



Evaluación agromorfológica y análisis de componentes de rendimiento en doce accesiones de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

Evaluation agriculture morphological and analysis of yield components in twelve cañahua agreements (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

Mayta-Mamani Adelio*, Marza-Mamani Félix, Rojas Félix, Sainz-Mendoza Humberto Nelson,
Mendoza-Condori Víctor Hugo

Datos del Artículo

Universidad Pública de El Alto-UPEA, Área de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Recursos Naturales, Ingeniería Agronómica, Laja-Los Andes-La Paz, Bolivia. (591)2-2115231
Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA). Área de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Recursos Naturales, Ingeniería Agronómica

*Dirección de contacto:

Adelio Mayta-Mamani
Universidad Pública de El Alto,
Ingeniería Agronómica,
Área de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y
Recursos Naturales, Ingeniería Agronómica.
La Paz, Bolivia. Avenida Sucre (Zona Villa
Esperanza) s/n.
(591)2-2115231. Sitio
web: www.upea.edu.bo

E-mail: admayt@gmail.com

Palabras clave:

Chenopodium pallidicaule Aellen,
Accesión,
componentes de rendimiento,
coeficiente de sendero,
pool de genes.

J Selva Andina Biosph.
2015; 3(2):58-74.

Historial del artículo

Recibido mayo, 2014.
Devuelto octubre, 2015.
Aceptado noviembre, 2015.
Disponible en línea, noviembre 2015.

Resumen

En la presente investigación, se realizaron el análisis estadística descriptiva, análisis de varianza, comparación de medias de Duncan, correlación múltiple y análisis de coeficiente de sendero, este último para determinar los efectos directos e indirectos, en cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). El estudio se condujo bajo el diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y doce tratamientos (accesiones de cañahua), durante la campaña agrícola 2009 y 2010. Los resultados muestran, la producción de grano en promedio general de 7.67 granos/pl, con un coeficiente de variabilidad de 23.1%, y con mejores rendimientos fueron las accesiones 455, 222, ILLPA-INIA y CUPI, logrado producir en promedio 12.28 granos/pl, 10.58 granos/pl, 10.29 granos/pl y 10.16 granos/pl, respectivamente. A través del análisis de sendero, se identificaron criterios de selección los componentes de rendimientos. En la accesión 455, el coeficiente de determinación del sistema planta estimada alcanzó un 36.5%, y se constituyeron principales componentes de rendimiento, número de ramas, cobertura vegetal y altura de la planta, con un grado de asociación y efecto directo de $r=0.505$ $P=0.327$, $r=0.446$ $P=0.168$ y $r=0.417$ $P=0.196$, respectivamente. En la accesión 222, los caracteres morfológicos que influyen en el rendimiento esta explicada en un 40.5%, y como mejor componente de rendimiento se ha constituido el número de ramas ($r=0.462$) ($P=0.261$), cobertura vegetal ($r=0.514$) ($P=0.271$) y altura de la planta ($r=0.383$) ($P=0.047$). En la accesión ILLPA-INIA, se ha determinado como mejor componente de rendimiento, el número de ramas ($r=0.514$) ($P=0.318$) y diámetro del tallo ($r=0.479$) ($P=0.524$), estos caracteres en su conjunto justifica que el sistema planta total definido fue 44.7% de la influencia directa. Accesión CUPI, en este cultivo los caracteres que influyeron en el rendimiento de grano está implicado en un 36.4% y con mejores caracteres morfológicos que han logrado influir de manera directa son; número de ramas ($r=0.395$) ($P=0.165$) y cobertura vegetal ($r=0.573$) ($P=0.251$). Estos caracteres morfológicos han jugado un rol importante en el desarrollo y estructura arquitectónica de la planta, que influyeron directa e indirectamente en el rendimiento de grano, y es importante prestar atención a estos componentes de rendimiento para el mejoramiento genético del rendimiento de granos en cañahua.

