Evaluación de 15 genotipos de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), a través de análisis de estabilidad

Huanca, N.; Quispe, G. y Marza, F.
nancyhuanca@hotmail.es

Resumen
El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar 15 genotipos de trigo harinero a través de análisis de estabilidad, para seleccionar líneas élite que tengan alto potencial de rendimiento y estas muestren estabilidad en diferentes ambientes establecidos. El material genético utilizado constó de 14 líneas élite (32 ESWYT) provenientes de CIMMYT y 1 testigo (T-89). Los 15 tratamientos se evaluaron bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones con una densidad de siembra de 100 kg*ha-1. Se evaluaron 14 variables entre cualitativas y cuantitativas; para el análisis de estabilidad y adaptabilidad del rendimiento se utilizó el modelo Eberhart y Russell (1996).
De acuerdo a los parámetros de estabilidad bj y S2dj se encontraron cuatro grupos. Se observa al testigo tepoca (T-89) en el grupo (C), mostrando mejor respuesta en ambientes desfavorables y consistentes (bj<1 y S2dj =0). El segundo grupo (D) conformó a las líneas L144, L121, L123, L120 y L107 que mostraron mejor respuesta en ambientes desfavorables e inconsistentes (bj<1 y S2dj >0); de los cuales la línea L144 mostró rendimiento superior al testigo (T-89). El tercer grupo (E) conformó a las líneas L126, L122, L130, L112 y L145 con buena respuesta en ambientes favorables y consistentes (bj>1 y S2dj =0); de tal forma todas estas líneas tienen rendimientos superiores al testigo (T-89) a excepción de la línea L145. Finalmente se encontró a las líneas L142, L140, L108 y L139 en el grupo (F) con mejor respuesta en ambientes favorables e inconsistentes (bj>1 y S2dj >0); estas mismas líneas tienen los mejores rendimiento dentro de todas las líneas estudiadas.

Palabras clave: Adaptabilidad, estabilidad y genotipo.

Introducción

El trigo (Triticum aestivum L.) se constituye como el cereal más importante en el mundo por ser esencial en la dieta alimentaria de la población mundial (Edel y Rosell, 2007). En Bolivia el rendimiento nacional fluctúa entre 0.9 a 1.2 t*ha-1con mejores rendimientos en el oriente de 0.9 a 1.6 t*ha-1que en el área tradicional 0.6 a 0.9 t*ha-1 más o menos estable, con una producción que tiende a abastecer el 30% de la demanda interna, con un consumo percápita alrededor de 60 kg*año-1 (Marza y Quispe, 2013).
Ante este contexto el Programa Nacional de Trigo (PN-Trigo) del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y forestal (INIAF) con la introducción del germoplasma del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) está realizando un continuo proceso de mejoramiento del trigo. Con esta base de germoplasma de trigo harinero se pretende seleccionar e identificar genotipos estables que produzcan alto rendimiento y tengan adaptabilidad a un amplio rango de ambientes para tener variedades deseables ante el productor y para ello es necesario establecer ensayos en diferentes localidades; así como menciona Crossa (1990), que es fundamental establecer ensayos en multilocalidades para determinar la estabilidad fenotípica. De ahí radica en los programas de mejoramiento genético de plantas la importancia de estimar la estabilidad fenotípica de los genotipos antes de liberarlos ya que es un factor preponderante que evalúa el agricultor cuando opta por un nuevo cultivar (Condon et al., 2004).
Con este trabajo se pretende identificar genotipos que muestren buenas características de estabilidad y a la vez tengan buen rendimiento, para

que el agricultor tenga confiabilidad económica y pueda optar estos genotipos para emplear en la producción futura.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la campaña agrícola 2013- 2014 en tres localidades. Chullpa Chullpa Bajo comprendida geodésicamente 17°43'13"S y 65°12'28"O con una altitud 3002 m.s.n.m. y Cruce Incallajta comprendida entre 17°36'26"S y 65°17'05"O con una altitud 2811 m.s.n.m. correspondientes al municipio de Totora. Y En la localidad de Yuraj Molino comprendida geodésicamente entre 17°39'56.3"S y 65°19'19"O con una altitud de 2492 m.s.n.m. correspondiente al municipio de Pocona.

