



Comportamiento de catorce líneas mejoradas de arveja (*Pisum sativum* L.) en la zona de Challapata, Oruro

Performance of fourteen improved pea lines (*Pisum sativum* L.) in Challapata zone, Oruro

Maiza Benedicto¹, Siles Melico², Ríos Raúl³, Gabriel Julio^{4*}

Datos del Artículo

¹Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias, Universidad Mayor de San Simón, Casilla 3392, Av. Petrolera Km 5 (carretera antigua a Santa Cruz), Cochabamba, Bolivia. Telf. (591) 4-4762383.

²Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani, Casilla 128, Av. Albina Patiño s/n Km 30 (zona Vinto), Cochabamba, Bolivia. Telf. (591) 4-4260083.

³Centro de Semillas de Pairumani, Casilla 128, Av. Albina Patiño s/n Km 30 (zona de Vinto), Cochabamba, Bolivia. Telf. (591) 4-4260083.

⁴Fundación PROINPA, Casilla 4285, Av. Menece s/n Km 4 (zona El Paso), Cochabamba, Bolivia. Telf. (591) 4-4319595.

*Dirección de contacto: Fundación PROINPA
Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos.
P.O. Box 4285 Cochabamba, Bolivia.
Tel: +591-4-4319595, Fax: +591-4-4319500.

Julio Gabriel
E-mail address : jgabriel@proinpa.org

Palabras clave:

Rendimiento,
variedad,
vaina,
grano,
precocidad.

J. Selva Andina Res. Soc.
2015; 6(1):10-22.

Historial del artículo.

Recibido julio, 2014.
Devuelto noviembre 2014
Aceptado diciembre, 2014.
Disponible en línea, febrero, 2015.

Editado por:
Selva Andina
Research Society

Resumen

En la zona de Challapata, se cultivan variedades de arveja de bajos rendimientos y de ciclo largo. El objetivo de la investigación fue determinar el comportamiento de catorce líneas de arveja mejoradas por el CIFF en la zona de Challapata (Oruro). Las 14 líneas y la variedad local, fueron sembradas en campo en un diseño generalizado de filas y columnas con cuatro repeticiones en tres localidades tomadas al azar en la zona de Challapata (Oruro), durante el periodo agrícola octubre 2011 a abril 2012. Los resultados mostraron que en general, todas las líneas mejoradas fueron superiores en rendimiento en vaina verde a la variedad local (3.69 t.ha-1), con rendimientos que oscilan entre 6.13 y 16.58 t.ha-1, las cuales representan una superioridad entre 65.9 y 349.3%. Entre las líneas mejoradas, la Pea5_102-1, Pea5_102-6, Pea5_102-5, Pea5_102-2, Pea5_102-3 y Pea5_102-14, con rendimientos en vaina verde (13.05 y 16.58 t.ha-1), mayor longitud de vaina (8.49 a 9.25 cm), mayor número de granos por vaina (5.27 a 7.20 granos) y de ciclo intermedio (85 días a la floración), fueron las más sobresalientes. Las líneas Pea5_102-14, Pea5_102-10 (Pairumani 3) y Pea5_102-13, debido a sus características de elevado rendimiento en vaina verde, mayor longitud de vaina, mayor número de granos por vaina, mayor precocidad, mejor preferencia, amplia adaptabilidad y de acuerdo a los agricultores son las más recomendables para su cultivo en la zona de Challapata (Oruro).

© 2015. *Journal of the Selva Andina Research Society, Bolivia. Todos los derechos reservados.*

Abstract

In Challapata zone, cultivated pea varieties are low yielding and long cycle. The research objective was to determine the performance of fourteen pea lines developed by "Pairumani Fitoecogenetics Investigation Center" (CIFF) in Challapata zone (Oruro). The 14 pea lines with local pea variety, were planted in row and column generalized experimental design with four replications in tree location randomly selection in Challapata zone (Oruro), between October 2011 and April 2012. The results indicate, that, in general, all the improved lines were superior in green pod yield to the local pea variety (3.69 t.ha-1), between 6.13 and 16.58 t.ha-1, (65.9 and 349.3%) respectively. among the improved lines, Pea5_102-1, Pea5_102-6, Pea5_102-5, Pea5_102-2, Pea5_102-3 and Pea5_102-4, with high green pod yield (13.05 and 16.58 t.ha-1), large pod (8.49 to 9.25 cm), mayor number of grains for pod (5.27 to 7.20 grains) and intermediate cycle (85 days to the floración), are the superior performance. The lines Pea5_102-14, Pea5_102-10 (Pairumani 3) and Pea5_102-13, because of their characteristics of high green pod yield, the longest pod, the mayor number of grains for pod, early maturity, preference and wide adapta-

Key words:

Yield,
varieties,
pod,
grain,
earliness.

bility, and according to the farmer's criteria, are the most recommend for their use in Challapata zone (Oruro).

© 2015. Journal of the Selva Andina Research Society. Bolivia. All rights reserved.

Introducción

La arveja (*Pisum sativum* L.) es una leguminosa muy aceptada a nivel mundial, por ser rica en hierro y proteínas, apta para el consumo humano y animal, lo que ha dado el interés al cultivo, especialmente en Estados Unidos, Canadá y Europa (González 2001). Por su amplia adaptabilidad, se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm, siendo los principales países productores por orden de importancia India, China y Estados Unidos (FAOSTAT 2008).

El cultivo de leguminosas de grano constituye una actividad de gran importancia en Bolivia, pues proporciona un alimento de elevado contenido proteico (20-25%), sus raíces en simbiosis con las bacterias del género *Rhizobium* fijan el nitrógeno atmosférico en los suelos, el cual es aprovechada por la misma planta y por cultivos subsiguientes en un sistema de rotación de cultivos (IBTA, 1995). La arveja en estado verde es apetecida para el consumo humano por ser un alimento de contenido elevado en minerales como P y Fe y de vitaminas A, C y B1 especialmente, y también se destaca como fuente importante de fibra, sacarosa y aminoácidos, incluyendo lisina (Jokanovi *et al.* 2006, Moriyama & Oba 2008).

