estudio de pre-factibilidad para la fabricación de harina de arroz y su utilización en panificación. Tesis de grado (Ing. Industrial), Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima, Perú.
- Reynolds, M.; Manes, Y. y Rebetzke, G. 2013. Aplicación de la fisiología en el fitomejoramiento para estrés por calor y sequía. México, D.F.: CIMMYT. 18-32 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2008. Contexto internacional del trigo (en línea), Consultado el 1 de ago, 2014, Disponible en: <http://www.oeidrusbc.gob.mx/sispro/trigobc/Produccion/Mundial/SituacionMundial.pdf>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) INIFAP (Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2009. Horas frío en relación al rendimiento de trigo: Áreas de producción del estado de Sonora. Folleto técnico n° 63 44 p.
- Saltos, M. C.E. 2011. Introducción y evaluación agronómica de seis cultivares y dos líneas promisorias de trigo (*Triticum vulgares* L.), en tres localidades de la provincia Bolívar. Tesis Ing. Agr. Riobamba- Ecuador. Escuela Superior politécnica de Chimborazo. 166 p.
- Sánchez, F. C.F. 2011. Evaluación participativa de cuatro líneas y tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.), resistentes a sequía, en dos épocas de siembra y en invernadero, en la Epoch, Riobamba, provincia de Chimborazo. Tesis Ing. Agr. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Silva, C. P. 2011. Estados de Desarrollo del Trigo. Universidad de Chile (en línea). Consultado el 27 de Mzo. de 2014. Disponible en: [http://www.trigocandea.uchile.cl/descargasxt9/DESCARGAS\\_CURSOS\\_SEMINARIOS/Presentaciones%201108%20Curso/2-%20Estados%20de%20desarrollo%20trigo%20\(Silva\).pdf](http://www.trigocandea.uchile.cl/descargasxt9/DESCARGAS_CURSOS_SEMINARIOS/Presentaciones%201108%20Curso/2-%20Estados%20de%20desarrollo%20trigo%20(Silva).pdf)

- Slafer, A. G. y Calderini, F. D. 2003. Herramientas fisiológicas para el mejoramiento del rendimiento de trigo. La Estanzuela, Uruguay. CIMMYT-INIA.
- Slafer, A. G. y Savin, R. 2011. Limitantes a la expresión del potencial asociadas al estrés térmico. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Montevideo, Uruguay.
- Slafer, G. 2013. Desarrollo del trigo: su papel en la caracterización fenotípica y en el mejoramiento de la adaptación del cultivo. México, D.F.: CIMMYT.
- Solano, A. R. 2011. Cultivo de trigo (en línea). Consultado el 12 de jun. 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/56691569/CULTIVO-DE-TRIGO#scribd>.
- Solís, M. E.; Hernández, M. M.; Borodanenko, A.; Aguilar, A. J.L. y Grajeda, C. O.A. 2004. Duración de la etapa reproductiva y el rendimiento de trigo. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 27 (4): 323 – 332.
- Sotelo, C. E.; Iglesias, M. C.; Yacuzzi, P. G. y Morzant, E. C. 2006. Inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum*). Facultad de Ciencias Agrarias - UNNE.
- Souza, R. V.G.; Alvares, M. N. y Rivas, P. G. 1995. Absorción de la radiación y rendimiento de caupi (*Vigna unguiculata*) y camote (*Ipomoea batatas*) en diferentes sistemas del cultivo. CATIE (Centro de Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 41-43.
- Trigo Check. 2011. Manual de recomendaciones cultivo de trigo. Fundación Chile. Santiago, Chile. 52 p.
- Velasco, M. J.E.; Pérez, L. D.J.; Rajaram, D. S.; Balbuena, M. A.; Albarrán M. M. y González, H. A. 2012. Análisis de 20 genotipos de trigo harinero en el Valle del Yaqui, Sonora. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3 (8): 1521-1534.
- Verges, P. R. 2003. Mejoramiento para trigos doble propósito en INIA-La Estanzuela, Uruguay. La Estanzuela, Uruguay. CIMMYT-INIA.
- Villaseñor, M. H.E; Martínez, C. E.; Rodríguez, G. M. F. y Santa, R. R.H. 2010. Formación y liberación de variedades de trigo con buena calidad tecnológica para condiciones de riego y temporal en México y monitoreo de razas fisiológicas de roya. INIFAP

(Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias)-SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), México.