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

Las variables en estudio fueron evaluados a través del análisis combinado de las localidades, para lo cual se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones y 15 tratamientos.

El análisis de estabilidad se realizó bajo el análisis propuesto por Eberhart y Russell (1996). Resultados y discusión

Resultados y discusión

En la Tabla 1, se muestra el comportamiento de las 14 líneas élite y un testigo (T-89) a nivel de las tres localidades. Entre las características agromorfológicas, se distinguen altura de la planta (AP) y longitud de espiga (LE), mostrando 72.0 cm y 8.3 cm de media, con 46 cm y 7.5 cm de rango de variación, respectivamente.

Se destacan también las variables relacionadas con componentes de productividad, de los cuales se observa que número de macollos por planta (NM), número de espigas por metro cuadrado (NEM), número de granos por espiga (NGE), peso de mil granos (PMG) y rendimiento en grano (RDTO), muestran un promedio de 4 macollos por planta, 237 espigas por m2, 44 granos por espiga, 47.1g y 2778.2 kg*ha-1respectivamente. El rendimiento más bajo fue 592 kg*ha-1 y el más alto 6598 kg*ha-1, mostrando un rango de variación de 6006 kg*ha-1, pudiendo la misma atribuirse a la naturaleza del suelo y condiciones ambientales. Y Respecto al componente de calidad de grano se encuentra peso hectolítrico (PH) con 76.9 kg*hl-1en promedio y con valores extremos de 70.8 kg*hl-1como mínimo a 82.0 kg*hl-1 como máximo, las mismas que nos muestra poca variación respecto a la media.

Tabla 1. Estadística descriptiva de variables cuantitativas, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

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

€=cm; ¥= g; α= (kg*hl-1) y £= (kg*ha-1)

En la Tabla 2, se observa los resultados del análisis de varianza para las variables altura de la planta (AP), número de macollos (NM), número de espigas por metro cuadrado (NEM), longitud de espiga (LE), número de granos por espiga (NGE), peso de mil granos (PMG), peso hectolitrico (PH) y Rendimiento (Rdto) registrados en las tres localidades. Estos resultados indican la existencia de diferencias significativas al $\alpha<0,05$ entre localidades, líneas y en la interacción de líneas por localidad. La significancia encontrada para todas las variables nos indica una respuesta diferencial de las líneas a las variaciones ambientales en las diferentes localidades.

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

Tabla 2. Análisis de varianza combinado para variables cuantitativas de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS							
		AP(cm)	NM	NEM	LE (cm)	NGE	PMG (g)	PH (kg*hl^{-1})	Rdto (kg*ha^{-1})
Loc	2	11171.25**	212.14**	1374620.12**	63.58**	439.79**	781.36**	40.62**	195687431.3**
Blq/Loc	6	16.23	0.11	131.67	0.24	3.31	13.37	0.93	53006.1
Linea	14	39.44**	10.74**	8186.91**	6.63**	82.24**	115.92**	22.59**	1708036.9**
Lin*Loc	28	50.28**	2.09**	5592.20**	2.07**	23.36**	28.41**	3.38**	301436.8**
Err. Exp.	84	8.05	0.61	356.46	0.24	2.91	4.06	0.92	38191.5
R^2		0.97	0.92	0.98	0.93	0.92	0.92	0.87	0.98
CV		4.0	19.21	7.98	5.96	3.89	4.28	1.25	7.07

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

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

En la Tabla 3, se muestra la comparación de medias para los genotipos, según la prueba estadística de Duncan a un nivel de significancia del ($\alpha<0,05$); para las variables de altura de la planta (AP), longitud de espiga (LE), número de macollos por planta (NM), número de espigas por metro cuadrado (NEM), número de granos por espiga (NGE), peso de mil granos (PMG), peso hectolítrico (PH) y rendimiento en grano (Rdto).