En Bolivia, la arveja se cultiva principalmente en los departamentos de Cochabamba, La Paz, Chuquisaca, Potosí y Oruro para satisfacer las necesidades de su mercado interno, cuya producción estimada parcialmente para el año 2008 fue de 21589 TM,

con un rendimiento en vaina verde de 1472 kg.ha⁻¹ (INE 2008).

La zona de Challapata tiene una privilegiada ubicación geográfica por su vinculación entre las ciudades de Oruro y Potosí, en los que se encuentran mercados para sus productos; la principal actividad productiva en esta zona es la agricultura seguida por la ganadería. En la actualidad, se cultiva variedades de arveja con bajos rendimientos, de ciclo tardío y en pequeñas parcelas. Por lo cual, el desarrollo de nuevas variedades de arveja resistentes a factores bióticos, abióticos y con altos rendimientos, es una necesidad para el agricultor de la zona.

El Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani (CIFP), entre sus programas de mejoramiento, ha desarrollado nuevas líneas de arveja con altos rendimientos en vaina verde y con características deseadas por los consumidores, actualmente cuenta con 14 líneas promisorias; sin embargo, el comportamiento de este material en la zona de Challapata no se conoce. Por lo que sería útil hacer estudios de la interacción genotipo-ambiente en la zona, para su posterior recomendación y uso (Márquez 1985).

El objetivo del presente estudio fue de determinar el comportamiento de catorce líneas de arveja desarrolladas por el CIPF, en la zona de Challapata, Oruro.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en la campaña agrícola 2011 en la zona de Challapata, provincia Eduardo Avaroa del departamento de Oruro, en tres localidades aleatoriamente escogidas (Chucarani, Arani-pampa y Ch'alla Mayu), geográficamente ubicadas entre los paralelos 18° 45' de Latitud Sud y 66° 17' de Longitud Oeste, a 135 Km de Oruro, a una altitud entre 3750 y 3860 msnm, las precipitaciones pluviales oscilan entre 300 y 400 mm/año, la humedad relativa del ambiente oscila entre 30 y 40% y presenta temperaturas medias anuales entre 4.4° C en julio y 11.6° C en febrero.

Se evaluaron 14 líneas promisorias del CIPF y una variedad local como testigo. La semilla fue producida en los campos experimentales del CIPF en Cochabamba, en suelos franco-arcillosos. Las 14 líneas y el testigo fueron implementadas en campo en diseño experimental generalizado de filas y columnas con cuatro repeticiones (Majumdar & Tamhane 1996), para controlar las pendientes en dos sentido, cada unidad experimental tuvo una parcela de 3 surcos de 3 m de largo y espaciados a 0.45 m entre surcos. En cada surco se sembraron 55 semillas, que corresponde a una densidad aproximada de 100 kg.ha⁻¹, la siembra se realizó manualmente distribuyendo la semilla a chorro continuo en cada surco, se aplicó riego por inundación a las parcelas con un volumen promedio de 3000 L.ha⁻¹, según el requerimiento del cultivo para garantizar el desarrollo y producción del cultivo, el control de malezas se realizó manualmente con la ayuda de una chujchuca.

Las variables de respuesta fueron: días a la floración, días a la madurez de vaina, incidencia de enfermedades, rendimiento de vaina y vigor fueron evaluados en cada unidad experimental; en cambio

altura planta, número de nudos, número de vainas por planta, número de vainas por nudo, longitud de la vaina y número de granos por vaina fueron evaluados en 5 plantas elegidas aleatoriamente en cada unidad experimental (sin considerar ningún criterio previo).

Los datos de cada una de las variables de respuesta, previa verificación de los supuestos de distribución normal y homogeneidad de varianzas, fueron analizados de acuerdo modelo planteado por Majumdar & Tamhane (1996). El efecto de las líneas de arveja se consideró como fijo y el resto como efecto aleatorio.

En base al modelo estadístico, se realizó el análisis de varianza utilizando el PROC MIXED del programa SAS (SAS 2004), para estimar los componentes de varianza y probar las hipótesis de los efectos fijos. Para determinar las líneas de mejor comportamiento se realizaron comparaciones de medias mediante contrastes de un grado de libertad, utilizando el estadístico de "t", todas las hipótesis se probaron al nivel de significancia del 1%. Para agrupar las líneas con características similares y poder identificar el grupo más sobresaliente, se realizó el análisis de CLUSTER utilizando el PROC CLUSTER del programa SPSS (SPSS 2006). También se realizó el análisis de correlación para determinar el grado de relación existente entre las diferentes variables.

Resultados

Las estimaciones de los componentes de varianza para los efectos aleatorios (Tabla 1), mostraron que hubo variación entre localidades ($\sigma^2_1 > 0$) para todas las variables evaluadas. Esta variación podría deberse a factores ambientales, como la topografía de la zona y la composición del suelo, que tuvieron dife-

rentes efectos en la respuesta de las líneas mejoradas.

Tabla 1 Varianzas estimadas para los efectos aleatorios para cada una de las variables de respuesta.

