

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



**TESIS DE GRADO**

**ADAPTABILIDAD DE 15 LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO  
HARINERO (*Triticum aestivum* L.) EN LA ESTACIÓN  
EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

Por:

**Rodrigo Marcos Marca Fernández**

**EL ALTO – BOLIVIA**

**Noviembre, 2016**

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

**ADAPTABILIDAD DE 15 LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO HARINERO (*Triticum  
aestivum* L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

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

**Rodrigo Marcos Marca Fernández**

**Asesores:**

Dr. Ing. Felix Marza Mamani

.....

Dr. Ing. Francisco Mamani Pati

.....

**Tribunal Revisor:**

Ing. Simón Cocarico Yana

.....

Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez

.....

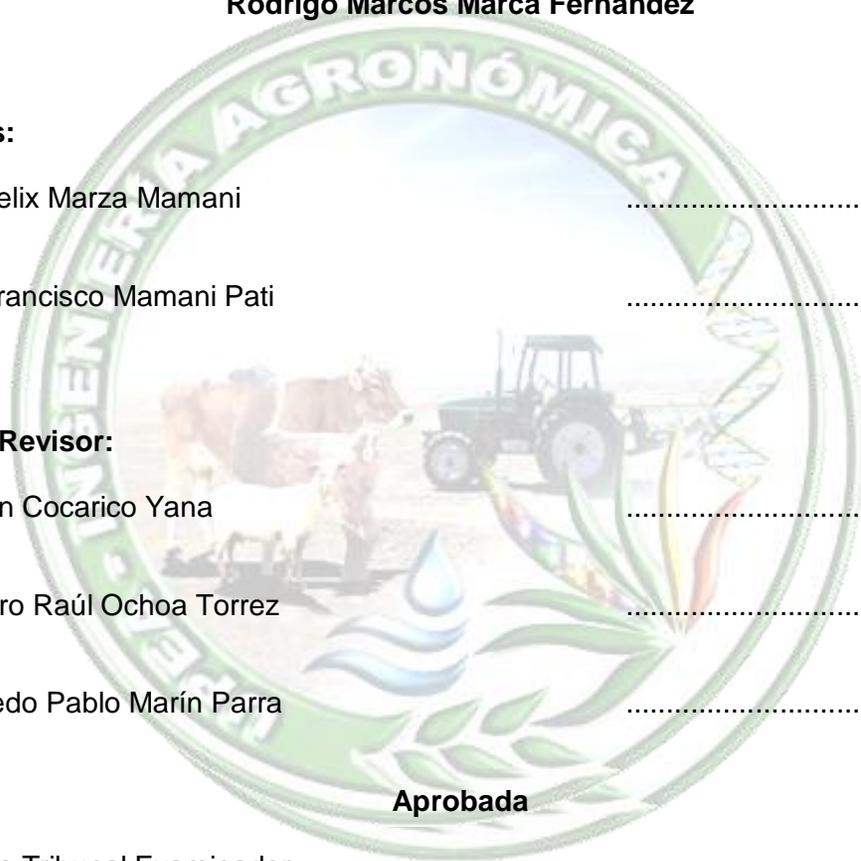
Ing. Wilfredo Pablo Marín Parra

.....

**Aprobada**

Presidente Tribunal Examinador

.....



**DEDICATORIA:**

*A Señor Jehová, a mis padres Javier y Celestina por el apoyo y cariño que me brindaron todos estos años. A mi hermana Emilse y su esposo por los consejos que me ayudaron a mejorar como persona y en especial a mi esposa Mónica y mi hijo Yeraldo que me da fortaleza cada día.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Un agradecimiento a las siguientes instituciones y personas.

Agradecimiento a la Universidad Pública del Alto por las puertas abiertas que me brindó, también a la carrera Ingeniería agronómica por la acogida que se me dio. Siendo una casa de estudio para otros para mí fue el segundo hogar.

Un agradecimiento al Instituto innovación agropecuaria forestal (Iniaf), en programa PN-trigo por las líneas que me brindaron para el estudio.

La estación experimental de Kallutaca que me brindaron su apoyo con los predios en la elaboración de mi trabajo.

A mis asesores Dr. Félix Marza y Dr. Francisco Mamani Pati que su experiencia, enseñanzas, paciencia, recomendaciones y amistad me ayudaron a seguir adelante con la culminación de mi trabajo.

El aprecio a mi tribunal revisor: Ingeniero Simón Cacarico Yana; Ingeniero Lizarro flores; ingeniero Ramiro Ochoa Torrez, Ingeniero Wilfredo Marin Parra por las correcciones sugerencias y su amistad desinteresada que brindaron en largo trabajo.

A todos los compañeros de las materias diseños experimentales y genética de la gestión académica II/2013-I/2014. Compañeros: Carla Paola Escobar, Wilson Yapú, Eddy Silva, Irene Gutiérrez, Ruben Ari y compañeros que desinteresadamente me apoyaron con consejos y alientos a seguir adelante.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS .....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
ABREVIATURAS .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii

## ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación.....	2
1.2. Objetivos .....	2
1.2.1. Objetivo General .....	2
1.2.2. Objetivos Específicos .....	2
1.3. Hipótesis .....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Origen.....	4
2.2. Taxonomía .....	4
2.3. Descripción botánica .....	4
2.3.1. Raíz.....	4
2.3.2. Tallo.....	4
2.3.3. Hojas .....	5
2.3.4. Inflorescencia.....	5
2.3.5. Flor .....	6
2.3.6. El fruto .....	6

2.4.	Ciclo vegetativo.....	6
2.4.1.	Fase vegetativa.....	6
2.4.2.	Fase reproductiva .....	6
2.4.3.	Fase de llenado de grano.....	6
2.5.	Enfermedades.....	7
2.5.1.	Roya.....	7
2.5.2.	Septoria.....	7
2.5.3.	Carbón volador .....	7
2.5.4.	Helminthosporium.....	8
2.6.	Plagas .....	8
2.7.	Clima .....	8
2.7.1.	Fotoperiodo.....	9
2.7.2.	Vernalización .....	9
2.7.3.	Adversidades climáticas .....	9
2.8.	Suelos .....	9
2.9.	Cultivares avanzados .....	9
2.10.	Adaptabilidad .....	10
2.11.	Limitantes del cultivo trigo en el altiplano boliviano .....	10
2.12.	Germoplasma base.....	11
2.13.	Económico .....	11
2.14.	Producción mundial .....	12
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	13
3.1.	Localización .....	13
3.1.1.	Características ecológicas.....	13
3.1.1.1.	Clima .....	13
3.1.1.2.	Riesgos climáticos .....	13

3.1.1.3.	Suelo .....	13
3.1.1.4.	Vegetación .....	13
3.2.	Materiales.....	15
3.2.1.	Campo.....	15
3.2.2.	Escritorio .....	15
3.2.3.	Laboratorio.....	15
3.2.4.	Material genético.....	15
3.3.	Métodos .....	17
3.3.1.	Preparación del terreno .....	17
3.3.2.	Siembra.....	17
3.3.3.	Determinación de la muestra.....	18
3.3.4.	Labores culturales.....	18
3.3.5.	Cosecha .....	18
3.3.6.	Diseño experimental .....	18
3.3.7.	Variables de estudio .....	18
3.3.7.1.	Días a la emergencia.....	19
3.3.7.2.	Altura de planta.....	19
3.3.7.3.	Área foliar.....	19
3.3.7.4.	Días a la floración .....	19
3.3.7.5.	Numero de espigas por metro cuadrado.....	19
3.3.7.6.	Longitud de espiga .....	19
3.3.7.7.	Numero de espiguillas por espiga .....	20
3.3.7.8.	Numero de granos por espiga .....	20
3.3.7.9.	Días a la maduración.....	20
3.3.7.10.	Peso de mil gramos .....	20
3.3.7.11.	Peso hectolitrico.....	20

3.3.7.12. Rendimiento .....	20
3.3.8. Análisis estadístico .....	21
3.3.8.1. Análisis descriptivo .....	21
3.3.8.2. Análisis de varianza .....	21
3.3.8.2.1. Modelo lineal aditivo.....	22
3.3.8.2.2. Prueba de medias .....	22
3.3.8.3. Análisis de correlación simple .....	22
3.3.8.4. Análisis de componentes principales .....	23
3.3.8.4.1. Agrupamiento Biplot.....	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	24
4.1. Aspectos climáticos .....	24
4.2. Análisis descriptivo .....	25
4.3.1. Días a la emergencia.....	28
4.3.2. Altura de planta.....	29
4.3.3. Días a la floración .....	30
4.3.4. Longitud de la espiga.....	31
4.3.5. Numero de espiguillas por espiga .....	32
4.3.6. Días a la madurez.....	33
4.3.7. Numero de espigas por metro cuadrado.....	34
4.3.8. Área foliar.....	35
4.3.9. Numero de granos por espiga .....	35
4.3.10. Peso de mil granos .....	37
4.3.11. Rendimiento .....	38
4.3.12. Peso hectolitrico.....	38
4.4. Análisis de correlación simple .....	40
4.5.1. Registro de la importancia de los componentes principales .....	42

4.	CONCLUSIONES .....	46
5.	RECOMENDACIONES.....	47
6.	BIBLIOGRAFÍA .....	48
7.	ANEXOS .....	53

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Material genético proveniente CIMMYT para el Programa Nacional de Trigo en Bolivia.....	11
Cuadro 2. Material genético de 15 líneas avanzadas de trigo harinero del vivero SAWIT 19 del centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT). .....	16
Cuadro 3. Parámetros estadísticos de tendencia central, dispersión y distribución para variables cuantitativas.....	25
Cuadro 4. Cuadrados medios correspondiente a los análisis de varianza de las variables cuantitativas de 15 líneas avanzadas de trigo harinero ( <i>Triticum aestivum</i> L.).....	27
Cuadro 5. Análisis de correlación de variables cuantitativas de 15 líneas avanzadas de trigo harinero. ....	40
Cuadro 6. Síntesis de Asociación vertical de variables cuantitativas para cinco componentes principales en estudio de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero. ....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la estación experimental de Kallutaca en el municipio de Laja del departamento de La Paz (GAML, 2010).....	14
Figura 2. Flujograma del trabajo experimental de la adaptabilidad de 15 líneas avanzadas de trigo harinero. ....	17
Figura 3. Los valores de la correlación simple están entre +1 y -1 por lo cual la relación puede ser positivo o negativo. ....	22
Figura 4. Registro de datos mensuales de precipitación acumulada (mm), temperatura máxima promedio (°C), temperatura media (°C), y temperatura mínima promedio (°C), en el periodo de investigación de 15 líneas avanzadas de trigo harinero ( <i>Triticum aestivum</i> L.). ....	24
Figura 5. Comparación de medias de días a la emergencia de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harineo. ....	28
Figura 6. Comparación de medias de altura de planta de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero. ....	29
Figura 7. Comparación de medias de días a la floración de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero. ....	30
Figura 8. Comparación de medias de longitud de espiga de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero. ....	31
Figura 9. Comparación de medias de número de espiguillas por espiga de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero. ....	32
Figura 10. Comparación de medias de días a la madurez de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero. ....	33
Figura 11. Comparación de medias de número de espigas por metro cuadrado de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero. ....	34
Figura 12. Comparación de medias de área foliar de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero. ....	35
Figura 13. Comparación de medias de número de granos por espiga de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero .....	36

Figura 14.	Comparación de medias de peso de mil granos de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero. ....	37
Figura 15.	Comparación de medias de peso rendimiento de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero. ....	38
Figura 16.	Comparación de medias de peso hectolitrico de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero. ....	39
Figura 17.	Componentes principales de 15 líneas avanzadas en la estación experimental de Kallutaca en la gestión agrícola 2013 - 2014. ....	41
Figura 18.	Análisis espacial Biplot de la adaptabilidad de 15 líneas avanzadas de trigo harinero. ....	44

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Croquis del diseño experimental de 15 líneas avanzadas trigo harinero ( <i>Triticum aestivum</i> L.) en la estación experimental Kallutaca 2013 - 2014.....	54
Anexo 2. fotografías del material genético en estudio de la adaptabilidad de 15 líneas avanzadas del vivero 19 sawit del centro internacional de Maiz Trigo (CIMMYT)..	55
Anexo 3. Fotografía de Google Earth aérea donde se realizó el experimento de la adaptabilidad de 15 líneas avanzadas de trigo harinero ( <i>Triticum aestivum</i> L.) en la estación experimental de Kallutaca en la gestión agrícola 2013-2014. ....	56
Anexo 4. Mapa del mundo de la distribución de las zonas secas con respectiva clasificación.....	56
Anexo 5. Mapa de Bolivia de la distribución de las zonas secas con respectiva clasificación.....	57
Anexo 6. Preparación, limpieza, mullido, desterronado y nivelación para el Experimento de la adaptabilidad de 15 líneas avanzadas de trigo harinero ( <i>Triticum aestivum</i> L.) en la estación experimental de Kallutaca en la gestión agrícola 2013 - 2014. ....	58
Anexo 7. Siembra del material genético en la investigación de 15 líneas avanzadas trigo harinero ( <i>Triticum aestivum</i> L.) en la estación experimental de Kallutaca gestión agrícola 2013 - 2014. ....	58
Anexo 8. El registro de las variables de estudio del material genético en la investigación de 15 líneas avanzadas trigo harinero ( <i>Triticum aestivum</i> L.) en la estación experimental de Kallutaca en gestión agrícola 2013 - 2014.....	59
Anexo 9. Fotografía de la etapa de maduración para el proceso de cosecha en estudio en la adaptabilidad de 15 líneas avanzadas trigo harinero ( <i>Triticum aestivum</i> L.) en la estación experimental de Kallutaca en gestión agrícola 2013 – 2014. ....	59
Anexo 10. Tabla de suministro de agua (L/m <sup>2</sup> ) en la etapa de emergencia en la investigación de la adaptabilidad de 15 líneas avanzadas en la estación experimental de Kallutaca en gestión agrícola 2013 - 2014.....	60

**ABREVIATURAS**

ANAPO	Asociación Nacional de Productores del Oriente
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
CAICO	Cooperativos Agropecuarios Integral Colonias de Okinawa
CIAT	Centro Internacional de Investigación Agrícola Tropical
PROINPA	Fundación Productores Investigación Productores Andinos
PN-TRIGO	Programa Nacional de Trigo
INFOAGRO	Información Técnica Agrícola y destino de producción agrícola
SAS	Sistema de Análisis Estadístico
SPSS	Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales
S-PLUS	Paquete de Análisis de Software Comercial Estadística y Gráfica
UNCCD	Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación y la Sequía
IBCE	Instituto Boliviano de Comercio Exterior
PRONALDES	Programa de Acción Nacional de la Desertificación y Sequia

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante la gestión agrícola 2013 - 2014, en la comunidad de Kallutaca de la provincia Los Andes departamento de La Paz, con la finalidad de evaluar el comportamiento agronómico de 15 líneas seleccionadas para zonas semiáridas. Las mismas líneas eran provenientes del Centro internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), introducidas por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) en el programa PN-trigo y como testigo la variedad Tepoca-T89, así de esa forma poder seleccionar aquellos genotipos que en el transcurso del ciclo vegetativo registren una adaptabilidad en base a la productividad de esa forma obtener cultivos que den respuesta al desabastecimiento de harina. Se implementó según el material genético el diseño bloques completamente al azar con sus respectivas repeticiones, que tiene un área aproximadamente 180 m<sup>2</sup> en donde en la parcelas de investigación se evaluaron variables cuantitativas como: días a la emergencia, días a la floración, altura de planta, área foliar, número de espigas por metro cuadrado, longitud de espiga, número espiguillas por espiga, número de granos por espiga, días a la madurez, peso de mil granos, peso hectolitrico y rendimiento. En respuesta a los resultados fueron empleados un análisis descriptivo que comprende la media, el rango, máxima, mínima, varianza, desviación estándar y la asimetría. Análisis de varianza de con su respectivos modelo lineal (BCA) con su prueba de medias de Duncan que ha mostraron diferencias significativas entre las líneas investigadas. En el análisis de correlación simple permitió identificar coeficientes con mayor significancia ( $p < 0,05$ ), entre las variables número de espiguillas por espiga con número de granos por espiga ( $r=0,70$ ), numero de espiguillas por espiga con rendimiento ( $r=0,56$ ), Se formaron cinco componentes principales con total 71% varianza acumulada. En el análisis espacial Biplot se mostraron cualitativas con diferentes ángulos, direcciones y distancias, donde que llegaron a identificar, que las variables número de granos por espiga y número de espiguillas por espiga están estrechamente relacionados con rendimiento. Mediante los análisis empleados se ha destacado las líneas L349 y L333 fueron las más sobresalientes al testigo-T89 con promedios de 2806,4 y 2201,3 kg/ha.

## ABSTRACT

The present research work was carried out during the agricultural management 2013 - 2014, in the community of Kallutaca of the province The Andes Department of Peace, with the purpose to evaluate the agronomic performance of 15 selected lines for semi-arid areas. The same lines were from the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), introduced by the National Institute for Innovation in Agriculture and Forestry (INIAF) in the program PN-wheat and as a witness the variety Tepoca-T89, so in that way be able to select those genotypes that in the course of the vegetative cycle register a adaptability based on the productivity of that form to obtain crops that provide a response to the shortage of flour. It is implemented according to the genetic material the design randomized complete blocks with their respective repetitions, which has an area approximately 180 m<sup>2</sup> where in the plots of investigation were assessed quantitative variables as: Days to the emergency, days to flowering, plant height, leaf area, number of spikes per square meter, dowel length, number espiguillas per spike, number of grains per spike, days to maturity, thousand grain weight, weight hectolitrico and performance. In response to the results were employed a descriptive analysis that includes the average, range, maximum, minimum, variance, standard deviation and asymmetry. Analysis of variance with their respective linear model (BCA) with your proof of averages of Duncan that has showed significant differences between the lines investigated. In the simple correlation analysis allowed to identify coefficients with greater significance ( $p < 0.05$ ), between the variables number of espiguillas by pin with number of grains per spike ( $r = 0.70$ ), number of espiguillas by pin with yield ( $r = 0.56$ ), formed five main components with total 71% cumulative variance. In the spatial analysis Biplot were qualitative with different angles, addresses and distances, where that came to identify that the variables number of grains per spike and number of espiguillas by pin are closely related to performance. Using the analysis used has been highlighted lines L349 and I333 were the most outstanding to the witness-T89 with averages of 2806,4 and 2201,3 kg/ha.