Tabla 3. Comparación de medias entre genotipos para variables cuantitativas de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

Genotipos	AP (cm)		LE (cm)		NM		NEM		NGE		PMG (g)		PH ($kg.hl^{-1}$)		RDTO ($kg.ha^{-1}$)	
T-89	70,9	G	8,3	BC	4	G	235	DE	42	DE	46,1	GH	75,6	GH	2538,8	F
L107	68,2	G	7,1	FG	3	G	190	H	39	H	41,5	J	74,7	H	2043,3	G
L108	72,4	AE	9,0	A	5	BC	269	B	46	C	48,6	DE	78,1	BC	3274,2	A
L112	70,2	EG	7,4	EG	3	EG	209	FG	43	DE	45,4	GH	76,6	EF	2793,4	DE
L120	70,7	DE	7,0	G	3	FG	224	EF	43	D	42,6	IJ	75,1	H	2178,3	G
L121	75,2	A	8,0	CD	3	FG	203	GH	41	EF	46,4	FH	74,8	H	2518,7	F
L122	73,9	AC	9,1	A	5	C	260	BC	46	C	49,7	CD	77,3	CE	3021,9	BC
L123	69,2	FG	7,4	EG	3	G	226	EF	40	GH	44,4	HI	76,3	FG	2214,7	G
L126	74,2	AB	9,3	A	4	CD	246	CD	48	AB	51,0	BC	78,7	B	3150,8	AB
L130	74,4	AB	9,3	A	4	CE	257	BC	44	D	48,2	DF	77,9	BD	2929,4	CD
L139	72,8	AE	8,5	B	4	CD	245	CD	47	AC	48,7	D	78,7	B	3152,0	AB
L140	73,4	AD	9,1	A	5	B	249	CD	48	A	52,0	AB	78,4	B	3333,1	A
L142	69,9	EG	9,2	A	7	A	307	A	47	AC	53,0	A	79,8	A	3340,2	A
L144	71,3	BF	7,6	DF	4	DF	210	FG	41	EG	46,7	EG	77,0	DF	2678,6	EF
L145	73,2	AD	7,7	DE	3	EG	217	EG	41	FH	41,6	J	75,4	GH	2506,1	F

Cifras con la misma letra en sentido vertical son estadísticamente iguales.

Tal como se muestra en la Tabla 3, existen diferencias significativas entre genotipos para cada una de las variables. En el caso de rendimiento, las líneas de mayor rendimiento corresponde a L142, L140, L108, L139 y L126 con 3340.2, 3333.1, 3274.2 y 3150,0 kg*ha-1 respectivamente, ubicándose en el grupo (A). Mientras que las líneas L130 y L112 con 2929.4 y 2793.4 kg*ha-1 con rendimiento intermedio, se encontraron en el grupo (D). Finalmente las líneas de menor rendimiento corresponde a L123, L120 y L107 con 2214.7, 2176.3 y 2043 kg*ha-1 respectivamente, ubicándose en grupo (G). Asimismo se observó que el testigo Tepoca T-89 (variedad local) con 2538. kg*ha-1 quedo en el penúltimo grupo (F).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son superiores a los datos de Marza et al., (2014), quienes reportaron un promedio de 1868 kg/ha en la gestión de 2011 a 2013 y de la misma manera a los resultados de Cartagena (2012), con 325 kg*ha-1 de rendimiento en promedio en la evaluación agronómica de 23 líneas mejoradas en dos localidades del área tradicional.

En el Cuadrado 4 se muestra prueba de Duncan a un nivel de significancia de ($\alpha<0.05$) para las variables de altura de la planta (AP), longitud de espiga (LE), número de macollos por planta (NM), número de espigas por metro cuadrado (NEM), número de granos por espiga (NGE), peso de

mil granos (PMG), peso hectolítrico (PH) y rendimiento en grano (Rdto); los cuales expresan diferencias entre localidades, estableciéndose en tres grupos.