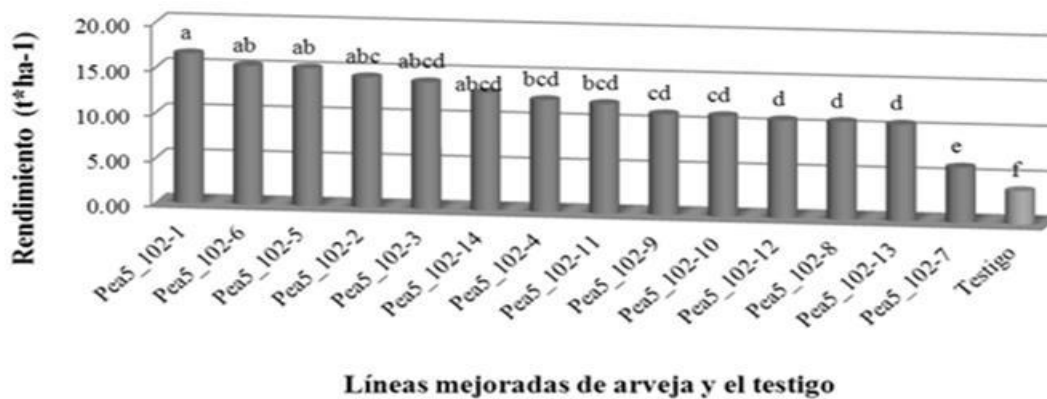
Variables de Respuesta	Varianzas Estimadas				
	(σ^2_i)	(σ^2_f)	(σ^2_c)	(σ^2_{gl})	(σ^2_e)
Rendimiento en vaina verde	12.7855	2.0003	0.5959	1.0871	6.4851
Altura planta	0.0655	0.0022	0.0013	0.0000	0.0064
Número de vainas por planta	0.3508	0.0116	0.0000	0.0028	0.0752
Número de nudos por planta	0.0520	0.0026	0.0000	0.0013	0.0125
Longitud de la vaina	0.0249	0.0143	0.0000	0.0095	0.1311
Número de granos por vaina	0.0637	0.0128	0.0008	0.0234	0.2495
Número de vainas por nudo	0.0001	0.0005	0.0002	0.0028	0.0087
Días a la floración	64.6805	0.7751	0.0000	2.3811	3.4397
Días a la madurez de la vaina	79.8259	5.2092	0.1451	1.2704	6.2480
Vigor	0.0826	0.0516	0.0000	0.0275	0.0252

Varianza entre localidades (σ^2_i), varianza entre filas (σ^2_f), varianza entre columnas (σ^2_c), varianza de la interacción genotipo * ambiente (σ^2_{gl}) y varianza de los residuales (σ^2_e).

Se observó variación entre filas ($\sigma^2_f > 0$), para todas las variables evaluadas; sin embargo, la variación entre columnas solo fue para el rendimiento de vaina, altura planta, número de granos por vaina, número de vainas por nudo y días a la madurez de la

vaina. Estos resultados indican que el haber agrupado las unidades experimentales en grupos homogéneos fue eficiente para controlar la variación de las unidades experimentales debido a dos pendientes, principalmente en el sentido de las filas, por lo tanto el diseño experimental utilizado fue eficiente en cada localidad.

Figura 1. Medias para el rendimiento de vaina verde para cada línea sobre las tres localidades.



Rendimiento en vaina. El análisis de varianza para el rendimiento en vaina verde (Tabla 2), mostró que

hubo diferencias notables entre líneas ($P=0.0001$); sin embargo, estas diferencias no fueron de la mis-

ma manera a través de las distintas localidades ($\sigma^2_{gl} > 0$) (Tabla 1), lo cual indica que las 15 líneas tuvieron una respuesta diferencial en cuanto al rendimiento de la vaina verde con la variación ambiental.

Tabla 2 Análisis de varianza para el efecto fijo líneas, para todas las variables de respuesta

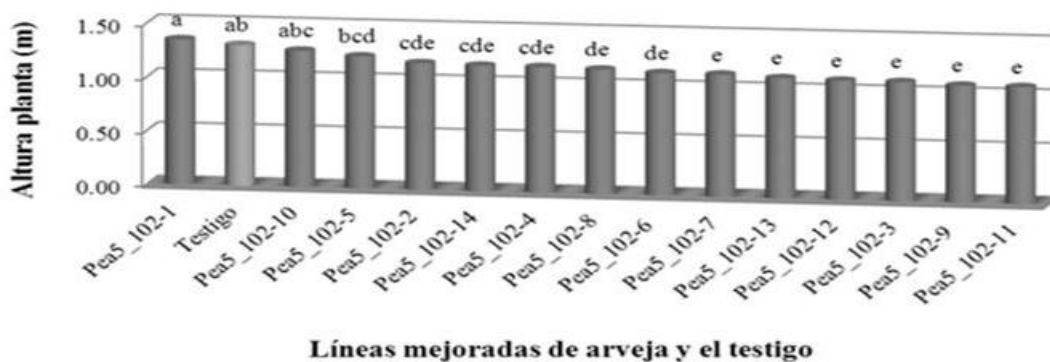
VARIABLES DE RESPUESTA	LÍNEAS (Pr>F)
Rendimiento en vaina verde.	0.0001**
Altura planta	0.0001**
Número de vainas por planta	0.3712 ns
Número de nudos por planta.	0.3640 ns
Longitud de la vaina.	0.0001**
Número de granos por vaina.	0.0001**
Número de vainas por nudo.	0.0031**
Días a la floración.	0.0001**
Días a la madurez de la vaina.	0.0001**
Vigor.	0.0001**

** notable, ns = no notable (Pr = 0.01)

En general, todas las líneas mejoradas fueron superiores en rendimiento en vaina a la variedad local (3.69 t.ha⁻¹), con rendimientos que oscilan entre 6.13 y 16.58 t.ha⁻¹, las cuales representan una superioridad entre 65.9 y 349.3% (Figura 1).

Entre las líneas mejoradas, la Pea5_102-1 fue la más sobresaliente con un rendimiento de 16.58 t.ha⁻¹, seguida de las líneas Pea5_102-6, Pea5_102-5, Pea5_102-2, Pea5_102-3 y Pea5_102-14, con rendimientos en vaina verde que oscilan entre 13.05 y 15.35 t.ha⁻¹, luego se tienen a las líneas Pea5_102-4, Pea5_102-11, Pea5_102-9, Pea5_102-10, Pea5_102-12, Pea5_102-8 y Pea5_102-13 con rendimientos entre 10.71 y 12.41 t.ha⁻¹. La línea que obtuvo el menor rendimiento fue la Pea5_102-7 con 6.13 t.ha⁻¹ (Figura 1), pero estadísticamente superior al testigo (3.69 t.ha⁻¹). Por tanto, las líneas Pea5_102-1, Pea5_102-6, Pea5_102-5, Pea5_102-2, Pea5_102-3 y Pea5_102-14, son las más sobresalientes en rendimiento en vaina verde en la zona de Challapata. Sin embargo, las líneas Pea5_102-14, Pea5_102-10 (P3) y Pea5_102-13, con rendimientos en vaina verde de 13.05, 11.18 y 11.04 t.ha⁻¹ respectivamente, tienden a alcanzar rendimientos sobresalientes.