## 1. INTRODUCCIÓN

El trigo es un cereal de importancia a nivel mundial por su hábito de consumo, donde los países que son vulnerables al desabastecimiento por su baja producción, esto puede ser debido a que en algunas regiones se presenta características de aridez. Al respecto se menciona que 40% del territorio boliviano están propensos a la desertificación colocando limitantes a la producción de trigo, por esas circunstancias estamos obligados a importar trigo de países que cuentan con altos rendimientos (PRONALDES, 1998).

En Bolivia el rendimiento nacional oscila 0,9 a 1,2 t/ha obteniéndose en áreas tradicionales comprendidos por los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca, Tarija y Potosí de 0,6 a 0,9 t/ha, con mejores rendimientos en el oriente del país de 0,9 a 1,5 t/ha siendo que en los últimos años se observa una limitación por factores climáticos (IBCE, 2013).

Adenauer (2013), indica que el consumo de trigo harinero promedio per cápita es de 71,3 kg/año, se incrementa el consumo con el crecimiento de la población donde la demanda de la población boliviana es de 650 mil toneladas. Al respecto la importación de trigo en grano en el período 2002 a 2014 fue de 1,6 millones de toneladas, por un valor de 332 millones de dólares americanos. Durante el primer semestre del 2014, las compras externas de trigo en grano sumaron 50 millones de dólares siendo un 70% más que en el mismo lapso del 2013 (IBCE, 2014).

En el departamento de La Paz, en las provincias: Los Andes, Omasuyos y Camacho se han realizado programas de mejoramiento genético en trigo para condiciones ambientales desfavorables, jugando un papel importante PROTRIGO que tiene la misión de optimizar la productividad (CIMMYT, 2000). En esa misma línea de investigación en el municipio de Laja en la estación experimental de Kallutaca los trabajos de Quispe y Moñocopa (2012), evaluaron la adaptabilidad de líneas de trigo de alto potencial productivo, donde las mismas líneas presentaron promedios de 1,8 y 2,7 t/ha.

Por otro lado en las comunidades campesinas de Sallapanga de Huancayo para la obtención del material genético, se han realizado la evaluación de cinco líneas promisoras de trigo harinero en la estación experimental de Santa Ana con la ayuda del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), que ayudó a la obtención del material genético provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento Maíz y Trigo (CIMMYT), que tiene

la finalidad identificar líneas de trigo que se adapten a las condiciones de la sierra central y responda a las necesidades del agricultor en cuanto al rendimiento superior, resistencia a plagas y enfermedades, así como aptitudes para el procesamiento industrial, las cuáles serán liberadas como variedad y puesto a disposición de los productores a nivel nacional (MARP, 2012).

El cultivo de trigo en regiones del altiplano boliviano está ampliamente limitado por sequías, que afecta directamente el crecimiento y desarrollo del cultivo, lo cual provoca un decrecimiento drástico en el rendimiento, repercutiendo en un desabastecimiento de harina a nivel nacional.

### **1.1. Justificación**

Se necesita implementar genotipos que sean resistentes a condiciones áridas y semiáridos (líneas avanzadas), en condiciones del altiplano y poder seleccionar de aquellos genotipos que en el transcurso del ciclo vegetativo registren buen comportamiento y seleccionar en base al rendimiento, de esa forma obtener variedades que den respuesta a las necesidades de la población y contar con una soberanía alimentaria.

### **1.2. Objetivos**

#### **1.2.1. Objetivo General**

- Evaluar la adaptabilidad de 15 líneas avanzadas de trigo harinero a condiciones de altiplano en la estación experimental de Kallutaca.

#### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar el comportamiento agromorfológico y de productividad de 15 líneas seleccionadas para zonas semiáridas del altiplano en la estación experimental de Kallutaca.
- Identificar genotipos con características de adaptación, en base a los componentes de rendimiento de 15 líneas avanzadas en condiciones del altiplano en la estación experimental de Kallutaca.

### 1.3. Hipótesis

- Las líneas avanzadas trigo harinero con aptitudes para zonas áridas y semi áridas no presentan diferencias significativas en componentes agronómicos, morfológicos y componentes de rendimiento.
- Los genotipos con características de adaptación, en base a los componentes de rendimiento de 15 líneas avanzadas no mostraron diferencias significativas en condiciones del altiplano.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Origen

El trigo era originalmente silvestre, la evidencia muestra que creció primero en la Mesopotamia, entre los valles de los ríos Tigris, Éufrates y Medio Oriente casi hace 12.000 años (Rimache, 2010).

### 2.2. Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	Triticum
Especie:	aestivum
Nombre científico:	<i>Triticum aestivum</i> L.

Las especies más cultivadas: *Triticum aestivum* L, *Triticum durum* y *Triticum compactum*, el trigo harinero llamado *Triticum aestivum* L, es el cereal utilizado para la elaboración de pan y el más cultivado en el mundo entero (Riie, 2006).

### 2.3. Descripción botánica

#### 2.3.1. Raíz

Está formada por varias raíces fibrosas, las cuales se extienden en superficie y profundidad ideal de acuerdo a las condiciones del suelo, que constituye un sistema radicular superficial. El avance y desarrollo de las raíces está en función de muchos factores, tales como textura del suelo, época de siembra, mayor o menor cantidad de lluvia caída, también en función de la variedad (Soldano, 1985).

#### 2.3.2. Tallo

El tallo del trigo es una caña hueca con nudos y entrenudos, siendo los entrenudos basales más cortos y gradualmente más largos hacia el ápice, pueden alcanzar una altura entre 60 a 120 cm (Rimachi, 2008).

Existen un tallo principal y varias secundarias llamadas macollos, la estructura es la misma. El tallo principal nace del embrión, mientras que los macollos nacen a partir de los nudos basales del tallo principal o de otros macollos. El tallo se alarga durante el encañado y lleva 7 u 8 hojas envainadoras a lo largo de la longitud del entrenudo (Soldano, 1985).

### **2.3.3. Hojas**

Presentan hojas lanceoladas, en número de 4 a 6 en cada tallo, cada hoja está formada por dos partes principales que son la vaina y la lámina, además de dos estructuras lígula y las aurículas (Robles, 1990).

Las láminas foliares de las variedades varían mucho en el tamaño color, en ángulo de proyección desde el tallo. Mientras las láminas maduran, se secan frecuentemente y se rompen. Las láminas pueden ser pubescentes o glabras, su color varía con el estado de la planta según se vea afectado por la temperatura, la humedad del suelo (Rimachi, 2008).

### **2.3.4. Inflorescencia**

Una espiga compuesta por un tallo central de entrenudos cortos, llamado raquis, en cada nudo se asienta una espiguilla, protegida por dos brácteas o glumas, a ambos lados, cada espiguilla presenta 2 a 5 flores, de las cuales abortan la mayor parte, quedando dos o tres flores (Rimachi, 2008).

El mismo autor menciona que la espiga se forma en el brote terminal. Cuando termina el macollamiento comienza a elevarse el tallo, a la vez que este último se alarga en la fase de encañado. Al terminar el desarrollo del tallo aparece la espiga, envuelta en la última hoja. La espiga está constituida por un eje entre raquis, que lleva insertas las espiguillas alternativamente a derecha e izquierda. Estas espiguillas están unidas directamente al raquis, unidas alternamente a los lados opuestos del eje central de la riquilla, una o más de las flores superiores son estériles, por lo que solo maduran dos o tres granos. La espiguilla está sujeta por dos glumas vacías, que son aquilladas, rígidas, obtusas y agudas o acuminadas.

### **2.3.5. Flor**

La flor se encuentra protegida por otras dos brácteas: la interior, dominada palea y la exterior, llamada lema que encierran los órganos sexuales que consisten en tres estambres y un ovario (Soldano, 1985).

### **2.3.6. El fruto**

Es una cariósipide de forma ovoide con una ranura o pliegue en la parte ventral en un extremo lleva el germen y en el otro tiene una pubescencia denominada brodia, el grano está protegido por el pericarpio, el cual puede ser de color rojo o blanco de acuerdo a la variedad, el resto del grano está formado por el endospermo (Robles, 1990).

## **2.4. Ciclo vegetativo**

El ciclo biológico del trigo está compuesto por tres fases que son fase: vegetativa, reproductiva y el llenado de grano (Forero, 2000).

### **2.4.1. Fase vegetativa**

Una vez que se produce la entrada de agua a la semilla y comienza el metabolismo enzimático, se inicia la etapa vegetativa. En el ápice de crecimiento se inicia la producción de hojas, proceso que continúa hasta la diferenciación del primer órgano reproductivo, es decir la primera espiguilla que tendrá la espiga, finalizando la etapa vegetativa y dando comienzo a la etapa reproductiva (INFOAGRO, 2005).

### **2.4.2. Fase reproductiva**

La etapa reproductiva es sin duda la más importante en términos de generación de componentes del rendimiento, así la aparición de los primeros órganos reproductivos a finalización del espigado (Rimachi, 2008).

### **2.4.3. Fase de llenado de grano**

Durante esta etapa, hay un mayor flujo de nutrientes, hacia las espigas, que se traducirá en un mayor número de granos al momento de la cosecha. En términos generales el número de flores que se producen dentro de cada espiguilla en el trigo no es una limitante ya que en la mayoría de los cultivares y para diferentes condiciones ambientales sólo sobreviven entre 3-4 flores (INFOAGRO, 2005).

El mismo autor menciona que la magnitud de dicha mortandad depende fundamentalmente de los recursos que se partición a hacia la espiga durante la última etapa de la encañazón. Finalmente la etapa de llenado de granos tiene dos períodos principales, el de cuaje y el de llenado efectivo de los granos.

## **2.5. Enfermedades**

### **2.5.1. Roya**

La roya es la enfermedad más devastadoras del trigo en el mundo, a pesar del considerable progreso que se ha logrado en su control en muchos países y su amplia distribución, por su capacidad de variar en tal forma de atacar variedades anteriormente resistentes, su efectividad diseminación a gran distancia potencial para un rápido aumento de la enfermedad, y las pérdidas que causan, justifican su gran importancia (Rimachi, 2010).

El mismo autor menciona la existencia de tres royas del trigo de importancia: roya negra o del tallo, roya morena o de las hojas y royas amarillas de las glumas (también llamada roya estriada).

### **2.5.2. Septoria**

Esta enfermedad es de moderada-alta importancia. Se observan manchas cloróticas desde macollaje a “espiga embuchada”. Usualmente comienza en las hojas inferiores, con manchas que se alargan y expanden, de color pajizo con pequeños puntos negros (fructificaciones del hongo). Se ve favorecido con períodos con alta humedad relativa, neblinas, lloviznas y temperaturas entre 15 a 20°C. La temperatura óptima es de 20 a 25°C y prospera con rastrojo de cultivos con el monocultivo de trigo. Produce una disminución del área fotosintética, pérdida de rendimiento, menor peso de mil granos, disminución de la calidad panadera, disminución del porcentaje de proteínas (Carrasco y Baes, 2009).

### **2.5.3. Carbón volador**

Se observa una destrucción total de la flor. Solo queda el raquis cubierto por una masa pulverulenta de esporas negras. Los síntomas aparecen cuando emerge la espiga, y su distribución en el lote es al azar, ya que la infección proviene de la semilla. Se favorece

con alta humedad relativa en floración, y con temperaturas entre 16 y 22°C. La prolongación del periodo de floración por el clima fresco y húmedo favorece la infección. Las primaveras húmedas con vientos suaves son de importancia para una buena diseminación (Carrasco y Baes, 2006).

#### **2.5.4. Helminthosporium**

Las lesiones causadas por esta enfermedad tienen forma alargada u oval y por lo general son de color café oscuro. Conforme madura la lesión, el centro a menudo se torna de un color que varía entre el café claro y el bronceado, y está rodeado por un anillo irregular de color café oscuro. Las infecciones primarias suelen presentarse en las hojas inferiores y comienzan como manchas o pecas cloróticas. Estos sitios de infección aumentan de tamaño, se vuelven de color café oscuro y con frecuencia se aglutinan. Cuando la enfermedad es grave, las hojas o vainas foliares afectadas pueden morir prematuramente (Prescott, 1986).

#### **2.6. Plagas**

Las plagas perjudiciales trigo y son: pulgón de la espiga (*Sitobium avenae*), pulgón subterráneo (*Geocica lucifuga*), pulgón negro de los cereales (*Sipha maydis*), Pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum*), pulgón amarillo de los cereales (*Metopolophium dirhodum*), pulgón de la avena (*Rhopalosiphum padi*), Pulgón de la espiga (*Sitobium avenae*) y pulgón ruso del trigo (*Diuraphis noxia*) (Carrasco y Baes, 2006).

#### **2.7. Clima**

La temperatura no debe ser demasiada fría en invierno ni demasiada elevada en primavera ni durante la maduración. Si la cantidad total de lluvia caída durante el ciclo de los cultivos ha sido escasa y especialmente intensa en primavera, se puede producir un asurado. Se ha demostrado en años secos que un trigo puede desarrollarse bien con 300 a 400 mm de precipitación, siempre que la distribución sea escasa en invierno y abundante en primavera (López, 1991).

### **2.7.1. Fotoperiodo**

El trigo comienza su fotoperiodo desde la emergencia de la primera hoja y responde hasta la floración. La respuesta al fotoperiodo es de tipo cuantitativa y puede definirse como una planta de día largo (Miralles, 2004).

### **2.7.2. Vernalización**

La respuesta a la vernalización ocurre en el periodo de la inhibición de la semilla hasta que la parte del ápice, se transformada de vegetativo a reproductivo. La temperatura vernalización se da en un rango de 0 a 12°C siendo la óptima entre 5 a 7°C (Miralles, 2004).

### **2.7.3. Adversidades climáticas**

El cambio de temperatura por el calentamiento global, refleja un comportamiento drástico en algunas zonas con: precipitaciones intensas, inundaciones, avalanchas, también la proliferación de enfermedades y plagas, perjudicando de gran manera a los cultivos del trigo, por otro lado en las zonas del altiplano con sequias perjudicando a la productividad (Vargas, 2009).

## **2.8. Suelos**

El trigo requiere suelos profundos, para el buen desarrollo del sistema radicular. Al ser poco permeables los suelos arcillosos conservan demasiada humedad durante los inviernos lluviosos. El suelo arenoso requiere abundante lluvia durante la primavera, dada su escasa capacidad de retención. En general se recomienda que las tierras de secano dispongan de un buen drenaje (INFOAGRO, 2005).

## **2.9. Cultivares avanzados**

En líneas avanzadas se incluyen a las líneas que, en el proceso de mejora han pasado al nivel de F6, que han sido sometidas a un proceso de selección en los centros de origen y se le presumen una adaptación a ciertos mega ambientes (secano, zonas áridas, semiáridas, húmedas, regadío, etc.), o bien se busca resistencia a enfermedades o el estudio de distribución de las mismas. También se han incluido aquí algunos casos de líneas F4 que cumplen los requisitos por estar próximas a ellos (CIMMYT, 1980).

## **2.10. Adaptabilidad**

Adaptación se define como el proceso por el cual individuos y especies cambian de forma o función de tal forma que sobreviven mejor en ciertas condiciones ambientales, puede definirse también como el comportamiento de un genotipo o una población genotípica en un ambiente (Gomez, 1992).

El mismo autor menciona que el mayor rendimiento de las plantas depende en gran parte de la adaptación al medio en el que vayan a desarrollarse, es decir, que tenga capacidad de aprovechar mejor el agua, la energía lumínica, las sustancias nutritivas y en general, las condiciones del medio ambiente.

La adaptabilidad es un fenómeno complejo debido a que depende de muchas características de la planta. Los factores que afectan a la adaptación son: maduración satisfactoria del cultivo para el área de producción, la resistencia al calor y la sequía, resistencia a bajas temperaturas, resistencia al ataque de plagas y enfermedades (Pérez 1997 citado por Sobvio, 2010). En este contexto, se han hecho grandes esfuerzos en el estudio de la habilidad de adaptación de un determinado genotipo, en el sentido más amplio de la palabra, de alterar dichos atributos (Montserrat *et al.*, 2009 citado por Quispe 2010).

## **2.11. Limitantes del cultivo trigo en el altiplano boliviano**

La zona tradicional triguera del occidente boliviano, comprende principalmente a los valles interandinos (2000-3600 msnm) y algunas zonas específicas del altiplano (3500-3800 msnm) como las áreas circundantes a los ríos y lagos ubicados en aquella región. La región de los Valles, al formar parte de los últimos contrafuertes de la cordillera de Los Andes, es una región bastante accidentada con formación de diferentes terrazas y mesetas onduladas alternadas con serranías altas, cánones, quebradas y valles estrechos, dando lugar tanto a desniveles moderados como a pendientes fuertemente inclinadas. Al respecto Pedros y Cierco (2012) citado por Yapu (2015), mencionan que las limitantes son las difíciles condiciones climáticas que el altiplano boliviano impone al cultivo, por suelos pobres en materia orgánica, con déficit de agua en la última mitad del ciclo vegetativo y problemas de frío en el llenado del grano.

## 2.12. Germoplasma base

El germoplasma base para la estructuración del programa (PN-TRIGO) incluye la introducción de viveros del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (cuadro 1).

**Cuadro 1. Material genético proveniente CIMMYT para el Programa Nacional de Trigo en Bolivia.**

<b>VIVEROS</b>	<b>Características</b>
SAWIT	Ensayo de rendimiento de trigo para zonas semiáridas
ESWYT	Ensayos de rendimientos para la selección de variedades elite
HPYT	Ensayos de rendimiento en biofortificados
SAWSN	Vivero de selección de trigo para zonas semiáridas
IBWSN	Vivero internacional de selección de trigo harinero
HRWSN	Vivero de selección de trigo para zonas húmedas
HRWYT	Ensayo de rendimiento de trigo para zonas húmedas
STEMRRSN	Vivero de selección para roya del tallo
HRWYT	Ensayo de rendimiento de trigo para zonas húmedas
SeedDiscovery	Ensayo para pericularia trigo harinero
SeedDiscovery	Ensayo para pericularia trigo duro
IDYN	Vivero internacional de trigo duro

## 2.13. Económico

El buen precio de la tonelada de trigo, entusiasma a los productores de trigo de la región en el inicio de la cosecha de este grano. Así informó, ayer el presidente de la Asociación de Productores de Oleaginosas y Trigo (Anapo), Demetrio Pérez. El mismo indicó que el valor del grano en el mercado interno están entre 490 a 500 dólares por tonelada, situación que incentiva a los agricultores a continuar produciendo en las siguientes campañas (IBCE, 2014).