En el primer grupo (A) se encuentra la localidad de Cruce Incallajta, en el segundo grupo (B) la localidad Yuraj Molino y tercer grupo la localidad Chullpa Chullpa Bajo, para todas las variables a excepción de peso de mil granos (PMG) y peso hectolítrico (PH).

Respecto al rendimiento en grano se puede observar claramente que el mayor rendimiento se obtuvo en la localidad de cruce Incallajta con un promedio de 5184.5 kg*ha-1; mientras que en la localidad Yuraj molino y Chullpa chullpa bajo fueron similares con promedios de 1653 kg*ha-1 respetivamente.

Tabla 4. Comparación de medias entre localidades para variables cuantitativas de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

Localidades	AP (cm)		LE (cm)		NM		NEM		NGE		PMG (g)		PH ($kg.hl^{-1}$)		RDTO ($kg.ha^{-1}$)	
Cruce Incallajta	89,9	A	9,2	A	6	A	436	A	47	A	51,4	A	77,7	A	5184,5	A
Yuraj Molino	60,7	B	8,7	B	4	B	164	B	43	B	43,1	C	75,9	C	1653	B
Chullpa Chullpa Bajo	65,3	C	6,9	C	2	C	109	C	41	C	46,7	B	77,3	B	1497,2	C

Cifras con la misma letra en sentido vertical son estadísticamente iguales.

De acuerdo a Tabla 5, para que una variedad sea considerada estable debe tener un coeficiente de regresión bj=1 y una desviación de regresión S2dj=0 (Eberhart y Russell, 1996), por tanto tomando en cuenta la clasificación efectuado se tiene al testigo tepoca (T-89) en el grupo (C), mostrando mejor respuesta en ambientes desfavorables y consistentes (bj<1 y S2dj =0). El segundo grupo (D) conformó a las líneas L144, L121, L123, L120 y L107 que mostraron mejor respuesta en ambientes desfavorables e inconsistentes (bj<1 y S2dj >0); de los cuales la línea L144 mostró rendimiento superior al testigo (T-89). El tercer grupo (E) conformó a las líneas L126, L122, L130, L112 y L145 con buena respuesta en ambientes favorables y consistentes (bj>1 y S2dj =0); de tal forma todas estas líneas tienen rendimientos superiores al testigo (T-89) a excepción de la línea L145. Finalmente se encontró a las líneas L142, L140, L108 y L139 en el grupo (F) con mejor respuesta en ambientes favorables e inconsistentes (bj>1 y S2dj >0); estas mismas líneas tienen los mejores rendimiento dentro de todas las líneas estudiadas.

Tabla 5. Rendimiento promedio y parámetros de estabilidad de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

Genotipos	Promedio ($kg*ha^{-1}$)	Coeficiente de regresión (b_i)		Desviación de la regresión (S^2d_i)	Caso
L142	3340,22	1,22	*	82257,52	F
L140	3333,11	1,01	*	-7434,88	E
L108	3274,22	1,11	*	5312,78	F
L139	3152,00	1,08	*	7434,88	F
L126	3150,78	1,09	*	-10728,03	E
L122	3021,89	1,06	*	-12329,65	E
L130	2929,44	1,07	*	-12719,19	E
L112	2793,44	1,14	*	-12197,57	E

L144	2678,56	0,95	*	8771,74	D
T-89	2538,78	0,88	*	-7878,62	C
L121	2518,67	0,90	*	25815,81	D
L145	2506,11	1,05	*	-11104,69	E
L123	2214,67	0,71	*	17627,00	D
L120	2178,33	0,78	*	2305,87	D
L107	2043,33	0,87	*	39383,58	D

Referencias: *** Significativo al nivel α=0.05 de probabilidad**

En la Figura 1, se muestran los coeficientes de regresión vs. el rendimiento promedio de las líneas; sabiendo que los valores coeficientes de regresión (bj) mayores que la unidad, indican que el genotipo responde bien a los ambientes favorables y si los coeficientes de regresión (bj) son menores a unidad el genotipo responde bien a ambientes desfavorables.