Figura 2 Medidas para la altura planta para cada línea sobre las tres localidades



Altura de planta. La altura de planta fue significativamente diferente entre líneas (Pr=0.0001); sin embargo, estas diferencias no fueron notables entre localidades ($\sigma^2_{gl}=0$) (Tabla 1); esto está indicando

que las líneas tuvieron igual comportamiento en todas las localidades. La línea Pea5_102-1 y la variedad local, desarrollan plantas de 1.35 y 1.31 m de altura respectivamente;

sin embargo, el resto de las líneas estadísticamente iguales alcanzaron alturas entre 1.09 y 1.23 m.

Considerando la altura de planta y rendimiento en vaina verde (Figuras 1 y 2), se observa que la línea Pea5_102-1, es la más alta y alcanzó el rendimiento más elevado, pero la variedad local también más alta obtuvo el rendimiento más bajo, consecuentemente, estos resultados sugieren que el rendimiento de vaina es independiente de la altura de planta.

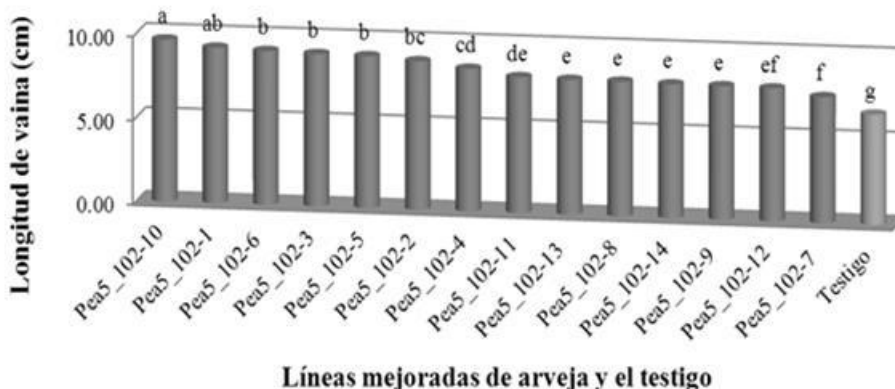
Las líneas sobresalientes en rendimiento, la Pea5_102-1, Pea5_102-6, Pea5_102-5, Pea5_102-2, Pea5_102-3 y Pea5_102-14 entre 13.05 y 16.58 t.ha⁻¹, desarrollan plantas de altura entre 1.11 y 1.35 m, respectivamente. Sin embargo, estas líneas por desarrollar plantas relativamente altas y por sus elevados rendimientos tienen tendencia al acame; por lo que se

sugiere realizar nuevos ensayos, con densidades de siembra, distancia entre surcos y uso de tutores con el propósito de controlar el acame y de esta forma aprovechar el potencial de rendimiento que poseen las líneas mejoradas del CIFP.

Longitud de vaina. La longitud de vaina fue notablemente diferente entre líneas (Pr=0.0001), pero estas diferencias variaron a través de las distintas localidades ($G^2_{gl}>0$), lo cual indica que las líneas tuvieron una respuesta diferencial con la variación ambiental en la zona de Challapata.

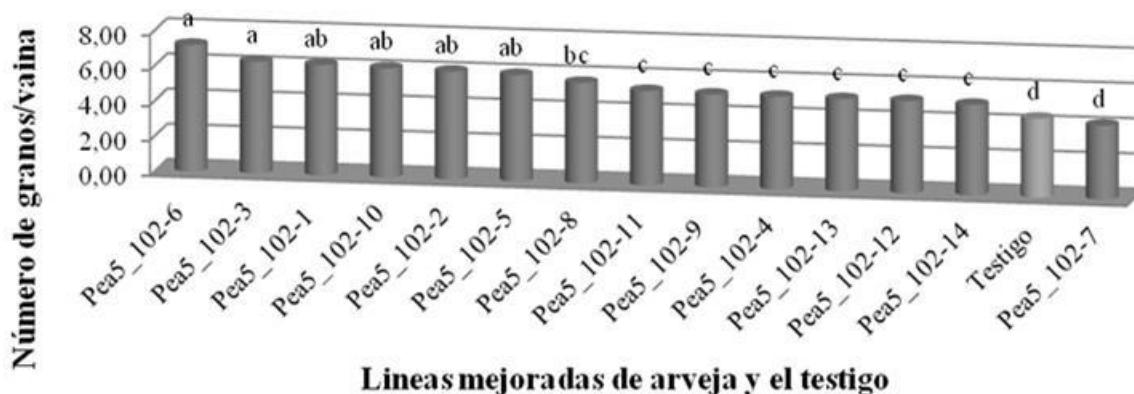
En general, todas las líneas mejoradas fueron superiores en longitud de vaina sobre la variedad local (6.56 cm), con longitudes que oscilan entre 7.50 y 9.64 cm, los cuales representan una superioridad entre 12.5 y 46.9% (Figura 3).

Figura 3 Media para la longitud de vaina para cada línea sobre las tres localidades.



Considerando la longitud de vaina y el rendimiento en vaina verde (Figuras 1 y 3), se observó que las líneas Pea5_102-10 (P-3), Pea5_102-1, Pea5_102-6, Pea5_102-3, Pea5_102-5 y Pea5_102-2, obtuvieron vainas más largas y alcanzaron rendimientos más ele-

vados, en base a estos resultados se evidenció que hubo una correlación positiva (r=0.83) entre la longitud de vaina y el rendimiento en vaina verde, lo que indica que a mayor longitud de vaina, hubo mayor rendimiento en vaina.

Figura 4 Media para el número de grano por vaina para cada línea sobre las tres localidades.