© 2015. *Journal of the Selva Andina Biosphere. Bolivia. Todos los derechos reservados.*

Abstract

In the present investigation, they were carried out the analysis descriptive statistic, variance analysis, comparison of stockings of Duncan, multiple correlation and analysis of path coefficient, this I finish to determine the direct and indirect effects, in cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). The study behaved at random under the design of blocks with four repetitions and twelve treatments (cañahua agreements), during the campaign agricultural 2009 and 2010. The results show, the grain production on the average general of 7.67 grain/plant, with a coefficient of variability of 23.1%, and with better yields they were the agreements 455, 222, ILLPA-INIA and CUPI, achieved to produce 12.28

Editado por:
Selva Andina
Research Society

Key words:

Chenopodium pallidicaule Aellen
 Agreement,
 yield components,
 path coefficient,
 pool of genes.

grain/plant on the average, 10.58 grain/plant, 10.29 grain/plant and 10.16 grain/plant, respectively. Through the path analysis, selection approaches the components of yields were identified. In the agreement 455, the coefficient of determination of the system plants dear it reached 36.5%, and main yield components were constituted, number of branches, vegetable covering and height of the plant, with an association degree and direct effect of $r=0.505$ $P=0.327$, $r=0.446$ $P=0.168$ and $r=0.417$ $P=0.196$, respectively. In the agreement 222, the characters morphological that influence in the yield this explained in 40.5%, and as better yield component the number of branches has been constituted ($r=0.462$) ($P=0.261$), vegetable covering ($r=0.514$) ($P=0.271$) and height of the plant ($r=0.383$) ($P=0.047$). In the agreement ILL-PA-INIA, it has been determined as better yield component, the number of branches ($r=0.514$) ($P=0.318$) and diameter of the shaft ($r=0.479$) ($P=0.524$), these characters in its group justify that the system plants defined total it was 44.7% of the direct influence. Agreement CUPI, in this cultivation the characters that influenced in the grain yield are implied in 36.4% and with better characters morphological that have been able to influence in a direct way they are; number of branches ($r=0.395$) ($P=0.165$) and vegetable covering ($r=0.573$) ($P=0.251$). These characters morphological have played an important list in the development and architectural structure of the plant that influenced direct and indirectly in the grain yield and it is important to pay attention to these yield components for the genetic improvement of the yield of grains in cañahua.

© 2015. Journal of the Selva Andina Biosphere. Bolivian. All rights reserved.

Introducción

La cañahua, (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es una especie originaria de la zona circundante al lago Titicaca, compartida entre Bolivia y Perú. La cañahua como cultivo andino, en los últimos años ha cobrado bastante interés, por sus cualidades nutritivas (14 a 19 % de proteína), que recupera su importancia en la producción, con potencial de mercadeo y capaz de garantizar la seguridad alimentaria regional y mundial (Mujica *et al.* 2002).

Woods & Eyzaguirre (2004), describen que la cañahua es una planta anual de gran diversidad genética, de auto-polinización. El cultivo desarrolla una raíz principal pivotante, vigorosa y poco profunda. El desarrollo del tallo en su generalidad es holométrico, hueco y nudoso, logrando ser erguida, semierguida y postrada que presentan gran cantidad de tallos secundarios. El crecimiento de las plantas varía de 25 a 60 cm, cuyas ramificaciones primarias y secundarias forman el follaje de estrecha a frondosa con un promedio de 25 cm de diámetro en Lasta (semi-postrada) y 15 cm de diámetro en Saihua (erecta). Las hojas presentan pecíolos cortos y finos, láminas engrosadas de forma romboidal, triangular y