En base a la interpretación mencionada, las líneas con mejor rendimiento fueron L142, L140, L108, L140, L126, L139, L122, L130 y L112 con coeficientes de regresión mayores a la unidad; lo cual indica que estas líneas se comportaron mejor en ambientes favorables; mientras que las líneas L107, L120, L121, L123 y L144 tuvieron rendimientos inferiores al testigo (T-89) a excepción de la línea L144, con coeficientes de regresión menores a la unidad, indicando que estas líneas se comportaron mejor en ambientes desfavorables. También cabe destacar que la 145 y testigo (T-89) tuvieron similar rendimiento, pero fueron diferentes respecto a los valores de coeficientes de regresión; ya que la línea L145 se comportó mejor en ambientes favorables y testigo (T-89) en ambientes desfavorables.

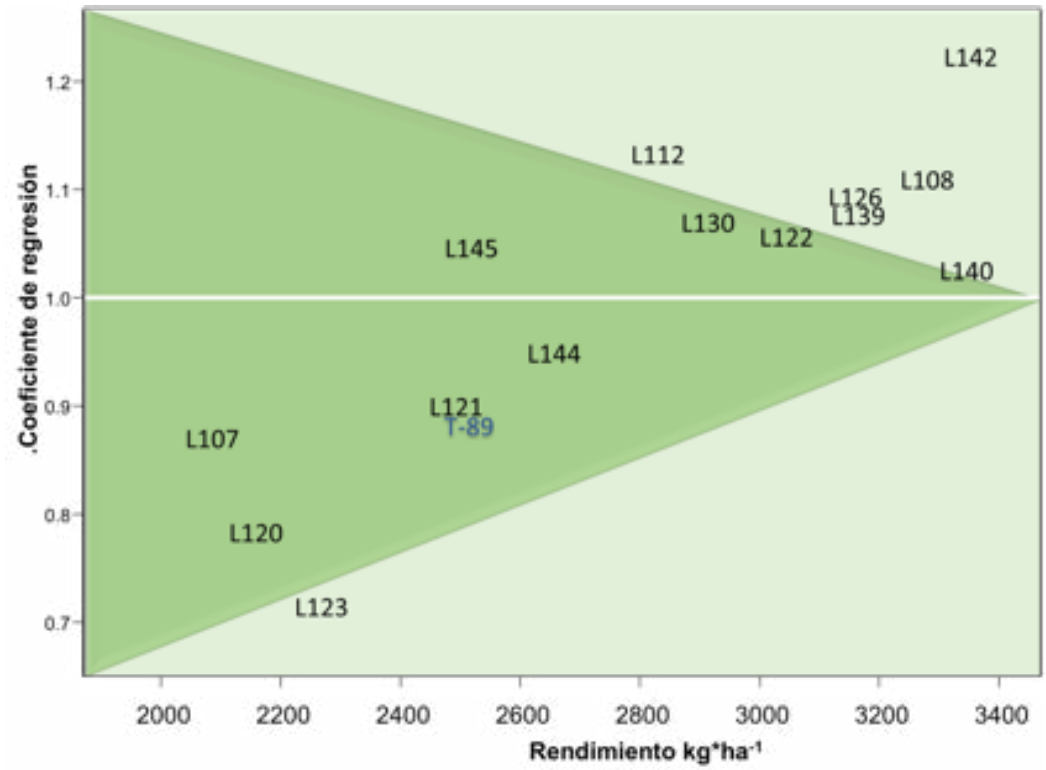

Figura 2. Modelo de Eberhart – Russell relacionando las desviaciones de la regresión vs. Rendimiento promedio de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades, durante la campaña agrícola 2013-2014

En la Figura 2, para la variable más importante como el caso de rendimiento se observó una alta correlación con peso de mil granos (r=0.91), peso hectolitrico (r=0.91), número de granos por espiga (r=0.90), longitud de espiga (r=0.87), número de espigas por metro cuadrado (r=0.79) y número de macollos (r=0.87). Estos resultados concuerdan con lo descrito por Cartagena (2012), quien señala alta significancia de correlación de rendimiento con número de macollos (r=0.74) y numero espigas por metro cuadrado (r=0.77). También concuerda con García (2001), quien menciona a las variables de número de granos por espiga y peso de mil granos, como los caracteres más correlacionados con el rendimiento. Mismas que nos indica que mientras mayor sea número de macollos por planta, numero de espigas por metro cuadrado, numero de granos por espiga, longitud de espiga , peso de mil granos y mayor peso del grano por volumen mayor será el rendimiento.