Las líneas Pea5_102-10 (P-3), Pea5_102-1, Pea5_102-6, Pea5_102-3, Pea5_102-5 y Pea5_102-2 estadísticamente iguales con un promedio de 9.16 cm de longitud de vaina son superiores a las líneas Pea5_102-4, Pea5_102-11, Pea5_102-13, Pea5_102 -8, Pea5_102-14, Pea5_102-9, Pea5_102-12 y Pe a5_102-7, también estadísticamente iguales con un promedio de 7.99 cm de longitud. Por tanto, tomando en cuenta, el rendimiento y la longitud de vaina, las líneas Pea5_102-10 (P3), Pea5_102-1, Pea5_102 -6, Pea5_102-3, Pea5_102-5 y Pea5_102-2, no solo alcanzan los rendimientos más sobresalientes, sino también desarrollaron vainas más largas, consecuentemente, de acuerdo a las necesidades del consumidor y el productor, estas líneas serían las más recomendables para su cultivo en la zona de Challapata.

Número de granos por vaina. Las líneas fueron estadísticamente diferentes en número de granos por vaina ($Pr=0.0001$), sin embargo, estas diferencias variaron a través de las distintas localidades ($\sigma^2_{gl}>0$) (Tabla 1), lo cual indica que las líneas tuvieron una respuesta diferencial con la variación ambiental.

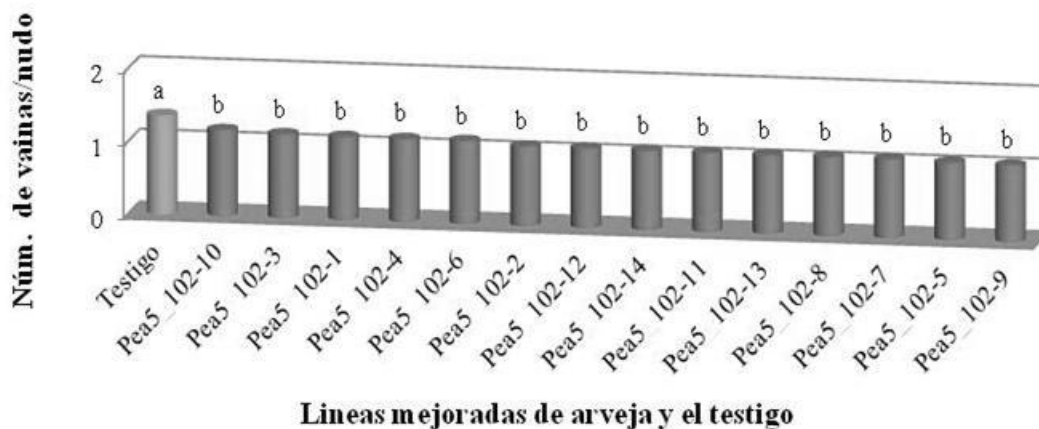
Las líneas mejoradas fueron superiores en número de granos por vaina a la variedad local (4.48 granos

por vaina), con número de granos que oscilan entre 5.15 y 7.20 granos por vaina, los cuales representan una superioridad entre 14.9 y 60.7% (Figura 4); la línea Pea5_102-7 con 4.20 granos por vaina, registró el valor más bajo para este carácter, pero estadísticamente iguales con el testigo.

Las líneas Pea5_102-6, Pea5_102-3, Pea5_102-1, Pea5_102-10 (P3), Pea5_102-2 y Pea5_102-5, con un promedio de 6.37 granos por vaina, fueron estadísticamente superiores a las líneas Pea5_102-8, Pea5_102-9, Pea5_102-11, Pea5_102-4, Pea5_102-13, Pea5_102-12 y Pea5_102-14, con un promedio de 5.3 granos por vaina, las mismas fueron superiores a la línea Pea5_102-7 y la variedad local que tuvieron 4.3 granos por vaina. También se observa que las líneas Pea5_102-6, Pea5_102-3, Pea5_102-1, Pea5_102-10 (P3) , Pea5_102-2 y Pea5_102-5, son las que sobresalen en rendimiento de vaina verde, longitud de vaina y número de granos por vaina, estos resultados sugieren que hay una correlación positiva entre el número de granos por vaina ($r=0.86$) con la longitud de vaina y con el rendimiento en vaina ($r=0.81$). Estas nuevas líneas, podrían tener una buena aceptación

por parte de los productores y consumidores de la zona de Challapata.

Figura 5 Media para el número de vainas por nudo para cada línea sobre las tres localidades.



Número de vainas por nudo. El análisis de varianza para el número de vainas por nudo (Tabla 2), mostró que hubieron diferencias evidentes entre líneas (Pr=0,0031); sin embargo, estas diferencias no fueron las mismas entre las distintas localidades ($G_{gl}^2 > 0$) (Tabla 1), lo que indica que las líneas se comportan de manera diferencial en función a la variación ambiental en la zona de Challapata.

La variedad local con 1.36 vainas por nudo ha superado estadísticamente a todas las líneas mejoradas (Figura 5). Sin embargo, entre las líneas mejoradas, no se observan diferencias notables en el número de vainas por nudo y desarrollaron entre 1.05 y 1.18 vainas por nudo que corresponde a las líneas Pea5_102-9 y Pea5_102-10 (P3), respectivamente (Figura 5). A pesar de ser inferiores a la variedad local en este carácter, las líneas de arveja desarrolladas por el CIFP, poseen otras características sobresalientes como la de producir vainas más largas, con mayor número de granos por vaina (Figura 1).

Días a la floración. El análisis de varianza para días a la floración (Tabla 2), mostró que existen diferencias notorias entre las líneas (Pr=0.0001); sin em-

bargo, estas diferencias no fueron las mismas a través de las distintas localidades ($G_{gl}^2 > 0$) (Tabla 1), lo que indica que las líneas se comportan de manera diferencial en los ambientes evaluados.

En general, las líneas mejoradas de arveja, excepto la línea Pea5_102-7 (92 días), fueron entre 7 y 12 días más precoces que la variedad local (95 días) (Figura 6).