Wall, P. C. 1998. Rendimiento y el cociente fototérmico ¿Una relación inevitable?. La Estanzuela, Uruguay. CIMMYT-INIA.

Zarei, L.; Cheghamirza, K.; Farshadfar, E. 2013. Evaluation of grain yield and some agronomic characters in durum wheat (*Triticum turgidum* L.) under rainfed conditions. AJCS, 7(5): 609-617.

Zeeshan, M.; Arshad, W.; Imran, K. M.; Ali, S.; Nawaz, A. y Tariq, M. 2014. Heritability, Trait Association and Path Coefficient Studies for Some Agronomic Characters in Synthetic Elite Lines of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Under Rainfed Conditions. Journal of Agriculture and Allied Sciences, 3(4): 1-7.

## 8. ANEXOS

Anexo 1. El ensayo del rendimiento de trigos semiáridos, SAWYT por sus siglas en inglés, 19TH SEMI-ARID WHEAT YT (SELECT) VIVERO 71, con 14 líneas experimentales.

.ID	Nombre de los cruzamientos	Historial de selección	Entrada
1	SOKOLL//FRTL/2*PIFED	CMSA04M00552S-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-2ZTM-03Y-0B	331
2	BAV92/SERI	CMSS96Y04084S-0Y-1B-46TLA-0B-0Y-39B-0Y-0Y-040Y-040ZTM-040SY-17ZTM-03Y-0B	333
3	SOKOLL//FRTL/2*PIFED	CMSA04M00552S-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-19ZTM-03Y-0B	332
4	FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/ONIX	CMSA05Y00325S-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-30ZTM-01Y-0B	311
5	ROLF07/3/T.DICOCCON PI94625/AE.SQUARROSA (372)//3*PASTOR	CMSA05Y00178S-040ZTY-040ZTM-040Y-4ZTM-04Y-0B	334
6	SOKOLL/ROLF07	CMSA04M00346S-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-28ZTM-01Y-0B	330
7	SOKOLL*2/TROST	CMSA05Y01186T-040M-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-32ZTM-02Y-0B	323
8	SOKOLL*2/ROLF07	CMSA05Y01226T-040M-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-22ZTM-04Y-0B	325
9	ESDA/KKTS	CMSA04M00178S-040LNB-040ZTY-040ZTM-040SY-5ZTM-04Y-0B	339
10	NSM*4/14-2//FRTL/2*PIFED/3/VORB	CMSA05M00650T-050Y-040ZTM-040ZTY-21ZTM-02Y-0B	308
11	ATTILA/BAV92//PASTOR/3/ATTILA*2/ PBW65	CMSA04M00070S-040ZTB-040ZTY-040ZTM-040SY-13ZTM-04Y-0B	337
12	ROLF07/3/T.DICOCCON PI94625/AE.SQUARROSA (372)//3*PASTOR	CMSA05Y00178S-040ZTY-040ZTM-040Y-6ZTM-02Y-0B	335
13	ONIX/ROLF07	CMSA05Y00336S-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-8ZTM-02Y-0B	313
14	PASTOR*2/BAV92/5/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ	CMSA04M00066S-040ZTB-040ZTY-040ZTM-0KEN-5ZTY-0B	349