#### **2.14. Producción mundial**

Barberis (2014), observa que el trigo por haber mostrado una tendencia levemente positiva, no se evidencia un incremento tan pronunciado como ocurre con la soja. En algunos países, producto de menor área sembrada y condiciones climáticas adversas, la producción ha disminuido. Por otro lado, el consumo ha mostrado una tendencia levemente positiva, esto es debido a que el consumo de trigo está íntimamente relacionado con el crecimiento de la población. La FAO (2012), pronostica que la producción mundial de trigo para la gestión 2011/2012 crecerá un 1% alcanzando a 667 millones de toneladas.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización**

El presente trabajo se realizó en el centro experimental Kallutaca, ubicada en el municipio de Laja provincia Los Andes del departamento de La Paz a una altitud de 3860 msnm, con una latitud de 16°31'17" sur y una longitud de 68°18'29" oeste (Google Hearth, 2013).

##### **3.1.1. Características ecológicas**

###### **3.1.1.1. Clima**

Según características del lugar, en el municipio de Laja, la temperatura anual es de 8,4°C, con una máxima de 15,7°C y una mínima de -2,8°C. La humedad relativa promedio de 35% con una precipitación pluvial anual que varía entre 600-500 mm/año (GAML, 2006).

###### **3.1.1.2. Riesgos climáticos**

En el mes de octubre se realizó la siembra para luego cosechar en marzo o abril, en este tiempo según historial climático de Kallutaca existen lluvias, granizos y heladas que podrían afectar la producción (GAML, 2006).

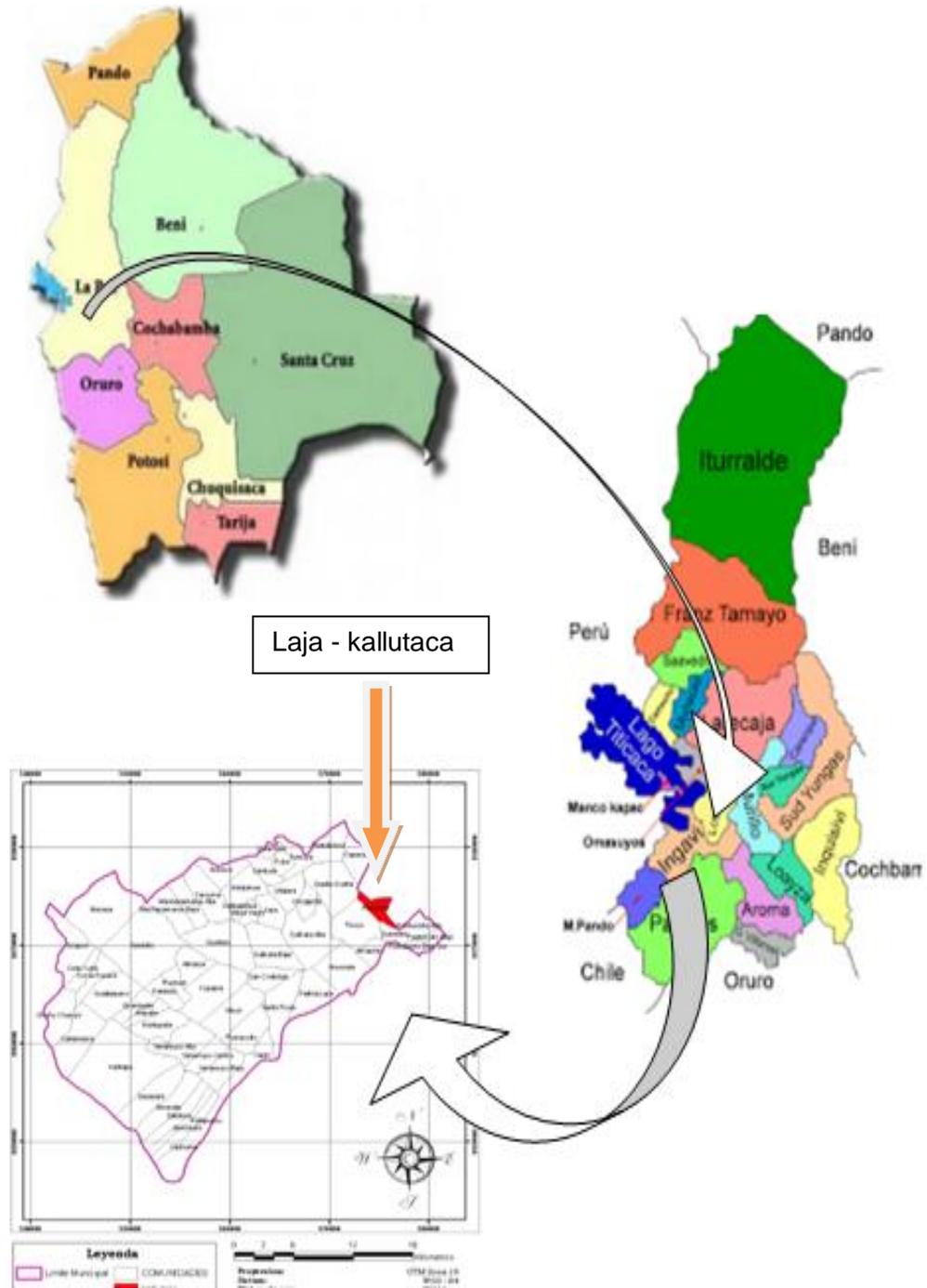
###### **3.1.1.3. Suelo**

Guarachi (2011), asevera que los suelos del centro experimental de Kallutaca de acuerdo con su análisis físico – químico de suelos bajo el respaldo del laboratorio de calidad (UMSS), presentan suelos con texturas franco arcilloso, la densidad aparente 1,32 y 1,11 g/cm respectivamente. En cuanto el pH del suelo reporta un valor 7,4 y una conductividad eléctrica 2280  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , asimismo presentaron una acumulación de 4,4% de materia orgánica.

###### **3.1.1.4. Vegetación**

La vegetación natural en su mayor parte por: paja brava (*Achnatherum ichu*), añawayá (*Adesmia miraflorensis*), bolsa de pastor (*Capsella bursapastoris*), diente de león (*Taraxacum officinalis*). Entre los principales cultivos se encuentran la papa y forrajes.

Figura 1. Ubicación de la estación experimental de Kallutaca en el municipio de Laja del departamento de La Paz (GAML, 2010).



## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Campo**

Los materiales de campo están comprendidos: bolsa de saquillo, cámara fotográfica, cuadros, cinta métrica de 50 metros, estacas, etiquetas de muestreo, cuaderno de campo, marcadores indelebles, picota, pala y rastrillo.

### **3.2.2. Escritorio**

Para el estudio se ha utilizado una computadora, marcadores, programas de Microsoft Excel 2010; SAS (Statistics Analysis system) versión 9.2; SSPS (Statistical Product and Service Solutions) y S-PLUS 2000 profesional.

### **3.2.3. Laboratorio**

Estos materiales fueron empleados en la manipulación de semilla, ya sea para determinar la densidad de la semilla o para el rendimiento, en las cuales conforman: balanza digital, vaso precipitado, pinza anatómica, caja petri y vernier marca stanly.

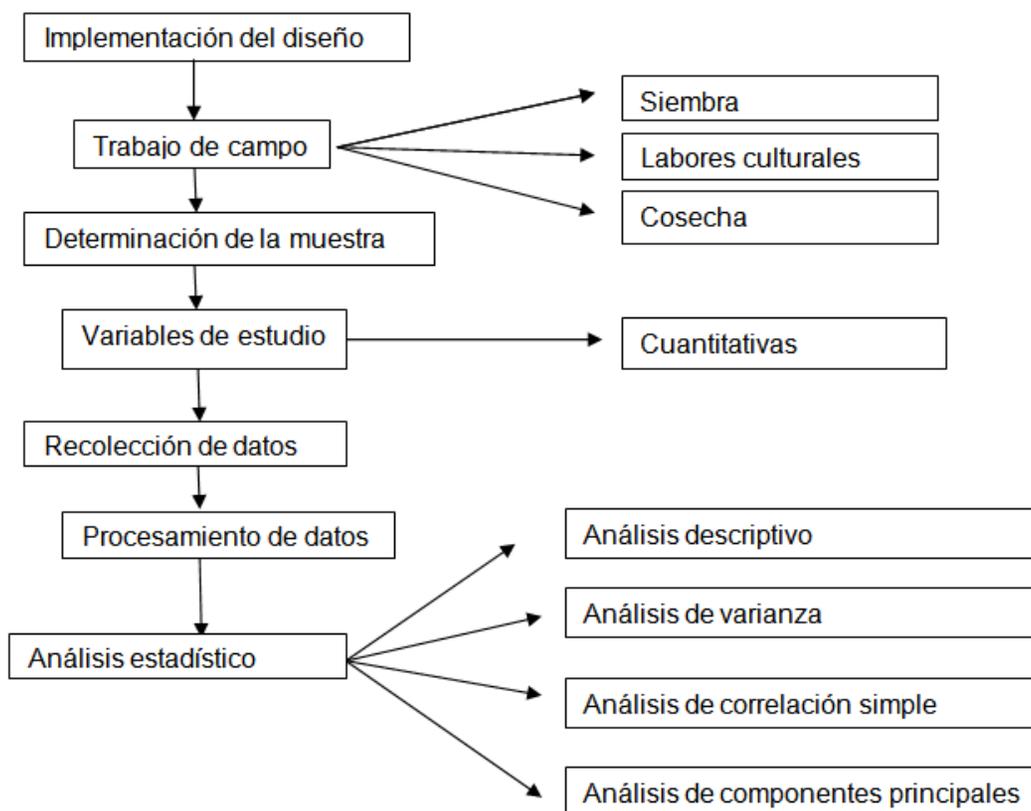
### **3.2.4. Material genético**

En el cuadro 2 se muestra el material genético del vivero SAWIT 19 de 15 líneas avanzadas, dentro de este grupo se encuentra la variedad testigo Tepoca-T89. El mismo material vegetal es proveniente del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), introducidas por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria Forestal (INIAF) para el programa nacional trigo (PN-TRIGO), como base para la presente investigación.

**Cuadro 2. Material genético de 15 líneas avanzadas de trigo harinero del vivero SAWIT 19 del centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT).**

<b>ID</b>	<b>Líneas</b>	<b>Nombre de los cruzamientos</b>	<b>Historial de selección (líneas avanzadas)</b>
1	L331	<b>SOKOLL//FRTL/2*PIFED</b>	CMSA04M00552S-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-2ZTM-03Y-0B
2	L333	<b>BAV92/SERI</b>	CMSS96Y04084S-0Y-1B-46TLA-0B-0Y-39B-0Y-0Y-040Y-040ZTM-040SY-17ZTM-03Y-0B
3	L332	<b>SOKOLL//FRTL/2*PIFED</b>	CMSA04M00552S-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-19ZTM-03Y-0B
4	L311	<b>FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/ONIX</b>	CMSA05Y00325S-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-30ZTM-01Y-0B
5	L334	<b>ROLF07/3/T,DICOCCON PI94625/AE,SQUARROSA (372)//3*PASTOR</b>	CMSA05Y00178S-040ZTY-040ZTM-040Y-4ZTM-04Y-0B
6	L330	<b>SOKOLL/ROLF07</b>	CMSA04M00346S-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-28ZTM-01Y-0B
7	L323	<b>SOKOLL*2/TROST</b>	CMSA05Y01186T-040M-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-32ZTM-02Y-0B
8	L325	<b>SOKOLL*2/ROLF07</b>	CMSA05Y01226T-040M-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-22ZTM-04Y-0B
9	L339	<b>ESDA/KKTS</b>	CMSA04M00178S-040LNB-040ZTY-040ZTM-040SY-5ZTM-04Y-0B
10	L308	<b>NSM*4/14-2//FRTL/2*PIFED/3/VORB</b>	CMSA05M00650T-050Y-040ZTM-040ZTY-21ZTM-02Y-0B
11	L337	<b>ATTILA/BAV92//PASTOR/3/ATTILA*2/PBW65</b>	CMSA04M00070S-040ZTB-040ZTY-040ZTM-040SY-13ZTM-04Y-0B
12	L335	<b>ROLF07/3/T,DICOCCON PI94625/AE,SQUARROSA (372)//3*PASTOR</b>	CMSA05Y00178S-040ZTY-040ZTM-040Y-6ZTM-02Y-0B
13	L313	<b>ONIX/ROLF07</b>	CMSA05Y00336S-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-8ZTM-02Y-0B
14	L349	<b>PASTOR*2/BAV92/5/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ</b>	CMSA04M00066S-040ZTB-040ZTY-040ZTM-0KEN-5ZTY-0B
15	L301	<b>Tepoca T89 (variedad local)</b>	

### 3.3. Métodos



**Figura 2. Flujograma del trabajo experimental de la adaptabilidad de 15 líneas avanzadas de trigo harinero.**

#### 3.3.1. Preparación del terreno

Al establecer la ubicación de la parcela de experimentación se efectuó el roturado del suelo, con la ayuda del tractor agrícola, para luego realizar el mullido o desterronado. Mediante este trabajo el suelo quedó uniformemente nivelado, donde se realizó el trazado del campo experimental para luego realizar los surcos de forma manual.

#### 3.3.2. Siembra

Según Aquino (1998), indica que el colocado de la semilla debe realizarse al chorro continuo con una densidad de siembra 100 kg/ha cubriendo la semilla con 2 a 3 cm de suelo. Este procedimiento se realizó en todas las parcelas de investigación (anexo 7).

### **3.3.3. Determinación de la muestra**

Para tener una buena práctica, en el trabajo de investigación se utilizó un muestreo probabilístico, tomando 6 muestras de la parte central de las unidades experimentales.

### **3.3.4. Labores culturales**

El control de malezas para el desyerbe se realizó de forma manual en tres oportunidades del ciclo vegetativo: en la etapa de macollamiento, antes de entrar a la antesis y por último después de la floración.

### **3.3.5. Cosecha**

Se realizó la cosecha al finalizar la etapa de madurez fisiológica y constatar que la semilla se encuentren en un estado de madurez fisiológica. Este proceso se realizó a fines de abril (Anexo 9).

### **3.3.6. Diseño experimental**

El experimento se realizó bajo el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con las siguientes características:

- Tiene un área de 210 m<sup>2</sup>.
- El bloque es de 60 m<sup>2</sup>.
- La separación de 1m entre bloques para el pasillo.
- Cada unidad experimental tiene un largo de 4 m por un 1 m de ancho.
- Dentro de la unidad experimental la separación entre surco es 0,25 cm (Anexo 1).

### **3.3.7. Variables de estudio**

Las variables en estudio fueron: días a la emergencia (DE); altura de la planta (AP); área foliar (AF); días a la floración (DF); número de espigas por m<sup>2</sup> (NEM); longitud de espiga (LE); número espiguillas por espiga (NEE); número de granos por espiga (NGE); días a la madurez (DM); peso de 1000 granos (PMG); peso hectolitrico kg/hl (PH) y rendimiento kg/ha (RDTO).

#### **3.3.7.1. Días a la emergencia**

Esta variable se evaluó desde la siembra hasta el día de la emergencia, mediante la observación diaria, visualizando más del 50% de las plantas emergidas de cada unidad experimental.

#### **3.3.7.2. Altura de planta.**

La medición de la altura de la planta se realizó de al menos de seis plantas, al alcanzar la madurez fisiológica tomando en cuenta la parte basal del tallo la planta hasta el final de la espiga sin contar con las aristas. La medición de la altura planta es en centímetros.

#### **3.3.7.3. Área foliar**

El área foliar de las líneas fue determinado de al menos 6 hojas banderas mediante el producto de las medidas ancho por largo por factor de corrección. Al respecto Sestok *et al.* (1971) citado por Coglatti *et al.*, (2010), mencionan que el área foliar del trigo se puede determinar con un coeficiente multiplicado por 0,8. Esta práctica se realizó al finalizar espigado.

#### **3.3.7.4. Días a la floración**

Los días a la floración fueron establecidos para cada línea de trigo, se registró desde la siembra a la aparición de las primeras flores que salieron de las glumas, tomando el 50% de las flores que se ven en las parcelas.

#### **3.3.7.5. Numero de espigas por metro cuadrado**

Se realizó el conteo de plantas en un metro lineal para cada línea y sus repeticiones en cada bloque, cuidando de tomar en cuenta surcos centrales dentro de cada línea. Este valor obtenido del conteo como número de plantas por metro lineal fue expresado en número de plantas por metro cuadrado.

#### **3.3.7.6. Longitud de espiga**

En la época de cosecha se evaluó la longitud de espiga utilizando una huincha, la medición se realizó desde la base del raquis hasta la espiguilla terminal de la espiga, sin tomar en cuenta las aristas, en las seis plantas muestreadas.

#### **3.3.7.7. Numero de espiguillas por espiga**

Para determinar el número de espiguillas por espiga, de cada una de las líneas se muestreó al menos cinco espigas del surco central, evitando plantas que por factores externos no presentaron espiguillas.

#### **3.3.7.8. Numero de granos por espiga**

El número de granos por espiga para cada línea fue determinado, a partir del conteo de los granos de al menos seis espigas y tomadas al azar del surco central depreciando extremos del mismo.

#### **3.3.7.9. Días a la maduración**

Se evaluó la madurez fisiológica desde el día emergencia, hasta que las plantas de trigo presentaron un color amarillo oro y no se marca la impresión de la uña al apretar el grano, este procedimiento se efectuó en cada unidad experimental.

#### **3.3.7.10. Peso de mil gramos**

Al término de la cosecha se desgrano y se realizó el conteo de mil granos con respectivo pesaje, para obtener este dato se utilizó una balanza digital, es considerando que el grano pesado debe estar a una humedad inferior a 14%.

#### **3.3.7.11. Peso hectolitrico**

El peso hectolitrico para las líneas donde se determinó a partir del pesaje de los granos de trigo (con una humedad aproximada de 14%) en un volumen conocido, lo que es equivalente a la densidad o peso volumétrico, el mismo valor se llevó a kg/hl.

#### **3.3.7.12. Rendimiento**

Después de las cosechas, se realizó el pesado de los granos de trigo en una balanza digital del total de granos limpios a una humedad del 14% de ese modo fue expresado en la siguiente ecuación.

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = \frac{\text{peso (g) total de granos cosechado en unidad experimental}}{\text{N}^\circ \text{ de surcos} * \text{longitud de surco (m)} * \text{distancia entre surcos (m)}} * 10$$

### 3.3.8. Análisis estadístico

Según los resultados obtenidos se procedió a los descriptores realizando los siguientes análisis.