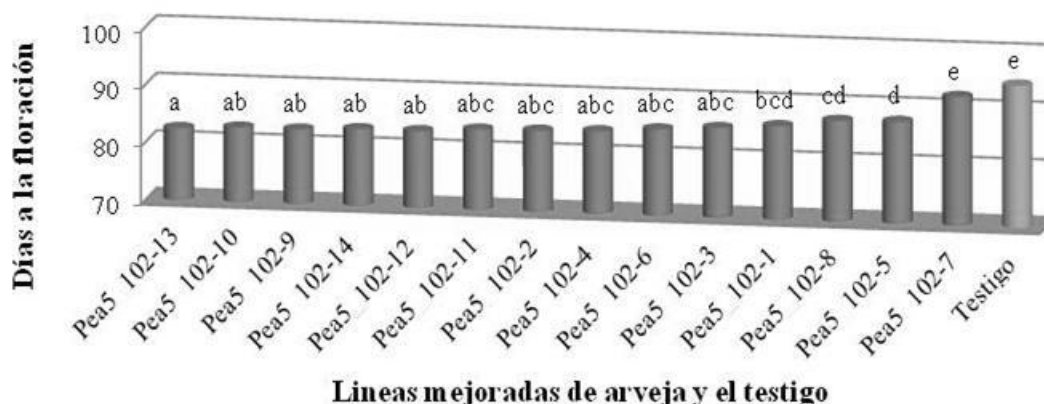
Entre las líneas mejoradas, no se observan diferencias significativas a excepción de la línea Pea5_102-7 con 92 días a la floración, que fue la más tardía, sin embargo, las líneas Pea5_102-13, Pea5_102-10 (P3), Pea5_102-9, Pea5_102-14 y Pea5_102-12 con un promedio de 83 días a floración se destacan por su precocidad y tendencia a tener alto rendimiento, en base a estas características serían las más apropiadas para su cultivo en la zona de Challapata.

Días a la madurez de la vaina. El análisis de varianza para días a la madurez de la vaina (Tabla 2), indica que hubo diferencias palpables entre las líneas (Pr=0.0001); sin embargo, estas diferencias no son las mismas entre las distintas localidades ($G_{gl}^2 > 0$) (Tabla 1), lo que indica que el efecto de

interacción genotipo por ambiente (G*A) fue impor-

tante en la expresión de este carácter.

Figura 6 Medias estimadas para días a la floración para cada línea sobre las tres localidades.



En general, todas las líneas mejoradas de arveja del CIFP fueron estadísticamente más precoces a la variedad local (155 días), entre 6 y 18 días (Figura 7).

Por lo descrito, el CIFP, logró el desarrollo de líneas más precoces que las variedades actualmente cultivadas; además, con características sobresalientes de alto rendimiento, vainas largas, y mayor número de granos por vaina.

Entre las líneas mejoradas, la Pea5_102-9, Pea5_102-10 (P3), Pea5_102-11, Pea5_102-2, Pea5_102-13, Pea5_102-14, Pea5_102-3 y Pea5_102-12, con un promedio de 138 días a la madurez de la vaina, fueron más precoces que las líneas Pea5_102-4, Pea5_102-6, Pea5_102-1, Pea5_102-5, Pea5_102-8 y Pea5_102-7, en 5 días. Además, estas líneas son las que logran mayor rendimiento, mayor longitud de vaina y mayor número de granos por vaina; por tanto, estas líneas serían las más recomendables para su cultivo en la zona de Challapata.

Vigor. Para el vigor, se observaron diferencias significativas entre las líneas ($Pr=0.0001$) (Tabla 2), pero estas diferencias variaron entre las distintas localidades ($\hat{\sigma}_{gl}^2 > 0$) (Tabla 1). En general, las líneas mejoradas, con 1.44 y 3.86 puntos, en una escala de (1 a 5) fueron las de mejor preferencia que la variedad local (4.39).

Entre las líneas mejoradas que se destacan por su mejor preferencia, se tiene a la Pea5_102-1, Pea5_102-10 (P-3), Pea5_102-5, Pea5_102-3, Pea5_102-11, Pea5_102-2, Pea5_102-9, Pea5_102-14, Pea5_102-13 y Pea5_12, (Figura 8), los agricultores de la zona mostraron sus preferencias por estas líneas que se destacan por su precocidad, alto rendimiento, mayor tamaño de vaina, mayor número de granos por vaina y mayor número de vainas por planta.

Agrupamiento de las líneas evaluadas. En general, considerando todas las características evaluadas, las 15 líneas fueron agrupadas en dos grandes grupos (Figura 9). El primer grupo está constituido por la

línea Pea5_102-7 y la variedad local, que se caracterizan por tener rendimientos más bajos, menor longitud de vaina, menor número de granos por vaina y de ciclo tardío. El segundo grupo está constituido por el resto de las líneas del CIFP (13 líneas), estas

se caracterizan por alcanzar rendimientos elevados en vaina verde (10.71 a 16.58 t·ha⁻¹), mayor longitud de vaina (7.92 a 9.64 cm), mayor número de granos por vaina (5.15 a 7.20 granos) y por ser más precoces (84.56 días a la floración).

Figura 7 Medias estimadas para días a la madurez de la vaina verde para cada línea sobre las tres localidades