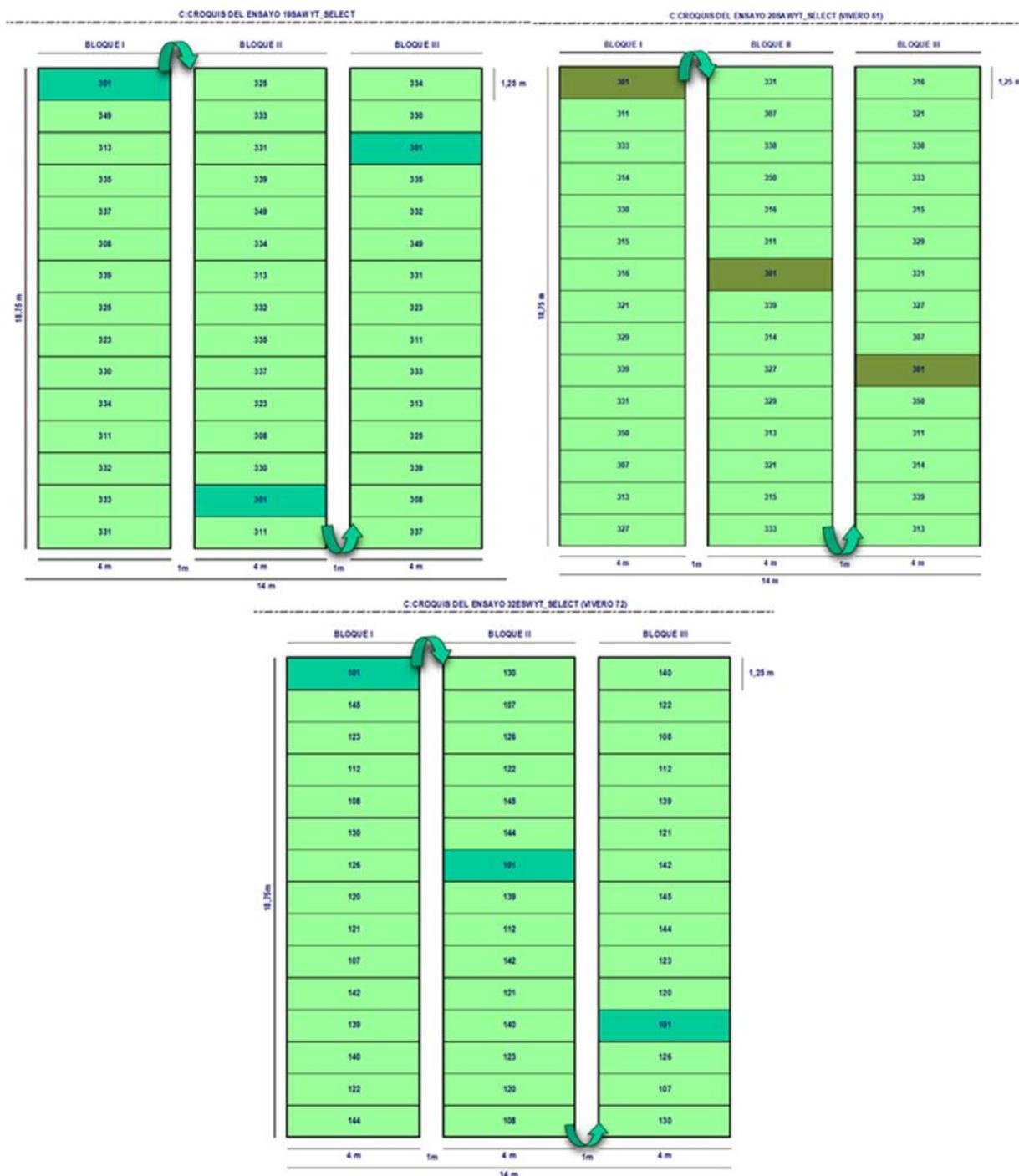
Anexo 2. El ensayo del rendimiento de trigos semiáridos, SAWYT por sus siglas en inglés, 20TH SEMI-ARID WHEAT YT (SELECT) VIVERO 61, con 14 líneas experimentales de trigo.