ancha ovada, que miden de 1 a 3 cm de largo. Las flores son hermafroditas o estaminadas muy pequeñas de 1 mm de diámetro y, la inflorescencia se presenta en cimas laterales y en axilares superiores, que pueden ser hermafroditas, femeninas y androestriadas. Las semillas son de forma sub cilíndrico, cónico, sub lenticular, sub cónico y sub elipsoidal. Según Aguilar (2006), la cañahua produce numerosas semillas, de un tamaño muy pequeño de 0.8 a 1.4 mm de diámetro, cubierto por el perigonio del cáliz porfiado, la coloración del fruto es muy variable, desde grisáceo hasta pardo oscuro, habiendo frutos con pigmentos de color morado, rosado y amarillo. A pesar de que es una de las especies menos estudiadas, el cultivo está adaptado a condiciones agroecológicas imperantes de los 3000 hasta 4400 msnm. Se desarrolla mejor en suelos frances arcillosos con buen drenaje, muestra tolerancia a la salinidad, tolera períodos prolongados de sequía, es susceptible a la humedad en las primeras fases de desarrollo, una vez establecida es muy resistente al frío. Lo cual despierta un interés inusitado en su cultivo, en el mejoramiento genético, así como en la producción,

que constituye ventajas económicas (Hurtado 2008). Además, la cañahua tiene un potencial importante en la comercialización nacional e internacional y la demanda es cada vez más creciente, por sus características nutricionales y orgánicas, que son percibidos como alimentos exóticos y naturales, dietéticos, beneficiosos para la salud humana (Soto & Carrasco 2008).

Según (MACA 1997), reporta rendimientos del altiplano Norte 490 kg ha⁻¹, en el Central 540 kg ha⁻¹ y en el Departamento de Oruro se obtuvo un rendimiento de 450 kg ha⁻¹. Según (SINSAAT 2001), reporta 1550 hectáreas de superficie sembradas con cañahua en Bolivia, con un rendimiento promedio de 645 kg ha⁻¹. La hoja de balance del periodo 2003 por SINSAAT, reporta 1530 hectáreas de superficie sembrada de cañahua en Bolivia, con un rendimiento promedio de 641 kg ha⁻¹. INE (2003), reporta que fueron cultivadas 932 ha de cañahua en Bolivia, con un rendimiento de 666 kg ha⁻¹.

En el mejoramiento del cultivo se estudian características de productividad, estas son identificadas por la capacidad de producción del cultivo que influye en caracteres morfológicos según el ambiente estudiado (Mac & Paccapelo 2003). El estudio del mejoramiento, muestra diversos aspectos de manejo y evoluciones en la investigación, que tienen influencia directa e indirecta en varios caracteres agronómicos. Por tanto, es importante conocer el comportamiento de los mismos, de aquellos que tienen que ver con el rendimiento y que permita al mejorador, realizar una mejor selección de cultivares según el ambiente y ajustar las tecnologías de manejo (Astegiano *et al.* 2003).

Aumentar el rendimiento del cultivo, implica la utilización de ciertas estrategias, entre las que se destaca, el estudio de los componentes de rendi-

miento, es decir, aquellas características morfológicas y reproductivas cuya interacción permita el rendimiento final (Abbott *et al.* 2009). En la mejora de las plantas, se han desarrollado varios trabajos con el análisis de correlación, siendo de gran importancia para el mejorador en la formulación de procedimientos apropiados para la selección. El coeficiente de correlación cuantifica la magnitud y la dirección de los factores en determinados caracteres, pero no determina la exacta influencia de los efectos directos e indirectos (que esos caracteres tienen sobre el rendimiento). Un coeficiente de correlación entre dos variables se puede deber al efecto de una tercera variable o grupo de variables (Cruz & Regazzi 1997, Vencovsky & Barriga 1992). Para solucionar este problema, se desarrolló el análisis de sendero por Wright (1921), que ofrece una interpretación basada en relaciones de causa-efecto para cada variable, especificando la dirección en la que ejercen su influencia y valorando su importancia relativa dentro del sistema planta (Isidoro 2008).

El coeficiente de sendero, un método estandarizado de regresión simple de gran utilidad en la partición del coeficiente de correlación, tanto en el efecto directo como indirecto. El método analítico de sendero permite descomponer correlaciones entre dos variables (X e Y) en una suma del efecto directo de X sobre Y, y los efectos indirectos de X sobre Y, vía otras variables independientes en un sistema de correlaciones, provee posibles explicaciones causales de correlaciones observadas entre una variable dependiente y una serie de variables independientes. También, indica cuáles son las características que están relacionadas directa e indirectamente al rendimiento y clasifica cuáles caracteres pueden estar o no, en el programa de selección para mejorar el carácter en consideración (Kuruvadi *et al.* 1993).