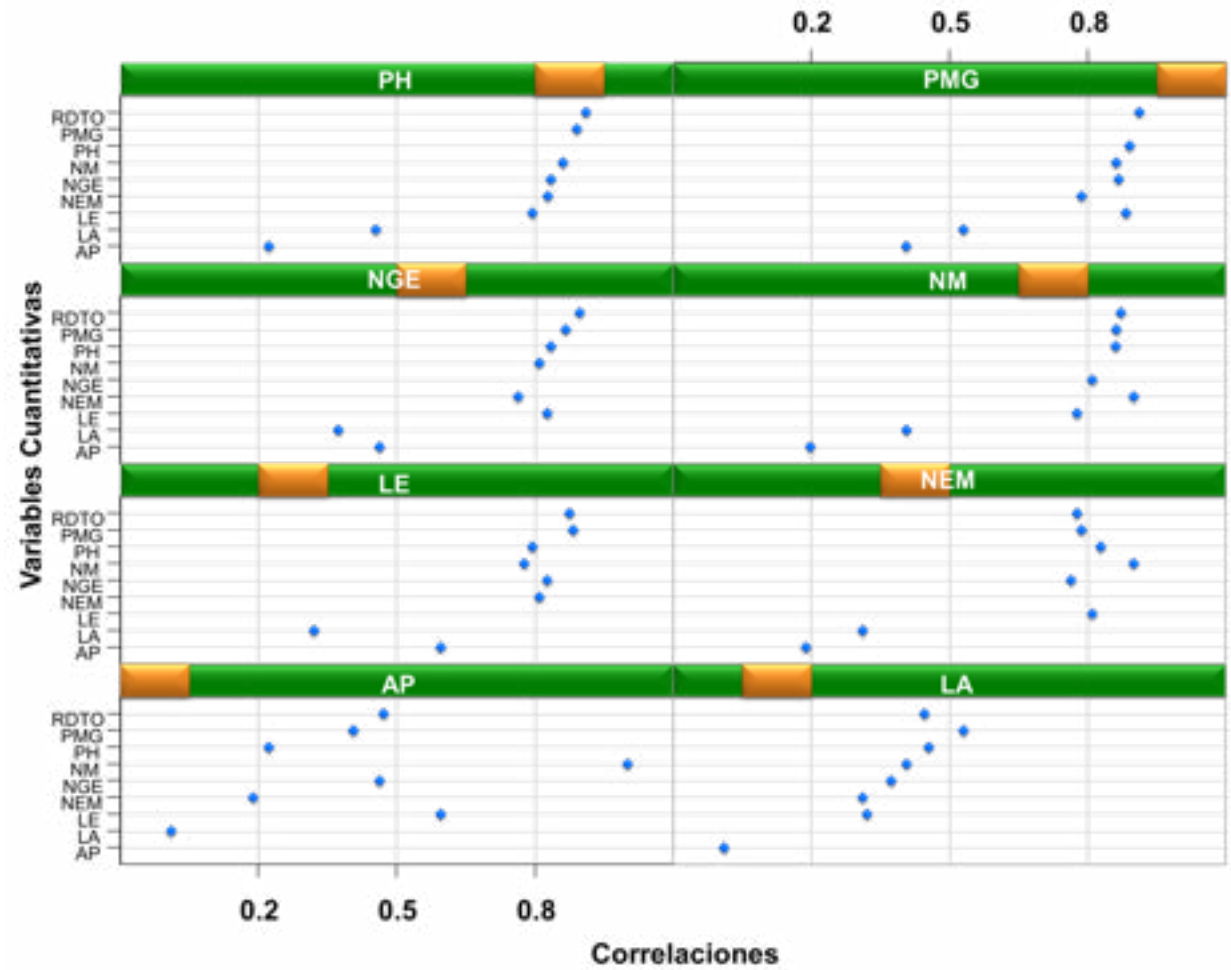

Figura 2. Gráfico de coeficientes de correlación de variables cuantitativas (AP: altura de la planta; LA: Longitud de arista, LE: longitud de espiga, NGE: Numero de granos por espiga; NEM: número de espigas por metro cuadrado; NM: Numero de macollo por planta, PMG: peso de mil granos; PH: Peso hectolítrico y RDTO: rendimiento en grano) de las líneas avanzadas del trigo harinero, evaluado en la localidad de San Benito, durante la campaña agrícola de 2014-2015

En la Tabla 6, se observa que la varianza asociada con cada componente es diferente y decrece en orden; de tal forma el primer componente explica el 63% de la varianza total y el segundo explica el 78% y así sucesivamente hasta que toda la variabilidad queda distribuida diferencialmente entre 14 componentes. De acuerdo al criterio de Franco e Hidalgo (2003), se logra seleccionar los

dos primeros compontes principales llegando a representar el 78% de la varianza total acumulada. En el primer componente principal las variables que más contribuyeron en forma positiva fueron tipo de grano, número de macollos, longitud de espiga, peso de mil granos, número de granos, peso hectolítrico y rendimiento en grano; y de forma secundaria lo hicieron precocidad, tolerancia a roya, densidad de la espiga y numero de espigas. En