ID	Nombre de los cruzamientos	Historial de selección	Entrada
1	SLVS/ATTILA/WBLL1*2/3/GONDO/CBRD	CMSA06M00128T-029(PINBD1BHET)Y-040ZTM-029(PINBD1BPOS)ZTY-67ZTM-0Y-0B	327
2	VORB/SOKOLL	CMSA06M00621S-040ZTM-040ZTY-16ZTM-04Y-0B	313
3	BOW/VEE/5/ND/VG9144//KAL/BB/3/YACO/4/CHIL/6/CASKOR/3/CROC_1/AE.SQUARROS A (224)//OPATA/7/PASTOR//MILAN/KAUZ/3/BAV92	CMSA04M01201T-050Y-040ZTP0M-040ZTY-040ZTM-040SY-6ZTM-03Y-0B	307
4	BJY/COC//PRL/BOW/3/SARA/THB//VEE/4/PIFED/5/KIRITATI	CMSA06Y00240S-040ZTP0Y-040ZTM-0NJ-0NJ-17Y-1B-0Y-0B	350
5	PBW343*2/KUKUNA/WBLL1*2/KUKUNA	CMSA05M00118S-0100ZTM-029(LR34HOM+HET)ZTY-040ZTM-040SY-16ZTM-0Y-0B	331
6	KRICHAUFF/2*PASTOR/4/MILAN/KAUZ//PRINIA/3/BAV92	CMSA06Y00337S-040ZTP0Y-040ZTM-040P0Y-4ZTM-0Y-0B	339
7	HUANIL/5/2*CNO79//PF70354/MUS/3/PASTOR/4/BAV92	CMSA05M00750T-050Y-041ZTM-040ZTY-040ZTM-040SY-10ZTM-0Y-0B	329
8	KANZ/5/CNO79//PF70354/MUS/3/PASTOR/4/BAV92/6/PRL/SARA//TSI/VEE#5	CMSA05M00652T-050Y-040ZTM-040ZTY-040ZTM-040SY-15ZTM-0Y-0B	321
9	CNO79//PF70354/MUS/3/PASTOR/4/BAV92/5/MILAN/KAUZ//PRINIA/3/BAV92	CMSA06Y00093S-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-5ZTM-0Y-0B	316
10	VORB/3/T.DICOCCON PI94625/AE.SQUARROSA (372)//3*PASTOR	CMSA06M00667S-040ZTM-040ZTY-50ZTM-02Y-0B	315
11	PBW343*2/KUKUNA/WBLL1*2/KUKUNA	CMSA05M00118S-0100ZTM-029(LR34HOM+HET)ZTY-040ZTM-040SY-2ZTM-0Y-0B	330
12	DUCULA/GONDO//SOKOLL	CMSA06M00645S-040ZTM-040ZTY-19ZTM-03Y-0B	314
13	SLVS/ATTILA/WBLL1/4/FRAME*2/3/URES/JUN//KAUZ	CMSA05M00140S-021(CRE1M19-GWM577BO1)M-028(BO1 POS& CRE1 POS)ZTY-040ZTM-040SY-11ZTM-0Y-0B	333
14	VORB/SOKOLL	CMSA06M00621S-040ZTM-040ZTY-16ZTM-01Y-0B	311

Anexo 3. El ensayo del rendimiento de trigo elite de primavera, ESWYT, por sus siglas en inglés. 32ND ELITE SPRING WHEAT YT\_SELECT VIVERO 72, de igual forma con 14 líneas de trigo harinero.

ID	Nombre de los cruzamientos	Historial de selección	Entrada
1	ATTILA*2/PBW65/6/PVNI//CAR422/ANA/5/BO W/CROW//BUC/PVN/3/YR/4/TRAP#1/7/ATTIL A/2*PASTOR	CGSS05B00290T-099TOPY-099M- 099Y-099ZTM-17WGY-0B	144
2	ROLF07/YANAC//TACUPETO F2001/BRAMBLING	CGSS05B00121T-099TOPY-099M- 099NJ-099NJ-5WGY-0B	122
3	PBW343*2/KUKUNA*2//YANAC	CGSS05B00258T-099TOPY-099M- 099NJ-2WGY-0B	140
4	PBW343*2/KUKUNA*2//YANAC	CGSS05B00258T-099TOPY-099M- 099NJ-1WGY-0B	139
5	PBW343*2/KUKUNA//SRTU/3/PBW343*2/KH VAKI	CGSS05B00261T-099TOPY-099M- 099NJ-099NJ-8WGY-0B	142
6	WHEAR//2*PRL/2*PASTOR	CGSS03B00090T-099Y-099M-099Y- 099M-6WGY-0B-6B	107
7	ROLF07/YANAC//TACUPETO F2001/BRAMBLING	CGSS05B00121T-099TOPY-099M- 099NJ-4WGY-0B	121
8	ATTILA/3*BCN//BAV92/3/TILHI/5/BAV92/3/PR L/SARA//TSI/VEE#5/4/CROC_1/AE.SQUARR OSA (224)//2*OPATA	CMSS05B00663S-099Y-099M-099Y- 099ZTM-13WGY-0B	120
9	FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KA UZ/5/PARUS/6/FRET2*2/KUKUNA	CGSS05B00137T-099TOPY-099M- 099NJ-099NJ-9WGY-0B	126
10	FRET2/KUKUNA//FRET2/3/PASTOR//HXL757 3/2*BAU/5/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2 /TRAP//KAUZ	CGSS05B00162T-099TOPY-099M- 099NJ-13WGY-0B	130
11	MARCHOUCH*4/SAADA/3/2*FRET2/KUKUN A//FRET2	CGSS05Y00206T-099M-099Y-099M- 099Y-099ZTM-7WGY-0B	108
12	WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001/5/WAXWING/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/ TRAP//KAUZ	CMSS05B00053S-099Y-099M-099Y- 099ZTM-19WGY-0B	112
13	ROLF07*2/KIRITATI	CGSS05B00123T-099TOPY-099M- 099NJ-6WGY-0B	123
14	ATTILA*2/PBW65/6/PVNI//CAR422/ANA/5/BO W/CROW//BUC/PVN/3/YR/4/TRAP#1/7/ATTIL A/2*PASTOR	CGSS05B00290T-099TOPY-099M- 099Y-099ZTM-20WGY-0B	145