Gómez (2011), señala que los coeficientes de regresión estandarizados son los coeficientes de senderos. En cada modelo de regresión, los estimadores de los coeficientes de sendero se obtienen de manera usual por mínimos cuadrados en cada una de las regresiones, que genera ecuaciones normales del modelo, equivale a una descomposición de los coeficientes de correlación. Una correlación se descompone en la suma de productos de coeficientes de cada sendero que conecta a las variables analizadas.

Para un programa de mejoramiento por medio de cualquier método, es necesario conocer su capacidad y el comportamiento morfológico, que influye en el rendimiento. Por lo tanto, el presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento agromorfológico y determinar la influencia directa e indirecta de los componentes de rendimiento, en la producción de doce accesiones de cañahua.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en la campaña agrícola 2009 - 2010, en la Estación Experimental de Kallutaca perteneciente a la Universidad Pública de El Alto, localizada en la Provincia Los Andes, segunda Sección del Municipio de Laja, al Oeste del Departamento de La Paz, situada a 16°31'28" de Latitud Sur, 68°18'30" de Longitud Oeste, a una altitud de 3900 metros sobre el nivel del mar y distante a 35 km de la ciudad de La Paz (SENAMHI 2008).

El material genético utilizado, estuvo constituido por 12 accesiones de cañahua, de las cuales 10 provienen del Banco Nacional de Germoplasma de Granos Altoandinos: 472, 081, 365, 432, 425, 455, 222, 616, 636 y 475 y, 2 accesiones provienen de la Estación Experimental de “ILLPA” INIA - Perú: CUPI e ILLPA-INIA, perteneciente al Banco de

Germoplasma de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la UPEA.

Fase de instalación. La preparación del terreno se realizó con maquina agrícola (tractor de arado), que consiste en desterronado, mullido y nivelado del suelo. El material genético se preparó 0.18 g para cada unidad experimental de 4 surcos, de 3 m de largo, espaciados en 0.40 m (4.80 m²), tomando encuentra 6 kg ha⁻¹ y. La siembra se realizó a chorro continuo, distribuidos homogéneamente en cada surco.

Fase de seguimiento. Las labores culturales se realizaron; el raleo de plantas pequeñas, raquíta y débiles, dejando 7 a 10 plantas por m lineal; el deshierbo de plantas invasoras presentes, el cual se realizó para evitar la competencia entre plantas por agua, luz, nutrientes y espacio. La cosecha, primero se recogieron las plantas en evaluación según que alcancen a su madurez fisiológica, posteriormente la cosecha general se realizó a los 130 días aproximadamente. La recolección se efectuó en las tempranas horas de la mañana, con la finalidad de evitar las perdidas por desgrane de semillas. La cosecha es la actividad tan importante y critica, la perdida por desgrane es bastante elevado, 30% (Mamani 1994) y. La trilla se realizó manualmente al igual que la separación de los granos de la broza para obtener granos limpios y finalmente se efectuó el envasado de las semillas de cada accesión en frascos de plástico con su propia identificación.

Fase de evaluación. Se registraron 6 caracteres morfológicos: número de ramas primarias (NRP), diámetro del tallo (DTC), cobertura vegetal (CV), altura de la planta (HPL), peso de mil granos (PMG) y rendimiento de granos por planta (RDTO). Para ello se utilizó los descriptores para cañahua (IPGRI, PROINPA e IFAD 2005).

Diseño y análisis estadístico. El estudio se diseñó en un experimento de bloques al azar, con 4 bloques y con 12 tratamientos (accesiones de cañahua), la unidad experimental consiste de una superficie de 4.80 m², de 4 surcos, de 3 m de largo y espaciados de 0.40 m entre surcos.