- Análisis estadístico descriptivo.
- Análisis de varianza con su respectivo modelo lineal (BCA).
- Análisis de correlación.
- Análisis de componentes principales con su respectivo grafica Biplot.

#### 3.3.8.1. Análisis descriptivo

Se efectuó una descripción, para tener un detalle de los parámetros estadísticos las cuales son: análisis de tendencia central, que nos muestra una ocupación central del conjunto de dato; la medida de dispersión da a conocer cuan disperso están los datos como (rango, mínima, máxima, desviación estándar y varianza); el sesgo y la curtosis se visualiza como, un dato de forma simétrica general, en la cual se tendrá una minucioso detalle del comportamiento de 15 líneas de trigo harinero de ese modo se describirá, una a una las líneas correspondientes.

#### 3.3.8.2. Análisis de varianza

Con los datos fenológicos y los rendimientos obtenidos previamente estandarizados se procedió a realizar el análisis de varianza de acuerdo al modelo lineal, las diferencias estadísticas entre medias representan a un nivel de probabilidad del 5% según la prueba medias de Duncan (Ochoa, 2008).

El diseño utilizado para la evaluación, fue de bloques completos al azar (DBA), en el mismo que se tuvo 15 líneas avanzadas de trigo harinero y tres repeticiones, distribuidas en 45 unidades experimentales.

### 3.3.8.2.1. Modelo lineal aditivo

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

Dónde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta debido el efecto de la i-esima línea avanzada trigo harinero en el j-esima bloque

$\mu$  = Media general.

$B_j$  = Efecto del j-esimo bloque

$\alpha_i$  = Efecto de la i-esimo línea avanzada

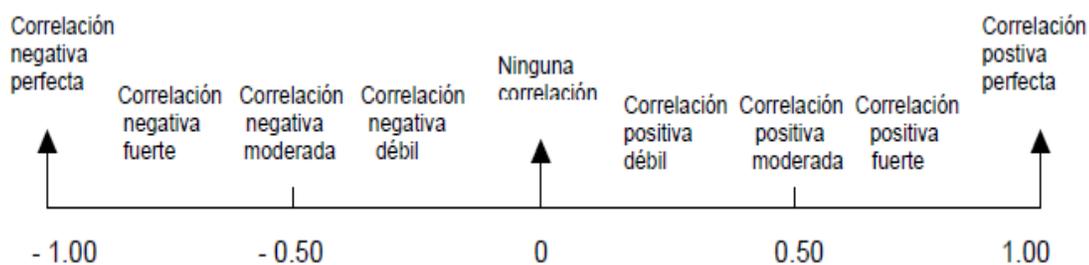
$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental.

### 3.3.8.2.2. Prueba de medias

Fue empleada la prueba de medias de Duncan a nivel de significancia ( $\alpha=0,05$ ) dado que esta prueba se emplea para realizar comparaciones múltiples de medias; es necesario si prueba de F (análisis de varianza) resulte significativa.

### 3.3.8.3. Análisis de correlación simple

Ochoa (2008), menciona que la correlación es el grado de relación entre dos variables, quiere decir cuan relacionadas se encuentran uno o más variables y se comprende de la siguiente forma:



**Figura 3. Los valores de la correlación simple están entre +1 y -1 por lo cual la relación puede ser positivo o negativo.**

El grado de correlación nos ayudara a determinar la asociación entre las variables cuantitativas. Morales (2011), indica que una correlación es el coeficiente de correlación

entre una variable criterio (Y) y la combinación lineal de las variables llamadas predictoras (X) que también se denominan, variables independientes y el coeficiente de correlación obtenido de una población en estudio se dice que es significativo cuando este es distinto de cero ( $p \neq 0$ ).

#### **3.3.8.4. Análisis de componentes principales**

El análisis de componentes principales, nos permitió transformar el conjunto de datos originales a variables correlacionadas entre sí identificando los componentes principales. La contribución de las variables a cada componente principal se expresa en valores y vectores propios. El valor propio representa la varianza asociada con el componente principal y decrece a medida que se generan dichos componentes. En cambio, el vector propio contiene los coeficientes de las combinaciones lineales de las p variables originales (Franco y Hidalgo, 2003).

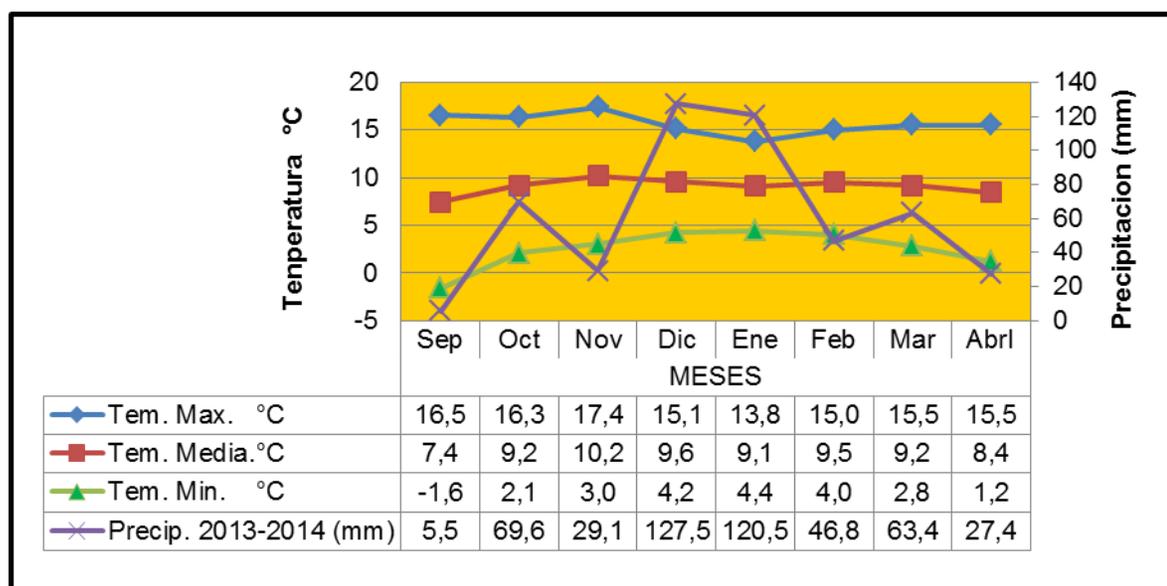
##### **3.3.8.4.1. Agrupamiento Biplot**

El propósito de efectuar un análisis espacial es demostrar si los vectores existen una correlación, tomando la separación angular que forma su proyección y la distancia entre cada una de estas a partir del origen, es decir, si la correlación es positiva el ángulo es menor a 90 grados; por otra parte si se observa un ángulo exactos a 90 grados la correlación es baja, entre las variables; si se observa una variable estrechamente opuesta en línea recta la correlación no existe (Franco y Hidalgo, 2003).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Aspectos climáticos

En la comunidad de Kallutaca en los meses de septiembre del 2013 hasta abril del 2014 se ha registrado una precipitación de 381 mm. En el mes de septiembre del 2013, las plantas en la plena formación de macollos eran escasas las precipitaciones en la que se decidió aplicar riego manual con una cantidad 4,32 m<sup>3</sup> en un área de 180 m<sup>2</sup> (anexo 10), ese mismo año en el mes de diciembre y enero 2014 la precipitación favorecieron en periodos de floración y a la formación de grano (figura 4).



**Figura 4. Registro de datos mensuales de precipitación acumulada (mm), temperatura máxima promedio (°C), temperatura media (°C), y temperatura mínima promedio (°C), en el periodo de investigación de 15 líneas avanzadas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.).**

En el presente trabajo de investigación se presentó granizadas, el 25 y 28 de febrero del 2014, donde los granos de las plantas de trigo estaban en pleno estado pastoso, afectando con pérdida considerada de grano.

En el periodo vegetativo de trigo mostró una relativa variación de la temperatura con una media 7,95°C. En el mes de septiembre se observó una mínima de -1,6°C con la presencia de heladas donde las parcelas de trigo estaban en plena emergencia, no

causando daño de importancia. En los meses de marzo y abril en la etapa final de la maduración de grano las temperaturas mínimas fueron 2,8 ° y 1,2°C, respectivamente.

#### 4.2. Análisis descriptivo

En el cuadro 3, se puede observar la representación de las medidas: tendencia central, dispersión y de forma, de las siguientes variables: días a la emergencia, altura de planta, días a la floración, longitud de espiga, número de espiguillas por espiga, días a la madurez, número de espigas por metro cuadrado, área foliar, número de granos por espiga, peso de mil granos, peso hectolitrico y rendimiento.

**Cuadro 3. Parámetros estadísticos de tendencia central, dispersión y distribución para variables cuantitativas.**

VARIABLES	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Est	Sesgo	Curtosis
<b>Características agromorfológicas</b>							
DE	5	9	14	11	1,4	0,3	-0,9
AP	34,5	60,8	95,3	79,2	9,4	-0,2	-0,7
DF	11	86	97	89,4	2,6	1,3	1,7
LE	4,6	5,1	9,7	7,6	1,1	-0,1	0,1
NEE	6	8	14	11	2,1	-0,2	-1,2
DM	13	226	239	232,8	4,7	-0,1	-1,5
<b>Componentes de productividad</b>							
NEM	247	398	645	519	84	0,1	-1,5
AF	29,2	8	37,2	20,8	6,2	-0,2	0,2
NGE	16	24	40	33,4	3,8	-0,4	-0,7
PMG	18	30	48	41,1	3,6	-0,4	1,3
RDTO	2628,8	435,2	3064	1410,3	609,6	0,7	0,4
<b>Componente de calidad</b>							
PH	19,7	69,6	89,3	77,8	3,9	-0,3	1,3

DE: días emergencia (días); DF: días a la floración (días); AP: altura planta (cm); AF: área foliar (cm<sup>2</sup>); NEM: número de espigas por metro cuadrado (unidades); LE: longitud de espiga (cm); NEE: número espiguillas por espiga (unidades); NGE: número de granos por espiga (unidades); DM: días a la madurez (días); PMG: peso de mil granos (1000 unidades); PH: peso electrolítico (kg/hl); RDTO: rendimiento (kg/ha).

Las características agromorfológicas demuestran que las variables: días a la emergencia registraron un promedio 11 días con un rango de 5 días, siendo la máxima de 14 días y la mínima 9 días. La altura media de la planta de trigo en la etapa de madurez fue de 79,2 cm con una máxima de 95,3 cm y una mínima de 60,8 cm. Los días a la floración del cultivo ensayado registraron un promedio general de 89 días. La longitud de espiga promedio general fue de 7,6 cm, con una máxima de 9,7 cm y mínima de 4,6 cm. El número de espiguillas por espiga alcanzó un promedio de 11 unidades, con una máxima

de 14 unidades y una mínima de 8 unidades. Los días a la madurez fueron de 232 días en promedio, con una máxima de 239 días y una mínima 226 días.

Entre los componentes de rendimiento se demostró que las variables: número de espigas por metro cuadrado fue de 519 unidades, donde la desviación estándar de  $\pm 84$  números de espigas por metro cuadrado. El área foliar presento un promedio general  $20,8 \text{ cm}^2$  siendo el valor máximo  $37,2 \text{ cm}^2$  y una mínima de  $8 \text{ cm}^2$ . El numero granos por espiga registró un promedio de 33,4 unidades, con una máxima de 40 y una mínima de 24 unidades. El peso de mil granos registró un promedio 41,1 kg, teniendo como máxima 48 kg y minina 30 kg. El rendimiento por hectárea en promedio alcanzó 1410,3 kg/ha con una desviación estándar de  $\pm 609,6 \text{ kg/ha}$ .

El componente de calidad demostró que la variable peso hectolitrito presentaron un promedio general de 77,8 kg/hl con una máxima de 89,3 kg/hl y una minina 69,9 kg/hl. En cuanto medidas forma se presenta sesgo derecha para días a la floración y rendimiento. Sin embargo para la curtosis se presenta características negativos afirmando que las curvas son platicúrticas para las variables: días a la emergencia, altura de planta, numero de espiguillas por espiga, días a la madures, numero de espiguillas por espiga y numero de granos por espiga, con respecto a las variables días a la floración y peso hectolitrico presentan curvas leptocúrticas.

### **4.3. Análisis de varianza**

En el cuadro 4, se observa los resultados del análisis de varianza con diferencias significativas al  $\alpha < 0,05$  entre las líneas para las variables: altura de planta (AP), área foliar (AF), días a la floración (DF), número de espigas por metro cuadrado (NEM), longitud de espiga (LE), número de espiguillas por espiga (NEE), número de granos por espiga (NGE), días a la madurez (DM), peso de mil granos (PMG), peso electrolítico (PH) y rendimiento (RDTO). Por otra parte las variables días a la emergencia (DE) registraron diferencias significativas entre las líneas y bloques.

El coeficiente de variación para todo los caracteres evaluados mostraron una mínima de 1,01% para días a la madurez y un máximo 25,8 para el rendimiento, estos valores indican que están entre los parámetros establecidos, por lo tanto hubo un buen control del error experimental utilizada.

**Cuadro 4. Cuadrados medios correspondiente a los análisis de varianza de las variables cuantitativas de 15 líneas avanzadas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.).**

FUENTES VARIACION	GL	CUADRADOS MEDIOS											
		DE	AP	AF	DF	NEM	LE	NEE	NGE	DM	PMG	RDTO	PH
BLOQUE	2	8,96**	50,17ns	36,52ns	14,06ns	1431,27ns	0,49ns	0,62ns	0,95ns	1,80ns	0,86ns	197645,88ns	11,61ns
LINEA	14	2,66*	156,72**	78,55**	9,29**	20246,67**	1,80*	10,83**	41,26**	56,65**	35,10**	885277,97**	32,53**
ERROR EXPERIMENTAL	28	1,16	56,45	19,14	4,59	869,79	0,65	1,57	2,52	5,58	2,34	127117,01	6,98
C.V.		9,79%	9,49%	21,06%	2,39%	5,68%	10,64%	11,38%	4,7%	1,01%	3,72%	25,28%	3,39%
R <sup>2</sup>		0,63	0,59	0,68	0,55	0,92	0,58	0,77	0,89	0,83	0,88	0,78	0,71

Referencias:

Pr: Nivel de significancia

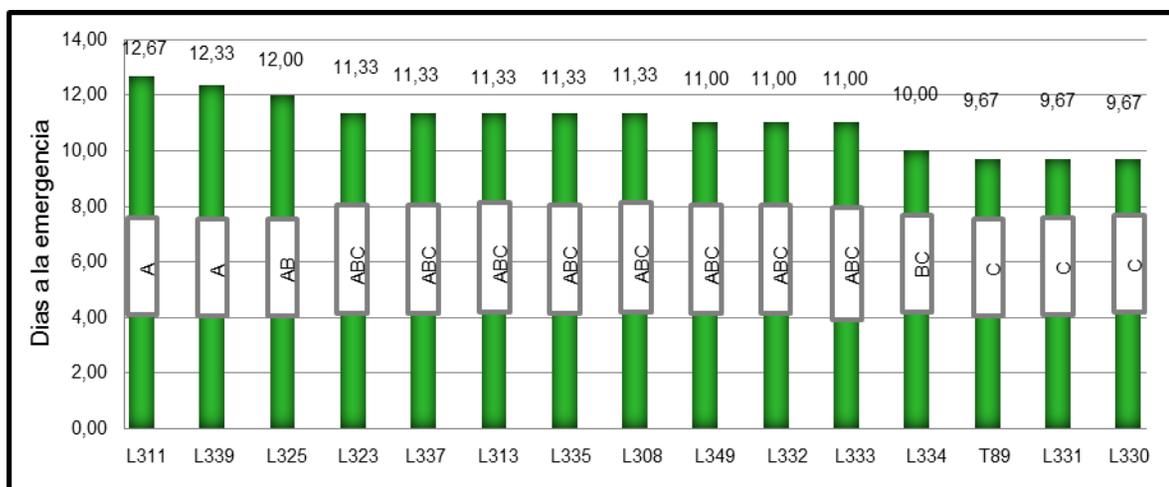
\*: Significativo \*\* : Altamente significativo ns : no significativo

CV: coeficiente de variación R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación

### 4.3.1. Días a la emergencia

En la figura 5, muestra la prueba de medias de Duncan a un nivel de significancia del ( $\alpha=0,05$ ) donde la variable días a la emergencia, se formaron cinco grupos diferentes; en el último grupo las líneas L331, L330 y T89 con valores menores de 10 días a la emergencia. Finalmente en primer grupo las líneas L311 y L339 registraron un promedio similar de 12 días.

Las líneas L331 y L330 presentaron promedios favorables de 10 días y sobresalen ante los demás genotipos mostrando una similitud al testigo T89. Armas (2000), indica los procesos de germinación de la semilla pueden retenerse ante la ausencia de algún factor externo que sea vital para el proceso, como la falta de agua afectando al suelo con poco porcentaje de humedad limitando a la germinación de la semilla.



**Figura 5. Comparación de medias de días a la emergencia de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero.**

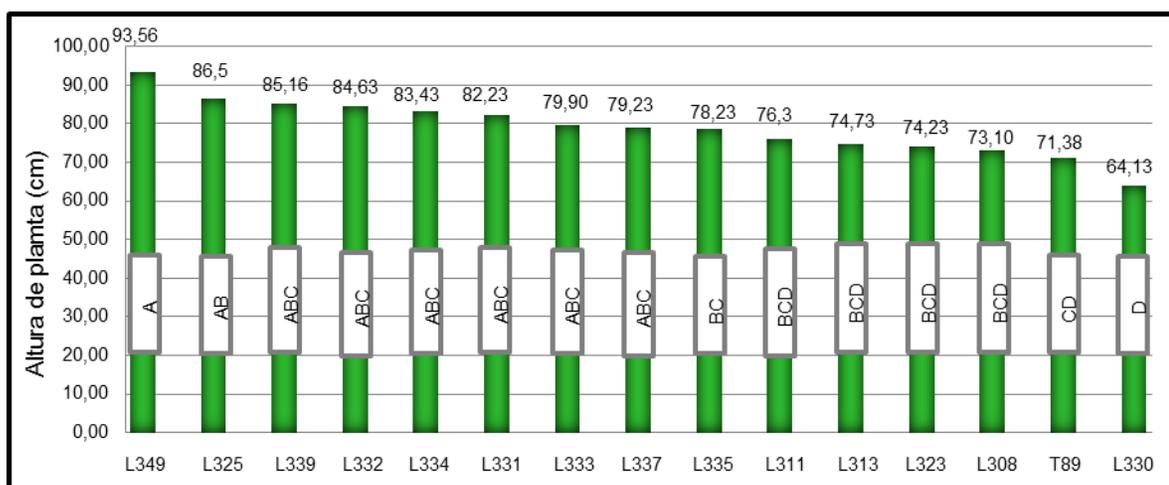
Según Quispe (2010), en la adaptabilidad y productividad de 146 líneas avanzadas de trigo del vivero internacional CIMMYT en el altiplano boliviano se menciona que las líneas registraron 7 días a la emergencia. Por otra parte Moñocopa (2012), en la adaptabilidad de veinticinco líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en condiciones del altiplano norte del departamento de La Paz registraron que las líneas presentaron promedios menores de 9 días a la emergencia. En la investigación presente llevada a cabo en Kallutaca, se registró una diferencia a la investigación de Quispe y Moñocopa. Según Coronel citado por Terán (2010), menciona que el grado de adaptación de la

semilla es influida por el medio ambiente ya que las condiciones climáticas son impredecibles.