Anexo 4. Croquis de las tres parcelas experimentales (vivero19TH SEMI-ARID WHEAT YT (SELECT) VIVERO 71, vivero 20TH SEMI-ARID WHEAT YT (SELECT) VIVERO 61 y vivero 32ND ELITE SPRING WHEAT YT\_SELECT VIVERO 72)



Anexo 5. Evaluación de variables cualitativas de la población de 14 líneas y una variedad local Tepoca 89 (L-301) de trigo harinero del vivero 19 SAWYT, evaluada en localidad de Condoriri, en la campaña agrícola 2013-2014.

Líneas	Reacción a acame	Reacción al desgrane	Densidad de espiga	Tipo de grano	Tamaño de grano
301	Moderadamente tolerante	Susceptible	Moderadamente compacta	Casi lleno	Grano pequeño (< 6 mm)
308	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Casi lleno	Grano mediano (6 - 7 mm)
311	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Compacta	Chupado	Grano mediano (6 - 7 mm)
313	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Chupado	Grano mediano (6 - 7 mm)
323	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Chupado	Grano mediano (6 - 7 mm)
325	Moderadamente tolerante	Tolerante	Moderadamente compacta	Chupado	Grano mediano (6 - 7 mm)
330	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Compacta	Casi lleno	Grano grade (> 7mm)
331	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Chupado	Grano mediano (6 - 7 mm)
332	Tolerante	Moderadamente tolerante	Compacta	Chupado	Grano mediano (6 - 7 mm)
333	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Chupado	Grano mediano (6 - 7 mm)
334	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Casi lleno	Grano grade (> 7mm)
335	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Chupado	Grano mediano (6 - 7 mm)
337	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Compacta	Casi lleno	Grano mediano (6 - 7 mm)
339	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Chupado	Grano mediano (6 - 7 mm)
349	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Compacta	Casi lleno	Grano mediano (6 - 7 mm)
	<b>Reacción a acame</b>	<b>Reacción al desgrane</b>	<b>Densidad de espiga</b>	<b>Tipo de grano</b>	<b>Tamaño de grano</b>
	3= Moderadamente Tolerante	2= Susceptible	3= Moderadamente Compacta	2= Chupado	1=Grano pequeño (<6mm)
	4= Tolerante	3= Moderadamente Tolerante	4= Compacta	3= Casi lleno	3= Grano mediano (6 - 7 mm)
		4= Tolerante			5= Grano grande (>7 mm)

Anexo 6. Evaluación variables cualitativas en la población de 15 líneas de trigo harinero del 20TH SEMI-ARID WHEAT YT (SELECT), evaluadas en la localidad de Condoriri en la campaña agrícola 2013-2014.