A fin de obtener resultados de confianza y para interpretarlos se operacionalizó utilizando estadística univariada y multivariada (SPSS y SAS). Y con los datos obtenidos de la evaluación de doce accesiones de cañahua, se realizó el análisis de varianza múltiple, para identificar la diferencia significativa entre tratamientos, para discriminar los caracteres no significativos (Sneath & Sokal 1973); como resultado de este análisis, obtuvieron cinco variables independientes y un variable dependiente (Tabla 3). Por otro lado, con la finalidad de sintetizar la información, se realizó el análisis de comparación de medias de Duncan de la variable dependiente (rendimiento); como resultado de este análisis, se encontró cuatro grupos y con mayores rendimientos fueron cuatro accesiones (Tabla 3), las cuales fueron sometidos a diferentes análisis estadísticos, todos relacionados a la producción de granos, como se señala a continuación:

Estadística descriptiva. Para la descripción y visualización de las variables independientes, se utilizó cálculos estadísticos de las medias, desvíos estándar, coeficientes de variación y comparación de medias de Duncan, en razón de que el diseño permitió mantener la variación entre unidades experimentales y por efectos de tratamientos mantuvieron la variación entre bloques (Tukey 2000).

Análisis de varianza (ANVA). Esta técnica tiene como objetivo, de identificar la importancia de la diferencia estadística entre e intra accesiones en estudio (Ochoa 2008). Para su descripción, se efectuó

con el valor promedio para variable dependiente (rendimiento de grano por planta).

Coeficiente de correlación (r). Se realizó la correlación para determinar el grado de relación que existe entre el rendimiento y los caracteres morfológicos en estudio. El parámetro que permite la cuantificación, es el coeficiente de correlación lineal de Pearson (r), cuyo valor oscila entre -1 y +1. El coeficiente de correlación fue evaluada mediante la fórmula descrita por Little & Hills (1991). Por lo tanto, los tratamientos se realizaron mediante las relaciones de sumas de cuadrados y los desvíos estándar muestrales de cada variable de X e Y.

Coeficiente de sendero. Para este análisis, se utilizó la metodología sugerida por Wright (1921) y Gómez (2011). Se desarrollaron sistemas de ecuaciones, formadas por las correlaciones morfológicas en estudio. Para su descripción e interpretación, se realizó de las variables que presentaron diferencia estadística entre la correlación de las variables en estudio y el rendimiento de granos por planta.

Para obtener el efecto directo de las correlaciones morfológicas sobre el rendimiento, se estandarizó los resultados de coeficiente de regresión múltiple (Wright 1923); la ecuación utilizada fue:

$$\text{PY.X1} = \text{BY.X1} (\text{X1} / \text{Y})$$

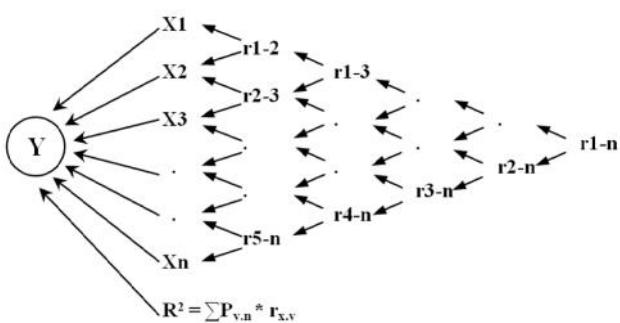
Dónde: PY.X1 es el coeficiente de las variables X1 sobre rendimiento; BY.X1 es el coeficiente de regresión parcial entre la variable X1 y el rendimiento (Y); X1 es la desviación estándar de la variable independiente X1 y; Y es la desviación estándar de la variable dependiente Y.

Para obtener los efectos indirectos de las correlaciones morfológicas sobre rendimiento se multiplica el coeficiente de correlación de las variables independientes (Wright 1923); la ecuación utilizada fue:

$$P(X_1 \text{ A}) = PY.XA \times rX_1.XA$$

Dónde: $P(X_1 \text{ A})$ es el efecto de la variable X_1 sobre el rendimiento vía la variable XA ; $PY.XA$ es el efecto directo de la variable XA sobre rendimiento y ; $rX_1.XA$ es el coeficiente de correlación entre la variable X_1 y XA .