#### 4.3.2. Altura de planta

A partir del análisis prueba de medias de Duncan, de la variable altura de planta muestra diferencias significativas entre las líneas investigadas. En la figura 6, la línea L349 presentó una altura mayor que las demás líneas con promedios de 93,56 cm. Por otra parte, las líneas L330 y T89 registraron portes bajos de 64,49 cm y 64,13 cm, respectivamente.

Las líneas, presentaron diferencias de altura estadísticamente, con respecto al testigo Tepoca T89, que tiene un comportamiento similar con las líneas que presentan alturas menores. PROINPA (2010), menciona que la variedad Tepoca T89 presenta alturas 90-110 cm para zonas altas. Gómez (2001), señala la gran importancia de la resistencia al acame en la obtención de buenos rendimientos y al mismo tiempo indica que los tallos cortos y fuertes aumentan la duración es decir que el trigo puede permanecer en pie sin romperse.



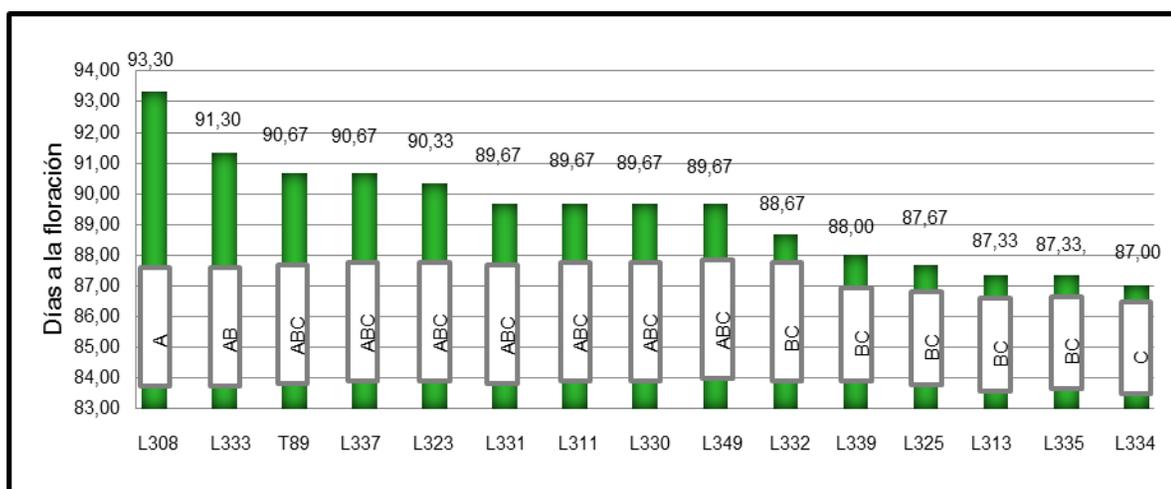
**Figura 6. Comparación de medias de altura de planta de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero.**

Quispe (2010), indica que las alturas de las plantas de trigo tienen un promedio 75,0 cm. Por otra parte, Moñocopa (2012), menciona que las líneas en estudio para la variable altura de planta registró un promedio de 95 cm. En la presente investigación se obtuvo

una superioridad con los promedios registrados por Quispe y Moñocopa. Al respecto Días del Pino (1986) y Robles (1990) citado por Ochoa (2002), en la introducción de quince variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) en dos comunidades de la provincias Inquisivi del departamento de La Paz, indica que la altura planta depende de la habilidad del suelo y del clima.

#### 4.3.3. Días a la floración

En la figura 7, que representa la prueba de medias de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para la variable días a floración donde se identificaron cinco grupos diferentes. En el último grupo la línea L334 registró un valor menor a 87, días a la floración. En el primer grupo la línea L334 registro un valor superior a 93 días seguida por el testigo Tepoca T89 con 91 días.



**Figura 7. Comparación de medias de días a la floración de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero.**

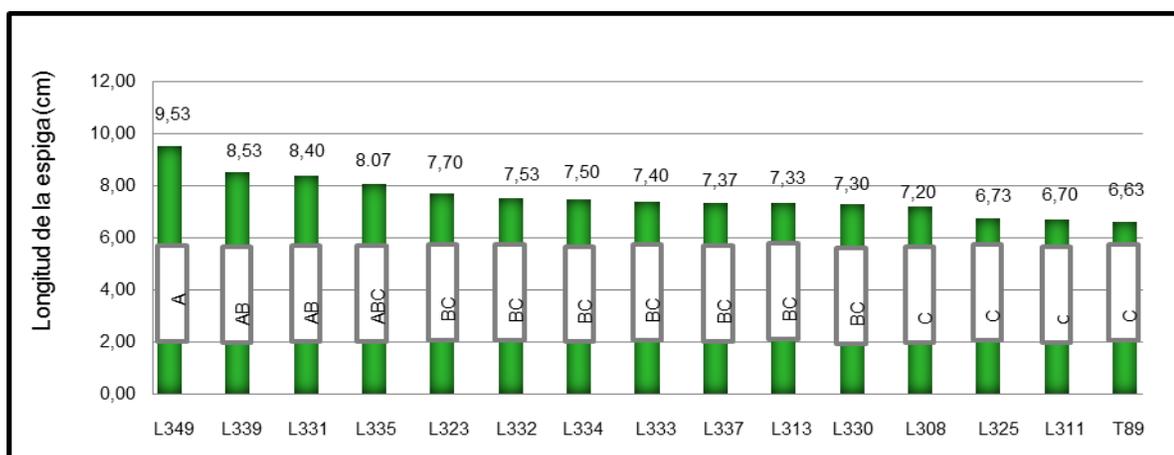
El comportamiento de las líneas L335 y L334 presentó promedios favorables de 87 días a la floración a comparación con el testigo T89 que mostro un promedio de 91 días. Al respecto Coronel (1989) citado por Terán (2010), indica que cada variedad tiene un tiempo definido de floración que difícilmente se distorsiona por la condiciones medio ambientales desfavorables como la sequía y fuertes vientos.

Crespo (2010), menciona que la variedad Tepoca-T89 reporto 75 días a la floración en zonas altas, donde la investigación presente muestra una superioridad a la investigación de Crespo. Al respecto Soldano (1985) citado por Terán (2010), indica que la sequía

puede ser un verdadero factor de limitación para los días a la floración, por la cual puede causar a la no formación de flores peor a un hasta la muerte.

#### 4.3.4. Longitud de la espiga

La prueba de medias de Duncan a un nivel de significancia de ( $\alpha=0,05$ ) para longitud de espiga expresa diferencias entre las líneas (figura 8), estableciendo cinco grupos: en el primer grupo la línea L349 fue la más sobresaliente con 9,53 cm. Las líneas L308, L315, L311 y T89 con valores inferiores a: 7,20; 6,73; 6,70 y 6,63 cm, respectivamente.



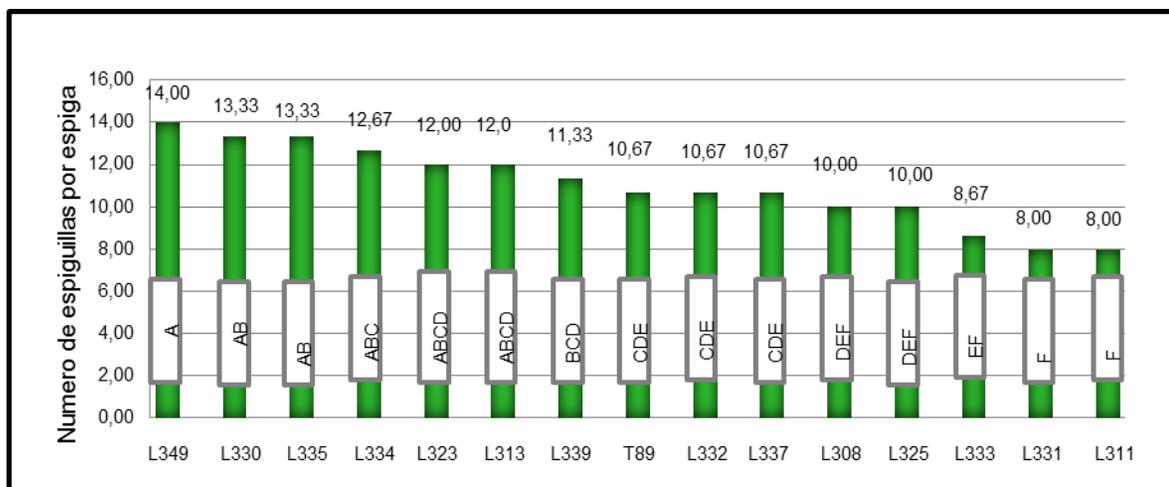
**Figura 8. Comparación de medias de longitud de espiga de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero.**

Las líneas investigadas presentaron una superioridad al testigo-T89, estas diferencias es propia de cada genotipo que lleva diferente carga genética influida por el medio ambiente. Al respecto PROINPA (2010), menciona que la variable Tepoca T89 registro en zonas altas con longitudes superiores de 7 a 8 cm. Coronel (1989), indica que la diferencia en el tamaño de la espiga es una característica genética propia de cada cultivar aunque puede verse influida por factores externos del lugar.

Quispe (2010), indica que la longitud de la espiga registró un promedio de 9,1 cm. Al respecto Moñocopa (2012), menciona que las líneas tuvieron longitudes altas de 9 cm, en promedio. En la investigación presente registro genotipos que presentaron diferencia con la investigación de Quispe y Moñocopa. También Mamani (1999), citado por Ochoa (2002), indica que la longitud de espiga, está relacionada con el potencial genético, para el llenado de grano que presenta cada espiga.

#### 4.3.5. Numero de espiguillas por espiga

En la figura 9, que representa la prueba de medias de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) donde la variable número de espiguillas por espiga se identificaron nueve grupos diferentes. La línea de mayor cantidad fue L349 con 14 espiguillas por espiga. En el último grupo las líneas L331 y L311 presento un valor similar de 8 unidades.



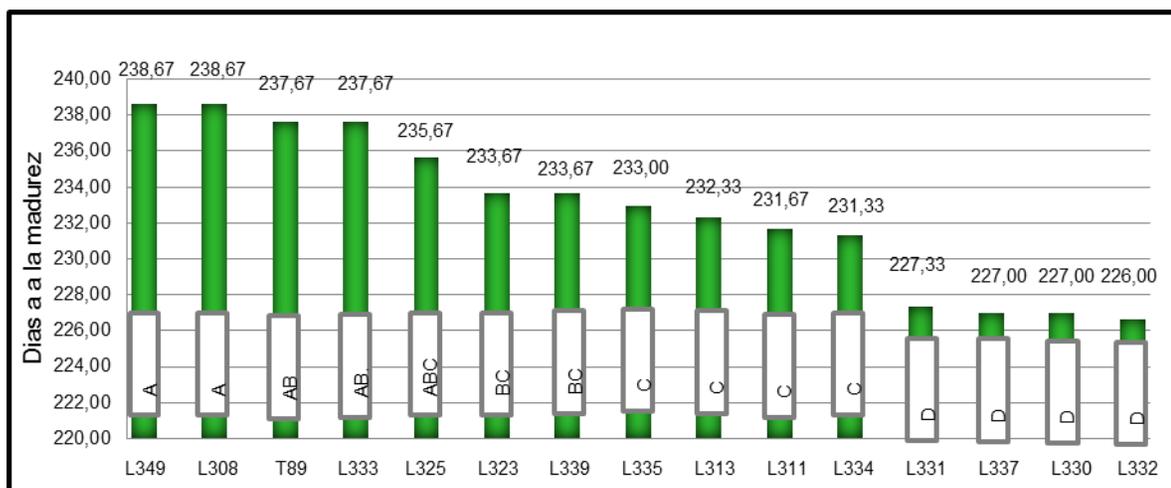
**Figura 9. Comparación de medias de número de espiguillas por espiga de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero.**

Gran parte de las líneas registraron una superioridad al testigo Tepoca-T89 con excepción a la línea L311, este comportamiento es propia de cada línea, y la respuesta al efecto ambiental. Sánchez (1975), indica que la falta de agua en la planta de trigo reduce la formación de espiguillas y de flores, aunque este efecto no puede ser relevante para la producción.

Ochoa (2002), menciona que las variedades Roller y Dove"s" con promedios 15,97 y 15,96 espiguillas por espiga, fueron los más sobresalientes con las demás variedades como la variedad Tepoca-T89 con un promedio de 14,13 espiguillas por espiga. Al respecto los resultados obtenidos por Ochoa están por encima de la investigación. Por otra parte Soldano (1985) citado por Terán (2010), dice que hay muchas ocasiones en que las 2 o 3 espiguillas inferiores o situadas en la base del raquis no llegan a desarrollarse y por lo tanto tampoco producen grano.

#### 4.3.6. Días a la madurez

En la figura 10, que representa la prueba de medias de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para la variable días a la madurez donde, se identificaron grupos diferentes apreciando que las líneas L332, L330, L337 y L331 con valores menores 226,00; 227,00; 227,00 y 277,33 días respectivamente. Las líneas L349 y L308 con un promedio similar de 238,67 días; por debajo se encuentra el testigo Tepoca-T89 que mostro un promedio 237,67 días.



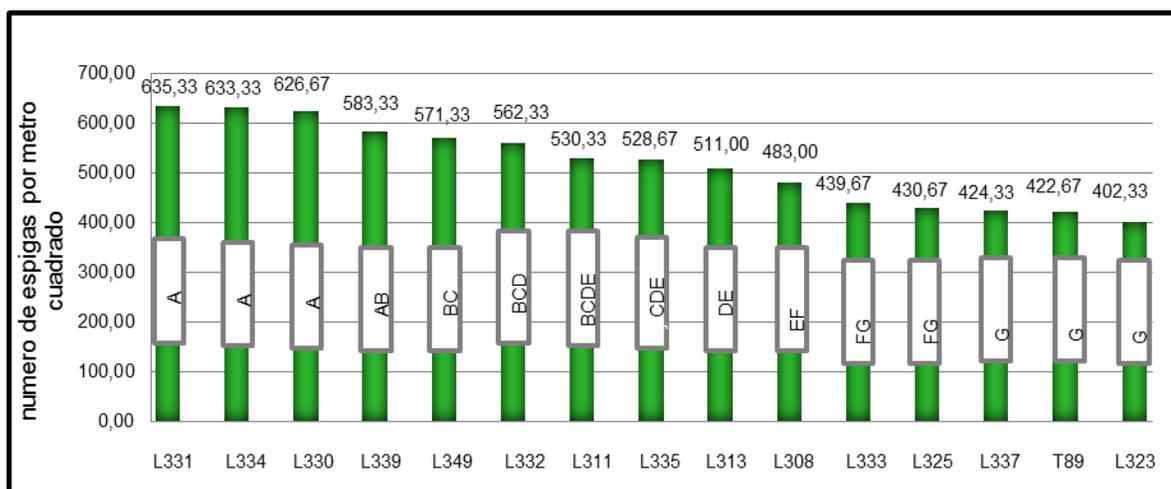
**Figura 10. Comparación de medias de días a la madurez de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero.**

Las líneas presentaron una desigualdad entre los genotipos, donde el Tepoca-T89 mostró un compartimiento similar a las demás líneas que presentaron promedios superiores, esto se debe principalmente a la altitud en donde las características genéticas de cada cultivar que están propensos a la influencia por el medio ambiente. Cabezas (2004), afirma que la absorción de nutrientes es inversamente proporcional a la altitud y directamente proporcional al desarrollo de la planta.

Quispe (2010), identificó que las líneas de trigo que presentó una madurez temprana de 193 días. Por otra parte Moñocopa (2012), registró líneas que presentaron una madurez 212 días. Los datos obtenidos por Quispe y Moñocopa presentaron una diferencia con la presente investigación. Al respecto Poelhman (1987) citado por Ochoa (2002), indica que la madurez fisiológica temprana permite escapar de las roya del tallo y que las variedades tardías pueden ser dañadas por altas temperaturas o por sequía.

#### 4.3.7. Numero de espigas por metro cuadrado

En la figura 11 se observa la prueba de medias de Duncan para la variable número de espigas por metro cuadrado a un nivel de significancia del ( $\alpha=0,05$ ) mostrando la conformación de 9 grupos diferentes. En el primer grupo las líneas L331, L334 y L330 registraron valores superiores 635,33; 633,33 y 626,67 espigas por metro cuadrado respectivamente. El último grupo conformado por las líneas L337, L323 y T89, mostraron valores bajos 424,33; 402,33 y 422,67 espigas por metro cuadrado, respectivamente.



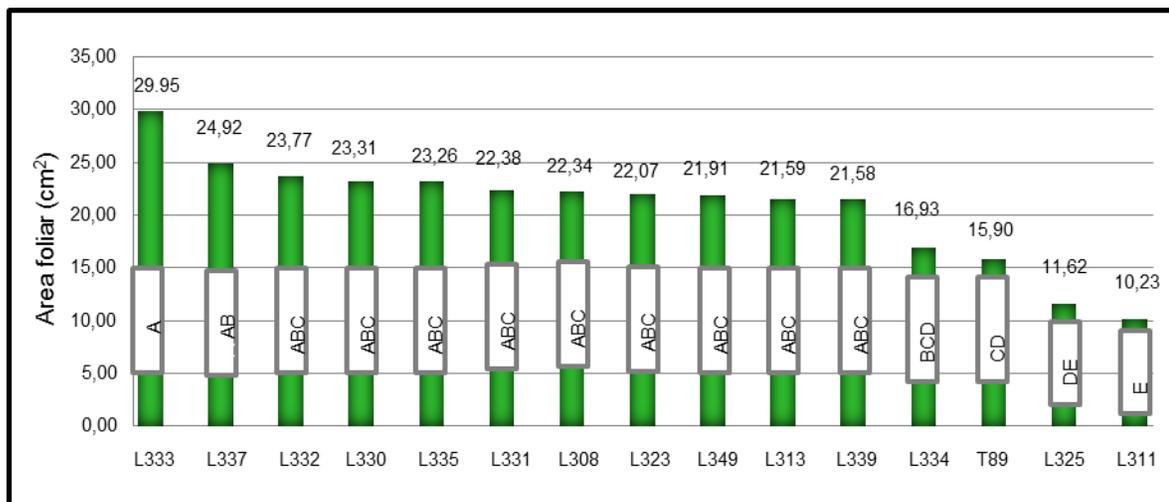
**Figura 11. Comparación de medias de número de espigas por metro cuadrado de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero.**

Las líneas presentaron valores superiores comparados con el testigo Tepoca-T89, estas diferencias favorables se deben a las características genéticas de cada entrada que fueron influidas por el medio en que se desarrollaron. Terán (2010), indica que también depende de la densidad de siembra que se está empleando siendo un factor importante para la cantidad final al número de espigas por metro cuadrado.