el segundo componente las variables que más contribuyó de forma positiva fue altura de la planta y forma negativa tolerancia a septoria; y de forma secundaria la contribución negativa de la variable tamaño de grano.

Tabla 6. Análisis de correlación Valores propios y proporción de la varianza explicada en el análisis de componentes principales para las variables cuantitativas y cualitativas de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba. durante la campaña agrícola 2013-2014.

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

€: 1=muy susceptible, 2= susceptible, 3=moderadamente tolerante, 4=tolerante y 5=muy tolerante
¥: 1=muy tardío, 2= tardío, 3=intermedio, 4=precoz y 5=muy precoz
α: 1=muy chupado, 2= chupado, 3=casi lleno, 4=lleno y 5=muy lleno
£: 1= grano pequeño, 3= grano mediano y 5=grano grande
₳: 1=muy laxa, 2= laxa, 3=moderadamente compacta, 4=compacta y 5=muy compacta

En la Figura 3, También se observa las variables tipo de grano, número de macollos, longitud de espiga, peso de mil granos, número de granos, peso hectolítrico y rendimiento en grano como las más vinculadas de forma positiva en el primer eje. Mientras que las variables más vinculadas en el segundo eje en sentido negativo fue tolerancia a septoria y tamaño del grano; y la variable altura de la planta en sentido positivo.