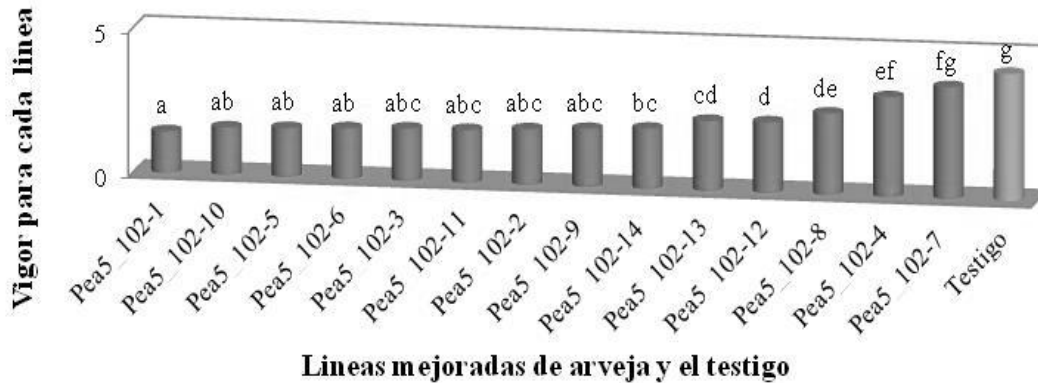
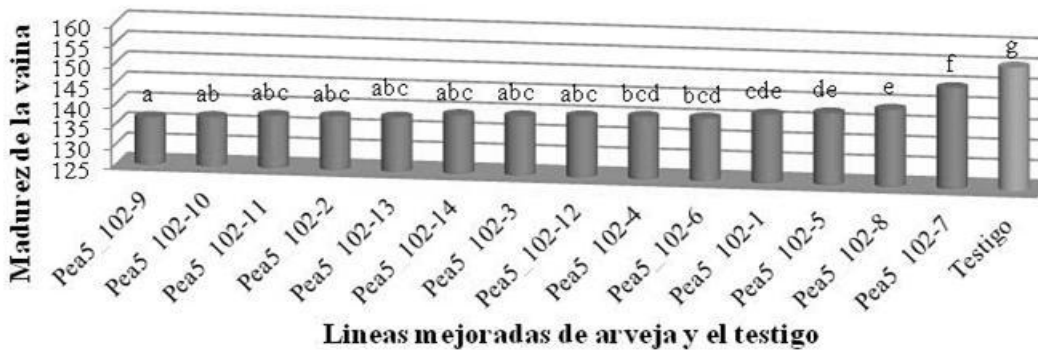


Figura 8 Medias estimadas para el vigor (preferencia de los agricultores) para cada línea sobre las tres localidades.



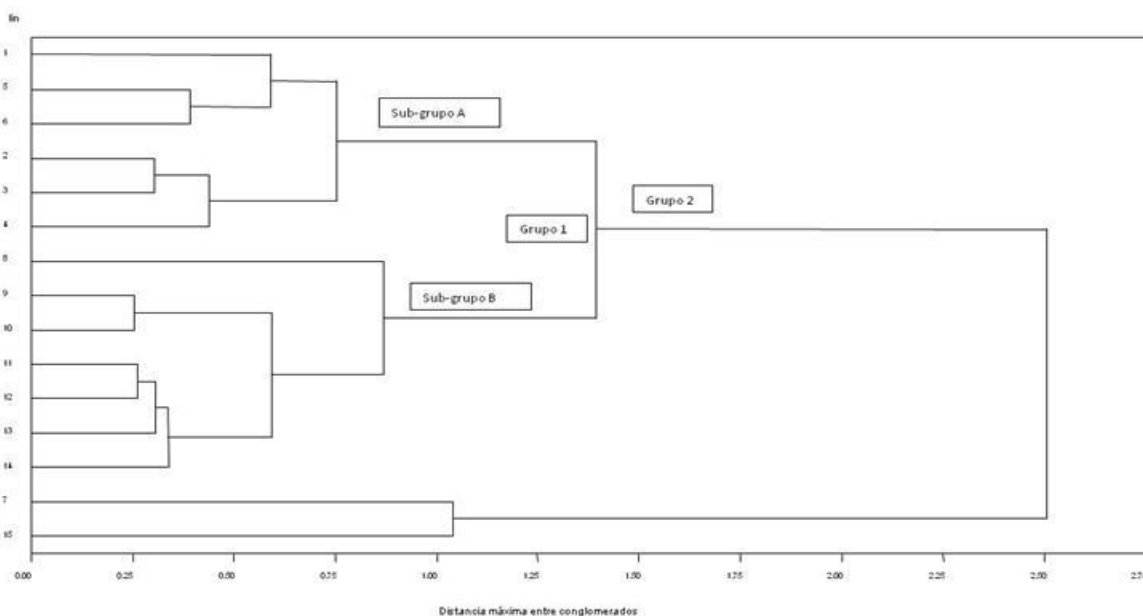
El segundo grupo 2 se subdivide en dos subgrupos A y B, el subgrupo A, constituido por las líneas Pea5_102-1, Pea5_102-5 Pea5_102-6, Pea5_102-2 Pea5_102-3 y Pea5_102-4, se caracterizan por ser potenciales en rendimiento de vaina verde (13.05 a 16.58

t·ha⁻¹), mayor longitud de vaina (8.49 a 9.25 cm), mayor número de granos por vaina (5.27 a 7.20 granos) y de ciclo intermedio (85 días a la floración), por tanto, el sub grupo A sería el más recomendable para su cultivo en la zona de Challapata.

Sin embargo, estos resultados no son concluyentes, por lo que estas líneas deberían ser evaluadas por

otro año más en la zona.

Figura 9 Agrupamiento de las líneas con características similares.



Discusión

Las líneas mejoradas en nuestra investigación fueron superiores en rendimiento en vaina a la variedad local ($3.69 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), con rendimientos entre 6.13 y $16.58 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, que representan una superioridad entre 65.9 y 349.3% . Olgúin (2002) en el Valle Alto de Cochabamba encontró que las líneas mejoradas del CIFP fueron superiores en rendimiento en vaina a la variedad local (Petit poa negro, $3.47 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), con rendimientos de 4.86 y $8.65 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y representan entre 40 y 149% , respectivamente.

Hemos encontrado que las líneas Pea5_102-14, Pea5_102-10 (P3) y Pea5_102-13, tuvieron rendimientos de vaina verde de 13.05 , 11.18 y $11.04 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente y tienden a alcanzar rendimientos sobresalientes, esta tendencia también fue observa-

da en otras investigaciones, así Olgúin (2002), en una investigación en nueve localidades en el Valle Alto de Cochabamba, encontró que las líneas Pea5_102-14, Pea5_102-10 (P3) y Pea5_102-13 alcanzaron rendimientos en vaina verde de 8.19 , 7.11 y $7.90 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente. Por su parte Ajata (2004) en otro ensayo llevado a cabo en Mizque en seis localidades, encontró que las líneas Pea5_102-14, Pea5_102-10 (P3) y Pea5_102-13 alcanzaron rendimientos en vaina de 11.04 , 12.30 y $12.10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente. Esto nos permitió deducir que las líneas indicadas se destacan por mostrar rendimientos superiores y que se adaptan a diferentes zonas productoras del país, por lo que serían las más recomendables para la zona de Challapata (Oruro).