Quispe (2010), indica que las líneas de trigo registraron 872 espigas por metro cuadrado, donde la investigación presente, muestra una diferencia a la investigación de Quispe. Por otra parte Manilla *et al.*, (2012), mencionan que la disponibilidad de agua es mayor a la plantas de trigo, mayor se incrementa el número de espigas.

#### 4.3.8. Área foliar

Los cuadrados medios del análisis de varianza para la variable área foliar nos mostraron diferencias significativas entre las líneas investigadas. En la prueba de medias de Duncan (figura 12) se observaron siete grupos diferentes. En el primer grupo la línea que llegó a desarrollar un área foliar mayor a las demás líneas fue la L333 con 29,95 cm<sup>2</sup>. Además, la línea L311 presentó un área foliar menor con 10,23 cm<sup>2</sup>.



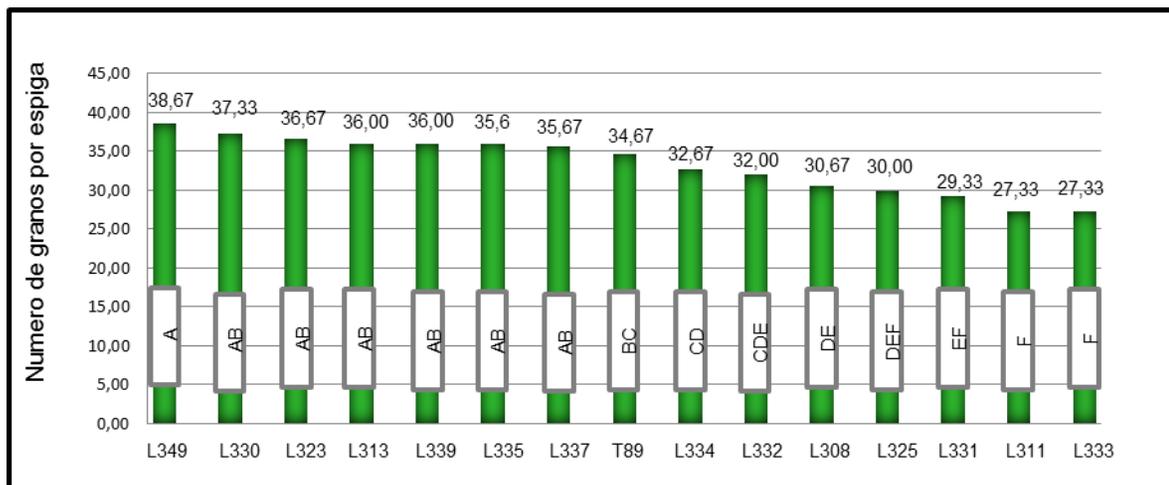
**Figura 12. Comparación de medias de área foliar de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero.**

Las diferencias se deben a que cada línea lleva diferentes cargas genéticas influidas por el medio ambiente en que se desarrollaron, en donde la mayoría de las líneas mostraron una superioridad al testigo Tepoca-T89. Al respecto Cogliatti (2010), menciona que el área de hojas en plantas de trigo en condiciones de sequía presentó un área foliar de 15,4 cm<sup>2</sup>. En la investigación presente mostró una superioridad a los datos obtenidos por Cogliatti. Por otra parte Rimachi (2008), indica que el número y el tamaño de las hojas llegan a jugar un rol importante para los procesos de captación de energía lumínica para la formación de los órganos, donde en una etapa final los azúcares de las hojas inferiores van emigrando a los granos de trigo mientras las hojas se van secando.

#### 4.3.9. Número de granos por espiga

Los cuadrados medios del análisis de varianza para el número de granos por espiga registraron diferencias significativas entre las líneas investigadas. En la figura 13, que

representa la prueba de medias de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), se identificaron ocho grupos diferentes, apreciando en el primer grupo la línea L349 con un valor mayor 38,67 granos por espiga. En el octavo grupo las líneas 311 y L333 con valores inferiores 24,67 y 24,67 unidades respectivamente.



**Figura 13. Comparación de medias de número de granos por espiga de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero**

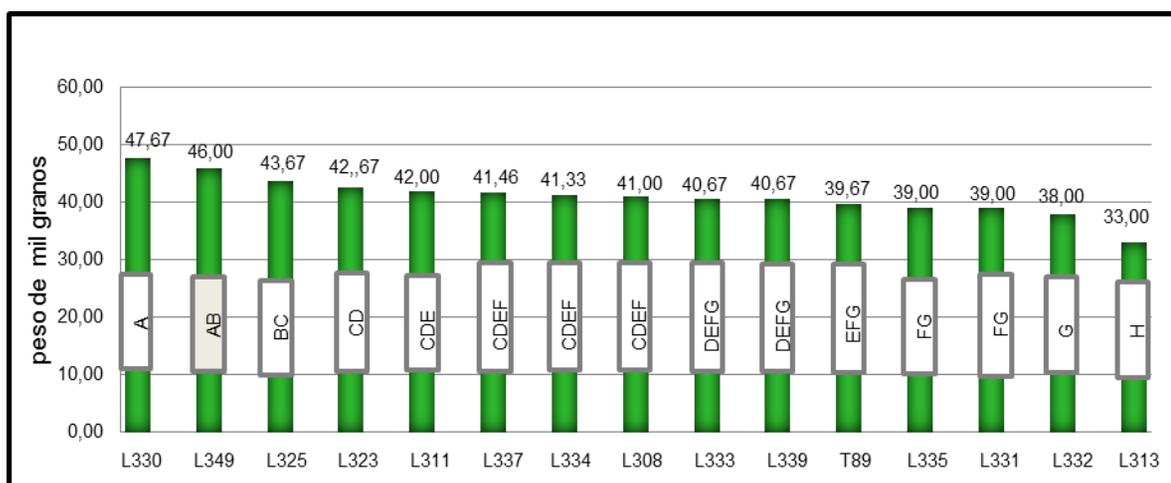
Las líneas estudiadas llegaron a formar mayor número de granos por espiga en condiciones del altiplano con respecto a la variedad T89 que se ubica en la parte intermedia de la figura anterior. Sánchez (1975), menciona que el efecto principal de la sequía es la disminución del número de granos por espiga.

Quispe (2010), registro un promedio de 24 granos por espiga. Por otra parte Moñocopa (2012), indica que las líneas registraron 52 granos por espiga; en la presente investigación se identificó genotipos superiores al de Quispe y diferencias a la investigación de Moñocopa. Esta diferencia de número de granos depende de flores que sobreviven dentro las espiguillas que pone en riesgo la fertilización que también está influida por la herencia, y otros como las plagas, enfermedades y factores adversos que disminuye así el número de granos del cultivo (Coronel, 1989 citado por Terán, 2010).

#### 4.3.10. Peso de mil granos

En la figura 14, representa la prueba de medias de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) donde la variable peso mil gramos se identificaron grupos diferentes. La línea de mayor peso fue L330 con 47,67 gramos. Por otra parte la línea L313 registro un valor inferior 33,00 gramos.

La diferencia de pesos de mil gramos, que presentan las líneas fue por la falta de precipitación junto al desarrollo del ciclo vegetativo siendo un elemento importante para el llenado de grano, donde el testigo T89, registro un promedio por debajo de los genotipos indicados. Al respecto López (1991) citado por Ochoa (2002), indica que la diferencia de peso de mil gramos fue por la deficiencia de agua en periodos críticos en la fase de desarrollo de la espiga hasta la fase inicial de formación del grano.



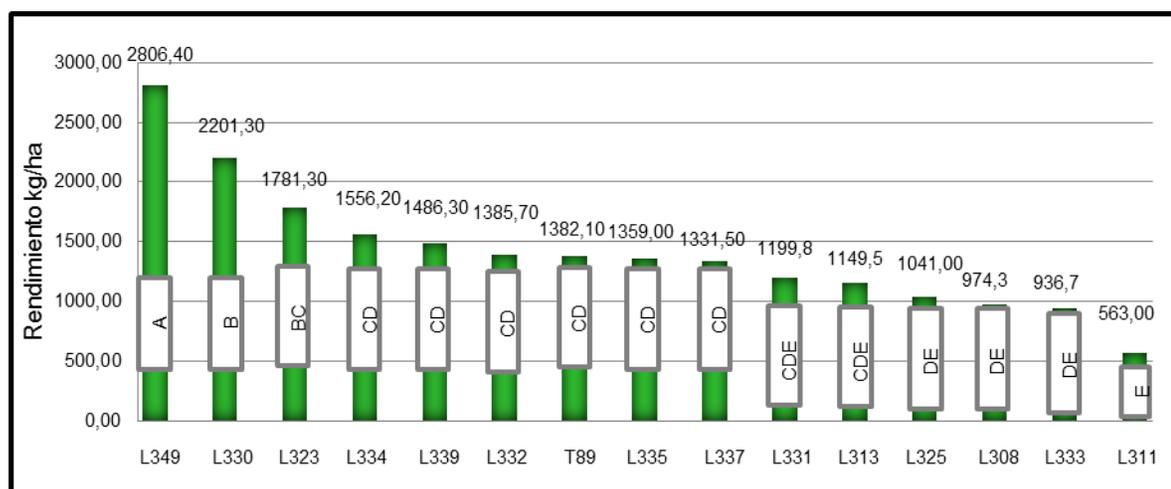
**Figura 14. Comparación de medias de peso de mil granos de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero.**

Quispe (2010), menciona que las líneas de trigo registraron pesos superiores de 58,0 y 59,7 gramos. Por otra parte Moñocopa (2012), registró líneas de trigo con valores máximos de 55 gramos; la presente investigación registró una diferencia con las anteriores investigaciones. Soldano (1985), menciona que algunos factores climáticos pudieron afectar el cultivo, impidiendo que todo el almidón que se traslade desde las hojas hasta los granos limitando el aumento de su masa y llenado completamente.

#### 4.3.11. Rendimiento

En la figura 15, que representa la prueba de medias de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), para la variable rendimiento donde se identificaron seis grupos diferentes. En el primer grupo la línea L349 con 2806,40 kg/ha presentó una superioridad con las demás líneas. En el último grupo la línea L311 con 563,0 kg/ha. Por otra parte el testigo Tepoca-T89 que se encuentra en la parte media, con 1382,10 kg/ha.

Las diferencias que presentan las líneas se puede atribuir al efecto genotipo ambiente, donde la mayoría de las entradas superaban el promedio 1,500 kg/ha; resaltando a dos líneas que supera el 2000 kg/ha. PROINPA (2010), menciona que en zonas altas el rendimiento Tepoca-T89 fue de 2000 kg/ha.



**Figura 15. Comparación de medias de peso rendimiento de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero.**

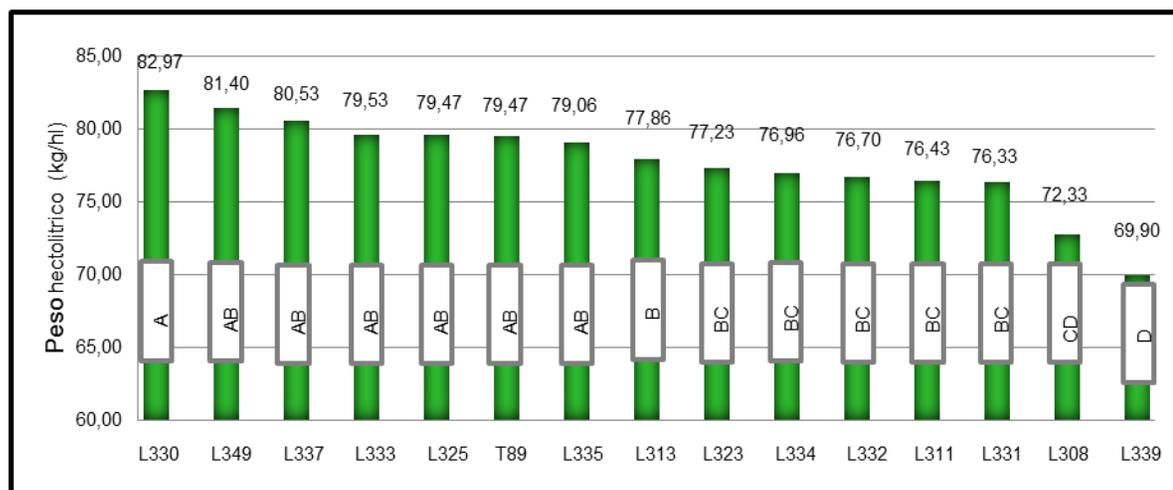
Quispe (2010), indica que las líneas que presentaron promedios superiores que están entre 2643 a 5858 kg/ha. Por otra parte Moñocopa (2012) menciona que las líneas en estudio registraron 2700 a 3600 kg/ha llegado a ser el más destacado. En el presente trabajo presentó una diferencia con los trabajos realizados por Quispe y Moñocopa. Al respecto el promedio de trigo en el altiplano no supera el rendimiento de 700 kg/ha (MDRyT, 2012).

#### 4.3.12. Peso hectolitrico

En la figura 16, que representa la prueba de medias de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), para la variable peso hectolitrico se identificaron seis grupos diferentes. En el primer grupo la línea L330

registró un peso hectolitrico mayor a las demás líneas con 82,97 kg/hl. Finalmente la línea L309 presentó un promedio menor a 69,90 kg/hl seguida por la T89 con 79,47 kg/hl encontrándose en la parte intermedia del grupo.

Las entradas presentaron un comportamiento favorable ante los factores ambientales, mostrando una superioridad al testigo T89. Coronel (1989), menciona que en el momento de la cosecha si la humedad es alta, menor será el peso hectolitrico.



**Figura 16. Comparación de medias de peso hectolitrico de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero.**

Quispe (2010), indica que el peso hectolitrico, presentó un promedio de 87,8 kg/hl. Por otra parte Moñocopa (2012), registró que las líneas estudiadas llegaron a una máxima de 78,7 kg/hl; en la presente investigación se registró una similitud con Quispe y una superioridad a la investigación de Moñocopa. CNIMTA (2005), menciona que el grano no tenga impurezas como granos dañados o quebrados, chuzos, picados, con presencia de cualquier enfermedad, mayor será la proporción de almidón en el grano y mejor será la separación del endospermo del resto del grano, por lo tanto, cuanto más sano mayor extracción de harina siendo una medida de la homogeneidad de la partida de trigo, factor clave en el proceso industrial. Por consiguiente, el peso hectolitrico es una buena estimación tanto de la calidad física del grano, como de la calidad molinera. En donde Salomón y Miranda (2003), menciona que el estándar Argentino de Comercialización de trigo de exportación contiene un contenido proteico 11% y al menos debe llegar 76 kg/hl.

#### 4.4. Análisis de correlación simple

En el cuadro 5, se aprecia un conjunto de 14 variables cuantitativas que representa la matriz de correlación a una significancia ( $p < 0,01$ ), con la que se puede explicar de la siguiente forma: La correlación positiva fuerte entre número de espiguillas por espiga con número de granos por espiga ( $r=0,70$ ), donde la primera variable en su orden esta correlacionada con el rendimiento ( $r=0,63$ ) y a la vez el rendimiento esta correlacionado con número de granos espiga y peso mil granos ( $r=0,63$  y  $r=0,45$ ). La cual indica que si el número de espiguillas por espiga es mayor, y también el número de granos tiende a ser mayor así también mayor será peso mil granos y el rendimiento tiende ser mayor.

Otra de las correlaciones que presentan fue la altura de planta con longitud de espiga ( $r=0,46$ ), que a su vez la longitud de la espiga está correlacionada con área foliar y numero de espigas por metro cuadrado ( $r=0,35$  y  $r=0,47$ ), y esta última variable esta correlacionada negativamente a los días a la madurez ( $r=-0,39$ ) indicando si mayor es la altura de planta, mayor será el área foliar, mayor será el longitud de espiga y tardío son los días de madurez.