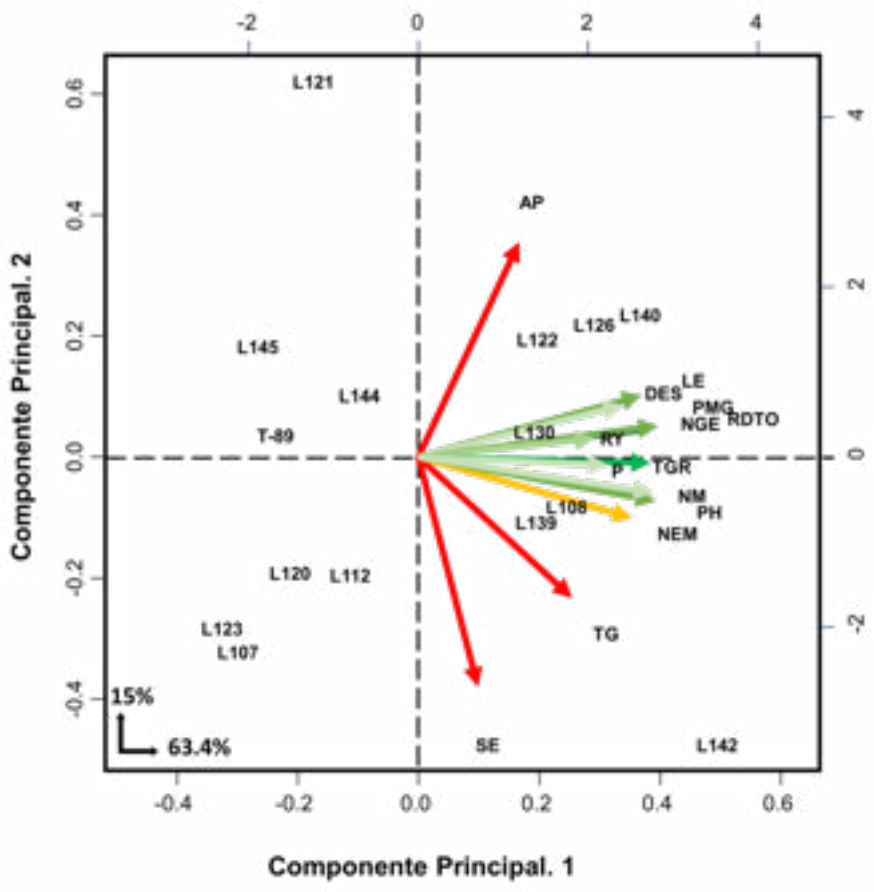

Figura 3. Análisis de biplot para caracteres cuantitativas y cualitativas de 14 líneas élite de trigo harinero, evaluadas en tres localidades del departamento de Cochabamba durante la campaña agrícola 2013-2014.

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

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

Conclusiones

El análisis de varianza combinado efectuado para las variables agronómicas, morfológicas y componentes de rendimiento presento diferencias altamente significativas entre localidades, líneas y la interacción de línea por localidad.

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

a) El testigo tepoca (T-89) mostró mejor

respuesta en ambientes desfavorables y consistentes (bj<1 y S2dj =0)

b) Una tercera parte de las líneas mostraron mejor respuesta en ambientes desfavorables e inconsistentes (bj<1 y S2dj >0); los cuales fueron: L144, L121, L123, L120 y L107.

c) Otra de la tercera parte mostraron respuesta en ambientes favorables y consistentes (bj>1 y S2dj =0), los cuales fueron: L126, L122, L130, L112 y L145.

d) Mientras que las L142, L140, L108 y L139 mostraron mejor respuesta en ambientes favorables e inconsistentes (bj>1 y S2dj >0).

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

Referencias bibliográficas

Cartagena, TS. 2012. Evaluación agronómica de líneas mejoradas de trigo harinero (Triticum aestivum L.) en dos localidades del departamento de Cochabamba. Tesis tLic. Agr. Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. 34 p.

Condon. A. g..r. A. Richrads. G. J. Rebetzke, and F.D. Farquhar. 2004. Breeding for high weter-use Efficiency. Exp. Bot 58(407): 2447-2460.

García, A. 2001. Adaptación y estabilidad de rendimiento de treinta variedades y líneas avanzadas de trigo bajo diferentes ambientes en México: análisis de estabilidad. Tesis Lic. Ingeniero agrónomo. Guadalajara. México. Universidad de Guadalajara. Facultad de agronomía. 77p.

Marza, F y Quispe, F. 2013.Guia Practica Para El Investigador en Trigo. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria Y Forestal, INIAF. Programa Nacional de Trigo. La Paz, Bolivia. 73 p.

Marza, F; Butron, R; Canelas, J; Huallpa, B.; Tenorio, J; Villegas, R; y Gutierrez, G. 2014. Variabilidad fenotípica de 50 líneas de trigo Adaptadas a Condiciones Semi- Aridas. Investigación e Innovación para la Seguridad y Soberanía Alimentaria en Bolivia. 1(3):9-15.

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