Así mismo hemos observado que la línea Pea5_102-1 y la variedad local, desarrollan plantas de 1.35 y 1.31 m de altura respectivamente; sin embargo, el resto de las líneas estadísticamente iguales alcanzaron alturas entre 1.09 y 1.23m. Esto también fue observado por Olguín (2002), encontrando que las líneas mejoradas desarrollan plantas de altura entre 0.83 a 1.17 m en el Valle Alto de Cochabamba. Ajata (2004) por su parte, encontró que estas mismas líneas alcanzaron una altura de planta entre 0.82 a 1.05 m en la zona de Mizque. Estas diferencias entre las distintas investigaciones en altura planta, se atribuye a la variación ambiental y en particular en la zona de Challapata, el cual se caracteriza por tener una precipitación durante el verano entre 300 y 400mm, temperatura 11.6° C, luminosidad de 9 hr/luz/día y humedad relativa entre 50 y 60% (SE-NAMHI 2008), estas condiciones, según Gonzáles (2001) son las más favorables para el desarrollo vegetativo y la producción de biomasa en el cultivo de arveja.

En general, todas las líneas mejoradas fueron superiores en longitud de vaina sobre la variedad local, esto también fue observado por Olguín (2002), encontrando que las líneas mejoradas del CIFP mostraron una superioridad entre 7 y 56% en longitud de vaina en comparación a la variedad local (Petit poa negra 6.9 cm). Así mismo, Ajata (2004), encontró la superioridad de las líneas mejoradas del CIFP entre 6.8 y 11.4% en longitud de vaina sobre la variedad local (Petit poa negro 5.8 cm). Estos resultados demuestran que las líneas mejoradas por el CIFP son de vainas más largas que las variedades cultivadas y podrían satisfacer las necesidades de los consumidores en el altiplano boliviano.

Hemos observado que las líneas mejoradas fueron superiores en número de granos por vaina a la variedad local, esto también fue observado por Ajata

(2004), encontrando un número de granos por vaina entre 2 y 21% a la variedad local (Petit poa negra 5.2 granos por vaina). Por lo que, el CIFP logró el desarrollo de líneas de arveja con un mayor número de granos por vaina y adaptables a diferentes ambientes (CIFP 2009, Calisaya 2006, Castillo *et al.* 2014).

En referencia a la precocidad, hemos observado que las líneas mejoradas de arveja, excepto la línea Pea5_102-7 (92 días), fueron precoces. Pero Olguín (2002) en el Valle Alto de Cochabamba, observó que las líneas desarrolladas por el CIFP fueron más precoces entre 5 y 22 días a la Petit poa negra (variedad local 78 días). La diferencia entre las dos zonas de investigación, podría deberse al ambiente, principalmente a la variación de temperatura que oscila de 11.6 a 17.41° C de una zona a otra.

Conflictos de intereses

Esta investigación fue realizada en el Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani y no presenta conflictos de interés.

Agradecimientos

Se agradece al apoyo técnico y logístico del Centro de investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani en Cochabamba, Bolivia.

Literatura citada

Ajata MA. Comportamiento de once líneas mejoradas de arveja (*Pisum sativum* L.) en la primera sección de la provincia de Mizque, Cochabamba. Tesis Licenciatura. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 2004; 70 pp.

- Calisaya JV. Herencia de caracteres cuantitativos en arveja (*Pisum sativum* L.). Tesis Licenciatura, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. 2006. 70 pp.
- Castillo E, Siles M, Ríos R, Gabriel J. Herencia del número de vainas por nudo y su relación con características afines en arveja (*Pisum sativum* L.). J Selva Andina Biosph. 2014; 2 (1):2-14.
- CIFP. Informe anual de actividades Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani. Cochabamba –Bolivia. 2009. 60 pp.
- FAOSTAT. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Anuario – Producción. Roma, Italia. 2008.
- González GMR. Interacción Genotipo por Ambiente en guisante proteaginoso (*Pisum sativum* L.) E.T.S.S. Ingenierías Agrarias, España. 2001.
- IBTA (Instituto Boliviano Tecnológico Agropecuario). Cultivo de Leguminosas en los Valles de Bolivia. 1995.
- INE. Estadísticas Agropecuarias La Paz, Bolivia. 2008.
- Jokanovi MR, Jovi evi D, Tepi AN, Vujicic BL. Suitability of some green pea (*Pisum sativum* L.) varieties for processing. Suitability of some green pea (*Pisum sativum* L.) varieties for processing. Act Per Tech. 2006; 37: 13-20.
- Majumdar D, Tamhane AC. Row-column designs for comparing treatments with a control. J Stat Plan Inf. 1996; 49: 387-400.
- Márquez SF. Genotecnia Vegetal: Teoría y resultados. Tomo 1 México D.F. AGT-Editor. 1985; 1-5 pp.
- Moriyama M, Oba K. Comparative study on the vitamin C contents of the food legume seeds. J Nutr Sci Vitaminol. 2008; 54 (1):1-6.
- Olguin C. Comportamiento de veinte líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) en el Valle Alto de Cochabamba. Tesis Licenciatura. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 2000; 60 pp.
- SAS Institute Inc. (2004) SAS/STAT Users Guide, Version 9.2, Fourth Edition, Vol. 2, SAS Institute Inc., Cary, N.C.
- SENAMHI. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Temperaturas máximas y mínimas de Bolivia. http://www.senamhi.gob.bo/meteorología/bolitin/s/files/BOLITIN_METEOROLOGICO_FEBRE RO_2007.pdf. 2008; 14 p. (Consultado: enero 2013).
- SPSS. 2006. Guía breve de SPSS 15.0. Para windows. SPSS inc., Chicago, USA.176 pp.