**Cuadro 5. Análisis de correlación de variables cuantitativas de 15 líneas avanzadas de trigo harinero.**

VAR	DE	AP	AF	DF	NEM	LE	NEE	NGE	DM	PMG	PH	RDTO
DE	1											
AP	0,32*	1										
AF	-0,07	0,12	1									
DF	0,08	-0,08	0,17	1								
NEM	-0,25	0,13	0,05	-0,28	1							
LE	0,13	0,46**	0,35*	-0,15	0,37*	1						
NEE	-0,12	0,03	0,20	-0,23	0,20	0,25	1					
NGE	-0,09	-0,08	0,18	-0,10	0,05	0,29	<b>0,70**</b>	1				
DM	0,10	0,08	-0,05	0,17	-0,39**	0,03	0,04	0,02	1			
PMG	0,02	-0,03	-0,08	0,16	0,08	0,14	0,21	0,14	0,14	1		
PH	-0,10	-0,12	0,07	0,03	-0,15	-0,01	0,23	0,20	-0,18	0,28	1	
RDTO	-0,23	0,12	0,26	-0,09	0,26	0,37*	<b>0,63**</b>	<b>0,63**</b>	-0,01	0,45**	0,25	1

DE: días emergencia (días); DF: días a la floración (días); AP: altura planta (cm); AF: área foliar ( $\text{cm}^2$ ); NEM: número de espigas por metro cuadrado (unidades); LE: longitud de espiga (cm); NEE: número espiguillas por espiga (unidades); NGE: número de granos por espiga (unidades); DM: días a la madurez (días); PMG: peso de mil granos (1000 unidades); PH: peso hectolitrico (kg/hl) y RDTO: rendimiento ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

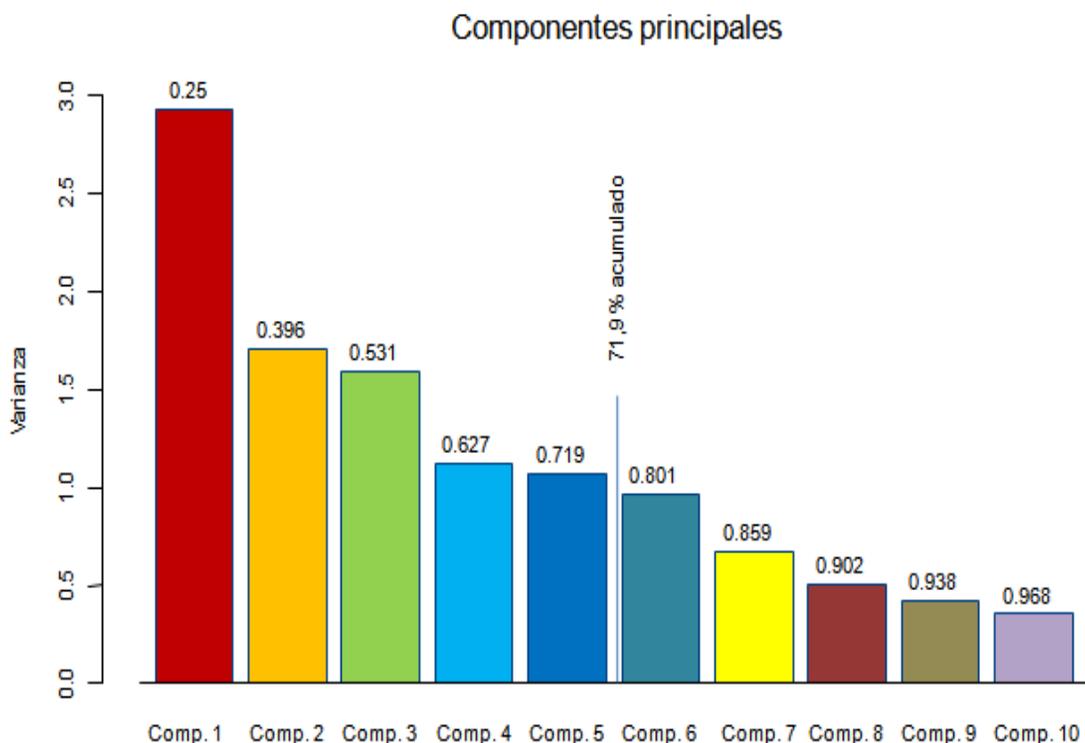
\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* . La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

Quispe (2010), menciona que las variables que presentaron correlaciones altas son peso hectolitrico y peso mil gramos ( $r=0,639$ ). Por otra parte Moñocopa (2012), registró variables que registraron correlaciones altas que son número de espiguillas por espiga y longitud de espiga. Las variables en estudio presentaron una diferencia al de Quispe y una similitud con Moñocopa.

#### 4.5. Componentes principales

La acumulación de las variables independientes, da la formación de las columnas de forma vertical que representan a los componentes, en donde existe el grado de variación de cada una. Para la selección de los componentes se empleó el criterio de Franco y Hidalgo (2003), en base a la proporción acumulada de la varianza fue 70% o más, que es total acumulado de la varianza que representa a los valores propios. Para la elección de los componentes cuyos valores propios explican un valor 71,9% de la varianza total, por tanto se eligieron 5 componentes principales y por los demás componentes que no se aprecian han llegado a la formación de las demás columnas (figura 17).



**Figura 17. Componentes principales de 15 líneas avanzadas en la estación experimental de Kallutaca en la gestión agrícola 2013 - 2014.**

En tanto los componentes restantes 6, 7, 8, 9 y 10 registraron un grado de acumulación que llegar a ser la acumulación de las variables cuantitativas que influirá a la formación de los demás componente.

#### 4.5.1. Registro de la importancia de los componentes principales

Variables	Componentes principales				
	1	2	3	4	5
días a la emergencia	-0,122	-0,263	0,441	-0,215	0,118
Altura de plantas	-	-0,542	0,285	-	0,147
Área foliar	0,211	-0,126	-0,136	0,74	-0,168
Días a la floración	-0,131	0,233	0,384	0,485	0,207
Numero de espigas por metro cuadrado	0,233	-0,335	-0,438	-	0,254
Longitud de espiga	0,334	-0,443	0,171	-	0,164
Numero de espiguillas por espigas	0,466	0,122	-	-0,157	-0,27
Numero de granos por espiga	0,437	0,176	-	-	-0,347
Días a la madurez	-	-	0,521	-0,248	-0,349
Peso mil granos	0,225	0,238	0,24	-0,238	0,593
Peso hectolitrico	0,184	0,37	0,147	0,106	0,388
Rendimiento	0,504	0,102	-	-	-
<b>Importancia</b>					
Desviación estándar	1,712	1,307	1,262	1,06	1,036
Varianza explicada en (%)	24,9	14,5	13,5	9,5	9
Varianza total acumulada (%)	24	39,5	53,1	62,7	71,8

#### Cuadro 6. Síntesis de Asociación vertical de variables cuantativas para cinco componentes principales en estudio de la adaptabilidad de 15 líneas de trigo harinero.

El primer componente mostro una acumulación vertical del 24% de la varianza total, donde las variables con coeficientes altos son: número de espiguillas por espiga, longitud de espiga, número de granos por espiga y rendimiento. A ellos se suman los coeficientes bajos que están comprendidos por el área foliar, numero de espigas por metro cuadrado,

peso mil gramos y peso hectolitrico seguida por valores negativos días a la emergencia y días a la floración. Las variables mencionadas con coeficientes altos contribuyeron a la identificación de genotipos que se adaptaron y aportaron a la productividad.

El segundo componente mostro una acumulación vertical del 39,3% donde la variable con un coeficiente alto es el peso hectolitrico. En este mismo orden se encuentran los coeficientes bajos que son: días a la floración, número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga, peso de mil gramos y rendimiento. Seguidas por los valores negativos que son: días a la emergencia, altura de planta, área foliar, numero de espigas por metro cuadrado y longitud de la espiga.

El tercer componente aporto una acumulación vertical 53,1% en donde los coeficientes altos son: días a la emergencia, días a la floración y días a la madurez. En este mismo orden se encuentran el coeficiente menores que son: altura planta, área foliar, longitud de la espiga y peso mil gramos seguida por un solo valor negativo que es número de espigas por metro cuadrado.

El cuarto componente identifico una acumulación vertical 62,7% en donde los coeficientes altos son: área foliar y días a la floración. En este orden se encuentra el peso hectolitrico que presenta un coeficiente bajo seguido por los valores negativos que son: días a la emergencia, número de espiguillas por espiga, días a la madurez y peso de mil gramos.

El quinto componente contribuyó acumulación vertical 71,9% en donde los coeficientes altos que son: peso de mil gramos y peso hectolitrico, en este orden se encuentra los coeficientes bajos que son: días a la emergencia, altura de planta, días a la floración y numero de espigas por metro cuadrado en este orden se encuentra los coeficientes con valores negativos que están comprendidos por área foliar, numero de espiguillas por espiga, numero de granos por espiga y días a la madurez.



El segundo grupo que presenta una correlación positiva es longitud de espiga, número de espigas por metro cuadrado altura de planta y aérea foliar a la vez el número de espigas por metro cuadrado presenta una correlación negativa con días a la floración. La proyección opuesta identifico que los días a la floración presenten tardías menor será la respuesta al número espigas por metro cuadrado.

En la figura 18 también se puede observar el grado de asociación entre las variables peso hectolitrico, peso mil gramos. Se explica que a mayor peso de mil gramos mejor respuesta tendrá el peso hectolitrico en ese mismo orden se encuentran correlacionados el peso hectolitrico de forma negativa con días a la emergencia lo cual indica que si los días a la emergencia sean negativos la respuesta será negativa al peso hectolitrico y peso de mil gramos.

En consecuencia este análisis se puede identificar que las líneas L349 y L330 con rendimiento en grano 2806,40 y 2201,30 kg/ha se encuentra las más destacada por la ubicación significativa de las siguientes variables número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga y rendimiento. Por otra parte las variables peso mil gramos y peso hectolitrico se mostraron favorables para la líneas L330.

Quispe (2010), indica que de 146 líneas avanzadas de trigo harinero se destaca en función al ángulo de los vectores las variables: altura planta, peso de mil gramos, longitud de la espiga, rendimiento, peso hectolitrico y número de granos por espiga donde la presente investigación presento una similitud con variables de productividad y calidad.

#### 4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación siguiendo respectivos objetivos planteados, nos permiten llegar a las siguientes conclusiones.

El análisis de varianza para las variables agromorfológicas, productividad y calidad de los genotipos de trigo en estudio comparadas con el testigo Tepoca T89, demostró diferencias significativas de las líneas ante las condiciones del altiplano demostrando aptitudes sobresalientes para las variables número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga, peso mil granos y rendimiento.

Se menciona la existencia de una correlación fuerte entre las variables número de espiguillas por espiga con número de granos por espiga ( $r=0,70$ ); número de espiguillas por espiga con rendimiento ( $r=0,63$ ) que a la vez el rendimiento está correlacionado con número de granos por espiga ( $r=0,63$ ).

El método de análisis de componentes principales permitió identificar la correlación de las variables que han contribuido fundamentalmente al rendimiento son: número de espiguillas por espiga, longitud de espiga y número de granos por espiga.

Los genotipos que mostraron características de adaptación en ambientes áridos y semiáridos del altiplano en base a los componentes rendimiento son las líneas 330 y 349 con 2806,40 y 2201,30 kg/ha respectivamente. Entre los rendimientos más altos también se encuentran las líneas 323 y 334 con 1781,30 y 1556,20 kg/ha, podemos mencionar que las líneas 330, 349, 337 y 333 mostraron promedios altos 78 kg/hl que es un elemento importante para industria molinera en donde los rangos de exportación estándar de países vecinos son de 76 kg/hl.

## **5. RECOMENDACIONES**

Por la falta de agua en el altiplano boliviano, construir infraestructura de riego para el desarrollo del cultivo del trigo, ya que en las etapas de siembra y macollamiento se presentan déficit.

Promover con la investigación con los genotipos que presentaron una superioridad en la investigación planteada sobre la adaptabilidad en condiciones desfavorables del altiplano boliviano.

Seguir adelante con las líneas que demostraron una productividad, pese a las condiciones sequias, de esa forma poder identificar hasta que una línea será recomendada para el altiplano boliviano.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, L; Pistorale, S 2011. Análisis de la estabilidad y adaptabilidad de caracteres de interés agronómico en genotipos selectos de cebadilla criolla (*Bromus catharticus*) (en línea) universidad Lujan Buenos Aires AR. Consultada el 20 de sep. 2013 disponible en <http://www.agriscientia,unc,edu,ar/volumenes/pdf/v28n02a02.pdf>.
- Adenauer K. 2013. FUNDACION MILENIO: Informe de milenio sobre la economía. Ed: Rebeca No1584 vol: 35. La Paz-Bolivia p.69. (Serie ISBN 4-1-2441-13).
- Aquino, P 1998. La adopción del método de siembra de trigo en surcos en el Valle del Yaqui. Sonora, ME. Informe Especial del Programa de Trigo.p.28-29 (serie No. 17b).
- Armas, R 2000. Ed. Pueblos educación. La Habana. CU. 324 p.
- Barberis, N. A. 2014. Evaluación perspectiva mundial nacional de producción y el comercio del trigo. Producción y stocks. Manfredi Córdoba, AR. p. 2. (Serie ISSN 1851 7994).
- Barron, F. 1990. Análisis de variables categóricas: el procedimiento de tablas de contingencias (en línea), consultada 29 de Dic 2015. Disponible en <http://www.bioestadística.uma.es/baron/apuntes/ficheros/cap07.pdf>.
- Cabezas, A. 2004. Apuntes de fisiología. ESPOCH. Facultad de recursos naturales.
- Carrasco, N; Baes, A. 2009a. Manual de trigo: Enfermedades foliares. Diseño. Graf. Etchart. Francisco. Buenos aires. Argentina. P 18-24.
- Cogliatti, D.H.; M.F. Cataldi, M.F.; Iglesias, F. 2010. Estimación del área de las hojas en plantas de trigo bajo condiciones de sequia. Agriscientia Me. Vol. XXVII, p. 43-53.
- Coronel, A 1989a. Comportamiento agronómico de variedades de trigo en dos zonas ecológicas de la provincia bolívar: Longitud de la planta. Tesis ing. Agro. ESPOCH facultada de recurso natural, EC. p 40-56.
- Crespo, M; España, P. 2010. Trigo harinero: tepoca - 89. Fundación PROINPA, Cochabamba, BO. p 1 – 4.

- CIMMYT (Centro Internacional Mejoramiento de Maíz Trigo, ME). 1980. Evaluación de material de trigo harinero, trigo duro, triticale y cebada, procedentes de CIMMYT e ICARDA (Desarrollo de los convenios de INIA con CIMMYT e ICARDA) y selección de líneas avanzadas adaptadas a las condiciones españolas: Tipo de material que se ha recibido. INIA, Ar. p. 1-4. (serie SC95-085-C6-C4).
- \_\_\_\_\_. 2000b Optimización de la productividad de sistemas agropecuarios basada en el cultivo de trigo en pequeñas propiedades Cochabamba, Bo. p 3
- CNIMTA (Cámara Nacional Industria Molinera de Trigo AR), 2005. Informe de la calidad del trigo (ciclo otoño invierno 2005/2006): Calidad del trigo, peso hectolitrico. Buenos aires, AR. p 1-2.
- Díaz M. 2000. Momento de aplicaciones de urea para aumentar la producción de grano de trigo en el oeste bonaerense. 17 Congreso argentino de la Ciencia del Suelo.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT) 2011a. Perspectivas alimentar: Resumen del mercado del trigo. Roma IT. p. 4.
- Forero, D. 2000. Almacenamiento de Granos. UNAD Facultad de Ciencias Agrarias. COL. p 2-3.
- Franco, T. L. y Hidalgo R. (Eds.). 2003a. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos filogenéticos. Boletín técnico no. 8, Instituto internacional de recursos filogenéticos (IPGRI), Cali, CO. p. 27.
- Gomez, L. 2001. Manejo tecnificado del cultivo de trigo en la sierra, Pe. 1- 20p.
- GADSC (Gobierno Autónomo departamental de Santa Cruz, BO), 2010. Trigo (en línea). Consultada 15.de mayo 2015 disponible <http://www.SantaCruz.gob.bo/acción/pdf/noticias/php?Inoticias=334>.
- GAML (Gobierno Autónomo Municipio de Laja, BO) 2006. Proyecto inversión participativa II: plan desarrollo de Laja, características del suelo Laja, BO. p. 11.
- Google Earht, 2013. Imagen espacial por el departamento espacial de los EEUU. Estación experimental de Kallutaca.

- Guarachi, E. (2011) balance hídrico en el cultivo de papa bajo condiciones de drenajes mixtos en Sukakollus. Suelos la emergencia. Licenciatura de ingeniero agrónomo. La Paz-BO. Universidad Pública del Alto. p 27
- Herbas, R. 2008. Situación de trigo en Bolivia y con texto internacional: Centro Investigación y promoción del campesinado (en línea). CIPCA-BOLIVIA. Consultada 13 de enero. 2014. Disponible en <http://www.cipca.org.bo/>. 2008/el\_situación\_trigo\_en\_bolivia/download.
- IBCE (Instituto Boliviano Comercio Exterior, Bo) 2014. Datos preliminares julio 2014. Importación de trigo 2013-2014. Santa Cruz-Bo. p 1-2.
- INFOAGRO (Información Agropecuario, Bo). 2005a. Cultivo de trigo: ciclo Vegetativo (en línea) consultada el 10 de feb del 2014. Disponible en <http://www.infoagro.com/herbáceos/cerales/trigo.htm>.
- López, L. 1991 Cereales comportamiento en ciclo fisiológico. Ed. Mundi. Prensa. Madrid - ES. V.1, p.67-125.
- MARP (Ministerio de agricultura y riego del Perú, Pe) 2012. INIA y productores de Huancayo buscan mejorar rendimiento y tolerancia a plagas del trigo (en línea). Perú, consultada 20 septiembre 2013 disponible en <http://www.minag.gob.pe/portal/tecnologia/6733-inia-y-productores-de-huancayo-buscan-mejorar-rend-y-tolerancia-a-plagas-del-trigo>.
- Manlla, A; Castellerin, J; Salvagiotti, F. 2012. Rendimiento potencial de trigo y brechas de producción según genotipo y fecha de siembra. Análisis de dos años de experiencias en Oliveros (Santa Fe): rendimiento. Estación experimental olivos de INTA, Santa Fe, AR. p 4.
- Miralles, D. 2004. Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de trigo: respuesta variable del ambiente que regulan el desarrollo del cultivo. Miscelánea, AR. Facultad de Buenos aires argentina. P 3-14.
- Moñocopa, F. 2012. Adaptabilidad de veinticinco líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en condiciones del altiplano norte del departamento de la Paz: Días a

la emergencia. Licenciatura de ingeniero agrónomo. La Paz-BO. Universidad Pública del Alto. p 5-36.

Morales, L. 2010. Análisis de regresión. (en línea). , consultada 8 julio 2013 disponible en [http://www.dm.uba.ar/materias/estadistica\\_Q/2011/1/clase%20regresion%20simple.pdf](http://www.dm.uba.ar/materias/estadistica_Q/2011/1/clase%20regresion%20simple.pdf).

MDRyT (Ministerio desarrollo y tierras, BO). 2012. Compendio agropecuario. Producción de trigo. edi, Marielle, C; Duran, Mariella; vega Lizet. La paz-Bo.p.66. ISBN: 97899954-485-5.

Ochoa, R. 2008a. diseños experimentales: Análisis de varianza. 1ra edi. Editorial Ramiro Raúl. La Paz-BO. p 211-210 (serie 4-12696-08).

\_\_\_\_\_. 2002b. Introducción de quince variedades trigo (*Triticum aestivum*) en la comunidad de la provincia inquisivi del departamento de La Paz: altura planta. Licenciatura de ingeniero agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-BO. p 33-39.

Prescott, J.M.1986. Enfermedades y plagas del trigo una guía para su identificación en el campo: Helminthosporium. - D.F. Mexico, CYMMYT ME p 31.

PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos, BO). 2010a. TEPOCA-T89, características de la planta: Altura planta. Cochabamba, BO. P2-3.