Líneas	Reacción a acame	Reacción al desgrane	Densidad de espiga	Tipo de grano	Tamaño de grano
301	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Casi lleno	Grano mediano (< 6 mm)
307	Muy tolerante	Moderadamente tolerante	Compacta	Casi lleno	Grano mediano (< 6 mm)
311	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Compacta	Lleno	Grano mediano (< 6 mm)
313	Moderadamente tolerante	Tolerante	Compacta	Casi lleno	Grano mediano (< 6 mm)
314	Tolerante	Susceptible	Compacta	Casi lleno	Grano mediano (< 6 mm)
315	Tolerante	Moderadamente tolerante	Compacta	Lleno	Grano mediano (< 6 mm)
316	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Compacta	Lleno	Grano mediano (< 6 mm)
321	Tolerante	Moderadamente tolerante	Compacta	Lleno	Grano grande (> 7 mm)
327	Muy tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Casi lleno	Grano mediano (< 6 mm)
329	Tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Lleno	Grano mediano (< 6 mm)
330	Muy tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Casi lleno	Grano mediano (< 6 mm)
331	Tolerante	Tolerante	Moderadamente compacta	Casi lleno	Grano mediano (< 6 mm)
333	Tolerante	Moderadamente tolerante	Compacta	Casi lleno	Grano grande (> 7 mm)
339	Tolerante	Susceptible	Moderadamente compacta	Casi lleno	Grano mediano (< 6 mm)
350	Muy tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Casi lleno	Grano mediano (< 6 mm)
	<b>Reacción a acame</b>	<b>Reacción al desgrane</b>	<b>Densidad de espiga</b>	<b>Tipo de grano</b>	<b>Tamaño de grano</b>
	3= Moderadamente Tolerante	2= Susceptible	3= Moderadamente compacta	3= Casi lleno	3= Grano mediano (6 - 7 mm)
	4= Tolerante	3= Moderadamente Tolerante	4= Compacta	4= Lleno	5= Grano grande (>7 mm)
	5= Muy tolerante	4= Tolerante			

Anexo 7. Evaluación variables cualitativas en la población de 15 líneas de trigo harinero del 32ND ELITE SPRING WHEAT YT\_SELECT, evaluadas en la localidad de Condoriri en la campaña agrícola 2013-2014.

Líneas	Reacción a acame	Reacción al desgrane	Densidad de espiga	Tipo de grano	Tamaño de grano
101	Moderadamente tolerante	Susceptible	Compacta	Casi lleno	Grano mediano (6 -7 mm)
107	Tolerante	Susceptible	Moderadamente compacta	Casi lleno	Grano mediano (6 -7 mm)
108	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Casi lleno	Grano mediano (6 -7 mm)
112	Moderadamente tolerante	Susceptible	Moderadamente compacta	Chupado	Grano mediano (6 -7 mm)
120	Tolerante	Susceptible	Laxa	Lleno	Grano mediano (6 -7 mm)
121	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Laxa	Chupado	Grano mediano (6 -7 mm)
122	Susceptible	Susceptible	Moderadamente compacta	Chupado	Grano grande (> 7 mm)
123	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Laxa	Casi lleno	Grano grande (> 7 mm)
126	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Casi lleno	Grano mediano (6 -7 mm)
130	Moderadamente tolerante	Muy susceptible	Laxa	Casi lleno	Grano grande (> 7 mm)
139	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Casi lleno	Grano mediano (6 -7 mm)
140	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Compacta	Lleno	Grano mediano (6 -7 mm)
142	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Chupado	Grano mediano (6 -7 mm)
144	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Chupado	Grano mediano (6 -7 mm)
145	Moderadamente tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente compacta	Chupado	Grano mediano (6 -7 mm)
	<b>Reacción a acame</b>	<b>Reacción al desgrane</b>	<b>Densidad de espiga</b>	<b>Tipo de grano</b>	<b>Tamaño de grano</b>
	2= Susceptible	1= Muy susceptible	2= Laxa	2=Chupado	3= Grano mediano (6 - 7 mm)
	3= Moderadamente Tolerante	2= Susceptible	3= Moderadamente Compacta	3= Casi lleno	5= Grano grande (>7 mm)
	4= Tolerante	3= Moderadamente tolerante	4= Compacta	4= Lleno	

Anexo 8. Control de malezas en los ensayos establecidos



Anexo 9. Madurez fisiológica



Anexo 10. Registro de variables en estudio



Anexo 11. Centro experimental agropecuario Condoriri