PRONALDES (Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y Sequia, BO), 1996. Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación y sequia: Introducción. BO. p 1-2.

Ríie, P. 2006. Trigo y semilla; El cultivo del trigo, morfología y taxonomía, clima, (en línea). AR, Consultada 10set 2013 disponible en <http://riie.com.ar>.

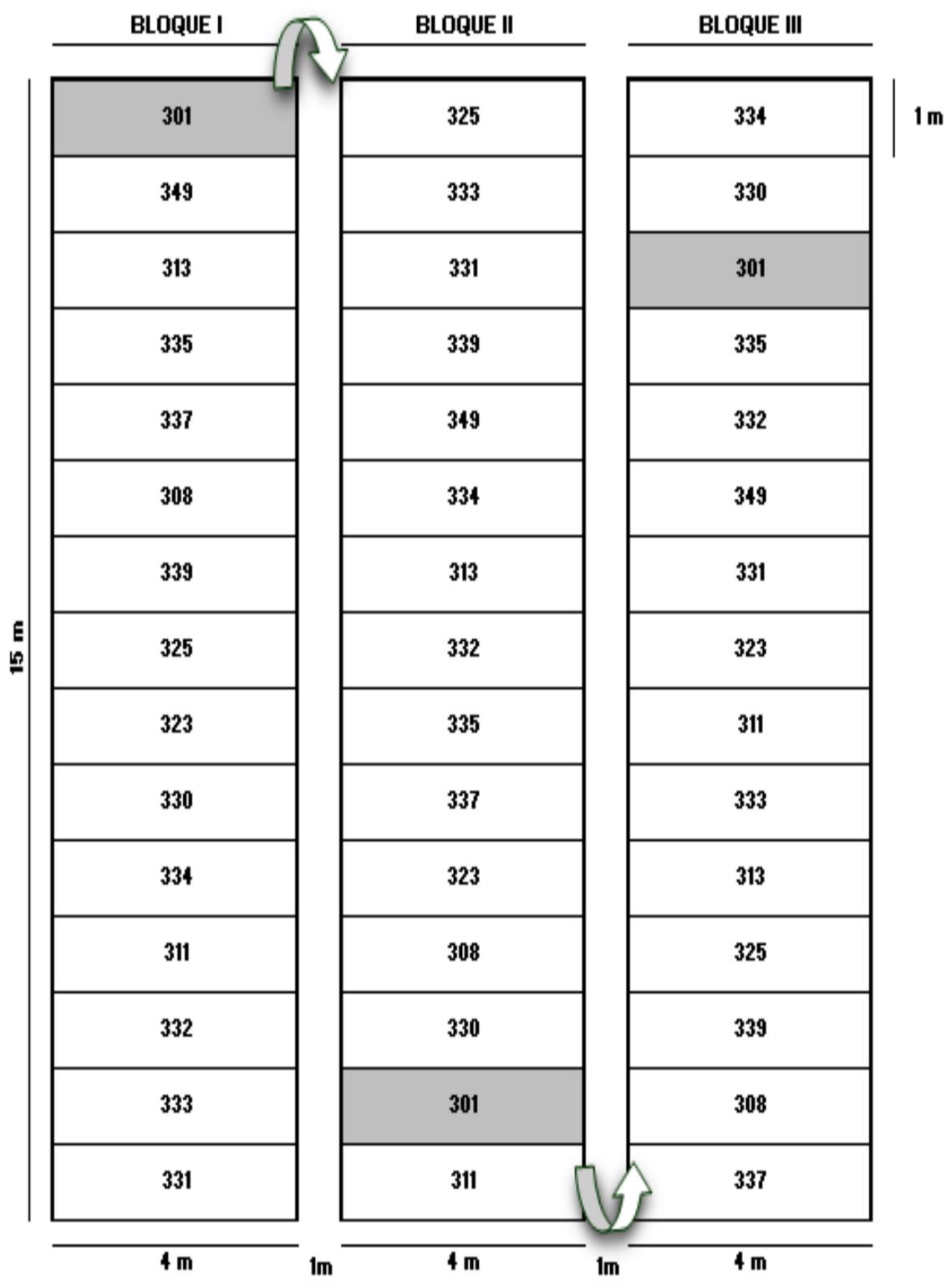
Rimachi, M. 2008.Generalidades: origen. Miraflores, PE. MACRO E.I.R.L.PE.p 10. ISBN nº978-603-4034-09-9.

Robles R, 1990a. Producción de granos y forrajes: hojas foliares Ed, Limusa. 5° edición. D.F.México-ME. p. 207-238.

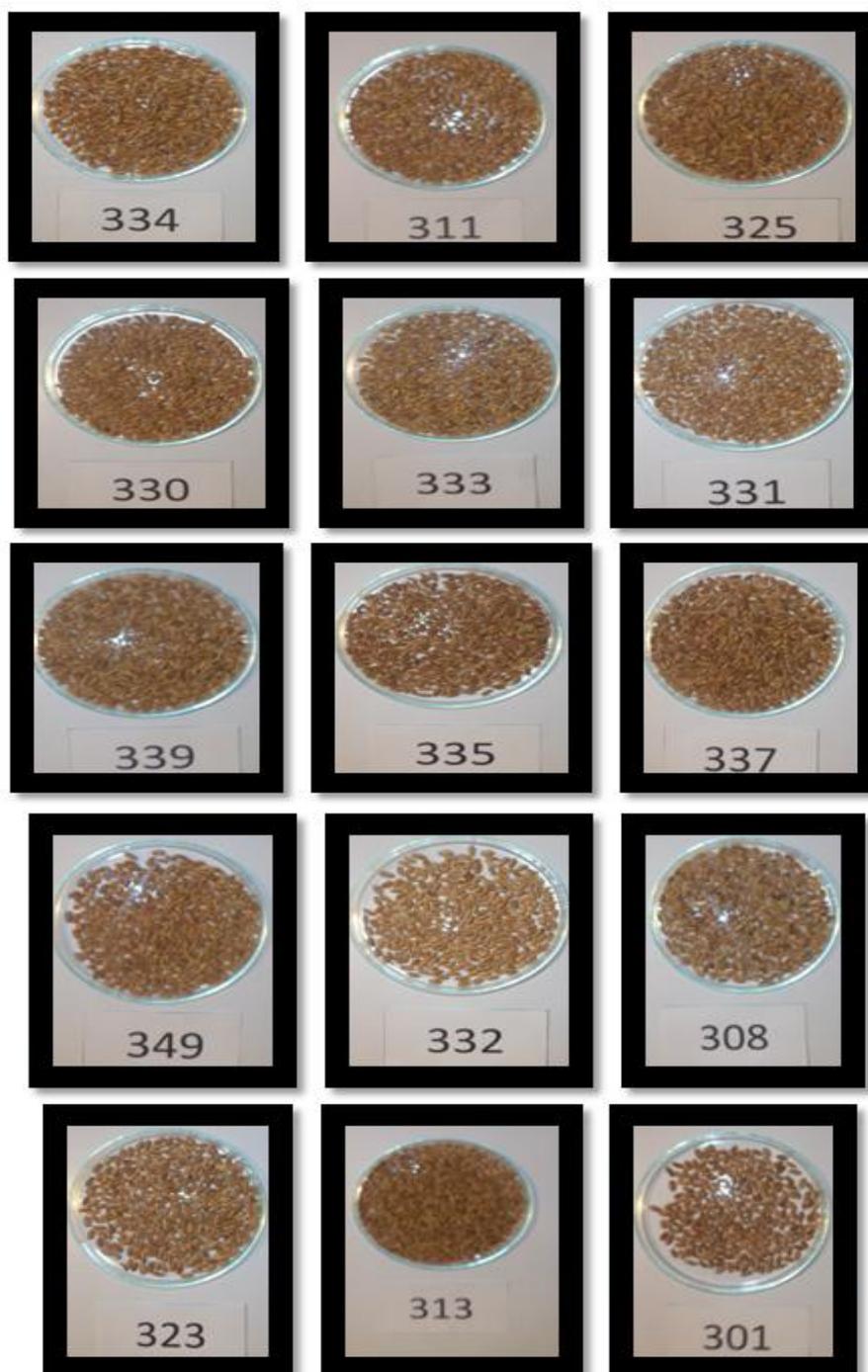
- \_\_\_\_\_. 1990a Producción de granos y forrajes: reproducción. Ed, Limusa. 5° edición. D.F.México- ME. p. 207-238.
- Sánchez, L. 1975a. Aspectos científicos del trigo: características de la planta de trigo salamanca - Es. P 11.
- Soldano, O. 1985. El trigo: raíz Ed. Albatros. Buenos Aires, AR. p 9 – 202.
- Sobvio, M. S. 2008. Evaluación de la adaptabilidad y potencial de rendimiento de 18 híbridos Blancos de Maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de riego y labranza, en tres localidades de los municipios de Jocotan y Camotan del departamento de Chiquimula. Tesis de grado de Licenciatura en ingeniería Agronómica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Pp. 18.
- Salomón, N. y Miranda, R. 2003. Índice de calidad industrial en trigo: una herramienta para determinar la aptitud de los materiales genéticos. Estrategias y metodologías utilizadas en el mejoramiento de trigo: un enfoque multidisciplinario. Seminario Internacional, La estanzuela, Uruguay. CIMMYT–INIA. p 179.
- Schink, C. 2010. Modelo Productivo Cruceño y su rol ante el Crecimiento Económico (en línea) Santa Cruz, BO. Consultada 10 nov. 2013, Disponible <http://D1T2P2>.
- Terán, D. 2010. Introducción y evaluación agronómica de 7 cultivares de 2 líneas promisoras del trigo (*Triticum vulgare* L.) en tres localidades de la provincia de Chimborazo: Días a la emergencia. Licenciatura de ingeniero agrónomo, Escuela superior de Chimborazo, Riobamba-EC. p 42-85.
- Vargas, P. 2009. Los cambios climáticos y sus efectos en el Perú. Banco central del PE. p 34.
- Yapu, W. 2015. Adaptabilidad de 21 líneas avanzadas precoces de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en la estación experimental de Kallutaca. Licenciatura de ingeniero agrónomo. La Paz-BO. Universidad Pública del Alto. p 13.

## **7. ANEXOS**

Anexo 1. Croquis del diseño experimental de 15 líneas avanzadas trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en la estación experimental Kallutaca 2013 - 2014.



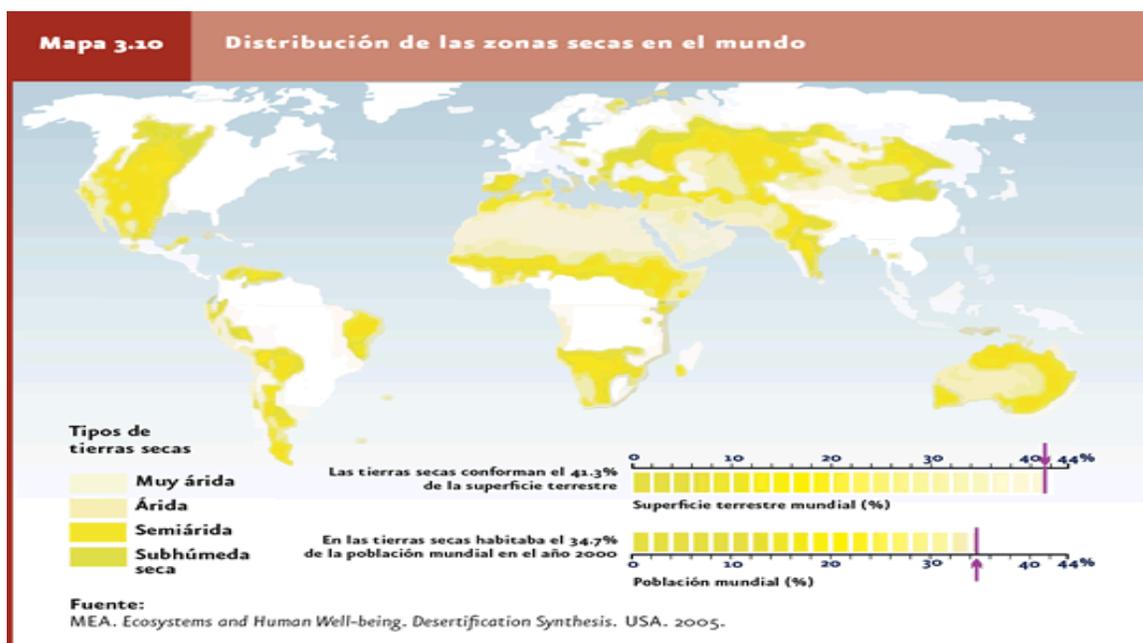
Anexo 2. fotografías del material genético en estudio de la adaptabilidad de 15 líneas avanzadas del vivero 19 sawit del centro internacional de Maiz Trigo (CIMMYT).



Anexo 3. Fotografía de Google Earth aérea donde se realizó el experimento de la adaptabilidad de 15 líneas avanzadas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en la estación experimental de Kallutaca en la gestión agrícola 2013-2014.

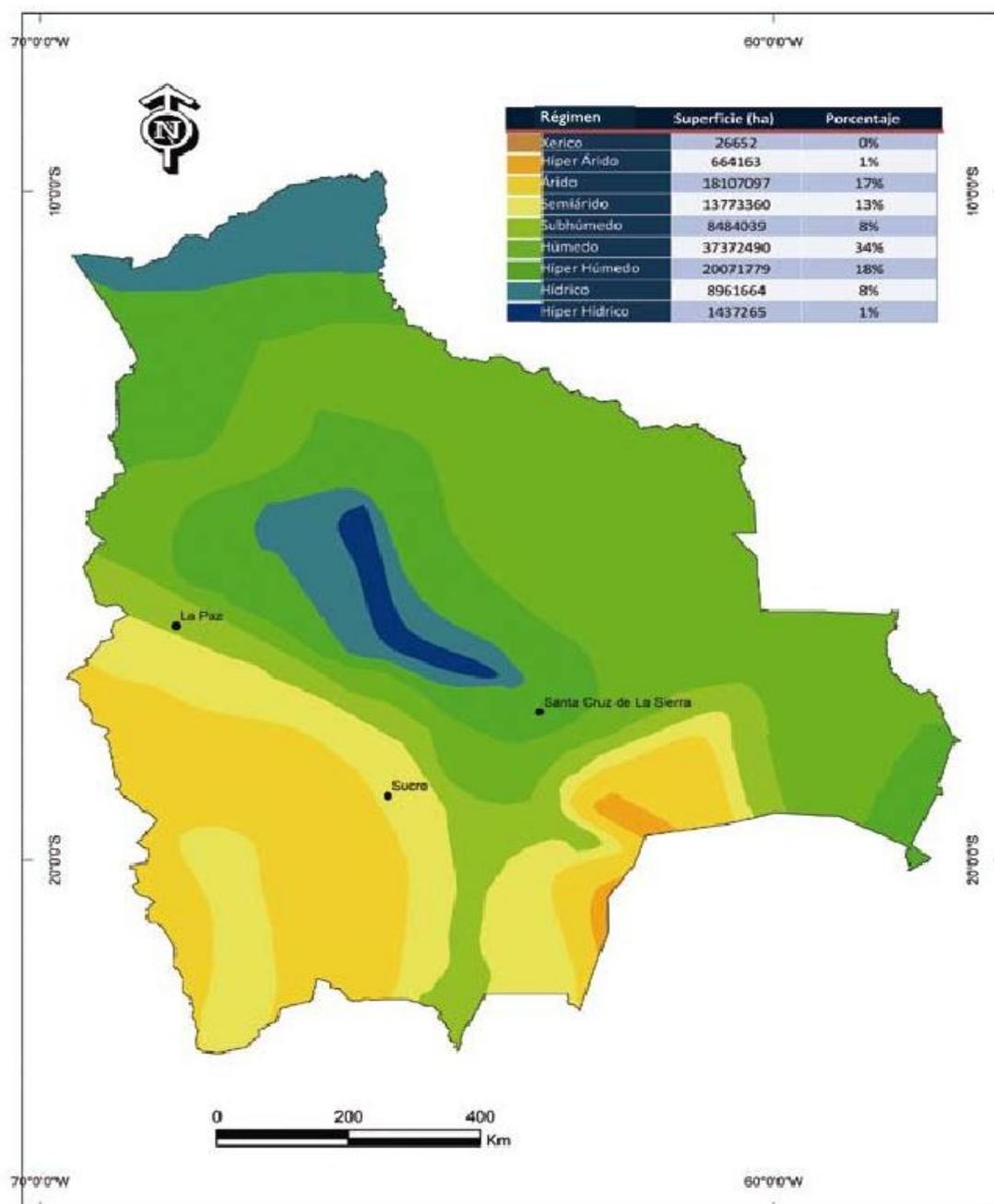


Anexo 4. Mapa del mundo de la distribución de las zonas secas con respectiva clasificación.



(Fuente MEA, 2005)

**Anexo 5. Mapa de Bolivia de la distribución de las zonas secas con respectiva clasificación.**



(Fuente Atlas de Bolivia, 2005)

**Anexo 6. Preparación, limpieza, mullido, desterronado y nivelación para el Experimento de la adaptabilidad de 15 líneas avanzadas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en la estación experimental de Kallutaca en la gestión agrícola 2013 - 2014.**



**Anexo 7. Siembra del material genético en la investigación de 15 líneas avanzadas trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en la estación experimental de Kallutaca gestión agrícola 2013 - 2014.**



**Anexo 8.** El registro de las variables de estudio del material genético en la investigación de 15 líneas avanzadas trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en la estación experimental de Kallutaca en gestión agrícola 2013 - 2014.



**Anexo 9.** Fotografía de la etapa de maduración para el proceso de cosecha en estudio en la adaptabilidad de 15 líneas avanzadas trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en la estación experimental de Kallutaca en gestión agrícola 2013 – 2014.



**Anexo 10. Tabla de suministro de agua (L/m<sup>2</sup>) en la etapa de emergencia en la investigación de la adaptabilidad de 15 líneas avanzadas en la estación experimental de Kallutaca en gestión agrícola 2013 - 2014.**

Nro.	Fecha	Agua(L.m <sup>-2</sup> )	Agua utilizada en una área 180m <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> )
1	10-sep-09	5	0,9
2	12-sep-09	5	0,9
3	16-sep-09	5	0,9
4	18-sep-09	5	0,9
5	26-sep-09	4	0,72
6	11-oct-09	4	0,72
7	20-oct-09	3	0,54
8	27-oct-09	3	0,54
9	30-oct-09	3	0,54
Total		36	6,66