Figura 1 Diagrama de causa y efecto entre todas las variables de los componentes del rendimiento



Donde, Y es la variable dependiente (rendimiento), $r_{x,y}$ es el coeficiente de correlación entre las variables X e Y , X_n son las variables en estudio $X_1 \dots X_n$, y R^2 es el coeficiente de determinación del sistema planta.

El análisis de coeficiente de sendero, se realizó por medio de sistemas de ecuaciones y, para su descripción e interpretación, se realizó de los caracteres que presentaron diferencia estadística significativa entre la correlación y el rendimiento de grano (Sneath & Sokal 1973).

Resultados

Análisis estadístico descriptivo. Los componentes de rendimiento, se presenta en la Tabla 1. Para su descripción de este tabla, se realiza para las accesiones de alto rendimiento; 455, 222, ILLPA-INIA CUPI (Tabla 3).

La accesión 455, es una planta de tipo de crecimiento Saihua, presenta ramificaciones estrechas al tallo principal, es una característica morfológica del cultivo. Presenta ramificaciones en la primer tercio de la planta, alcanzado 9.25 ramas por planta, y dando aspecto frondosa la cobertura vegetal en un promedio de 119.25 cm^2 , así mismo ha alcanzado a crecer en promedio 38.45 cm de altura. Estas variables morfológicas influyeron en el rendimiento de final.

La cañahua de la accesión 222, es de tipo de crecimiento Lasta, presenta una arquitectura con características morfológicas que desarrollaron en promedio 9.50 de número de ramas, 116.50 cm^2 de cobertura vegetal y 39.20 cm de altura de la planta, estos componentes de rendimiento han alcanzado producir 10.58 g/pl.

La accesión ILLPA-INIA es de tipo de crecimiento Lasta, presenta ramificaciones en la primer tercio de la planta alcanzado 9.25 ramas por planta en promedio, y dando apariencia frondosa la cobertura vegetal logrando en un promedio de 127.00 cm^2 , esta accesión ha obtenido un desarrollo y crecimiento de 37.63 cm de altura, en promedio. Estas características morfológicas influyeron en el rendimiento de granos de cañahua en un promedio de 10.29 g/pl.

La accesión CUPI es una planta de arquetipo de crecimiento Lasta, sus ramificaciones son numerosas que han alcanzado desarrollar en promedio 9.50 ramas por planta, y frondosa, por ello la cobertura vegetal fue de 149.00 cm^2 y las plantas han alcanzado desarrollar una altura de 38.14 cm, estas variables morfológicas son las que han determinado como mejores plantas de rendimiento, por ello el rendimiento de granos de este cultivo ha logrado producir 10.16 g/pl.

Análisis de varianza del rendimiento de granos por planta. Mediante esta técnica, se calculó la variabi-

lidad entre e intra población de plantas de doce accesiones de cañahua (Tabla 2), y se aprecia que existe diferencia estadística entre bloques y tratamientos. *Coeficiente de determinación R²*. En la Figura 2, el valor influyente directamente sobre el rendimiento de la planta, convertido en términos porcentuales es 36.5% de las variables en estudio.

Comparación de medias. Según la Tabla 3, se observa que la comparación de las medias, el rendimiento de granos por planta presenta en 4 grupos,

según la prueba de Duncan. En la misma tabla, se aprecia con mayores producciones las accesiones 455, 222, ILLPA-INIA y CUPI, con rendimientos promedio de 12.28 granos/pl, 10.58 granos/pl, 10.29 granos/pl y 10.16 granos/pl, respectivamente, mientras el rendimiento menor corresponde a la accesión 432 con 4.51 granos/pl, con respecto a las accesiones 616, 472, 425, 636, 081, 475 y 365 presentan rendimientos intermedios que varían entre 7.85 granos/pl a 4.62 granos/pl.

Tabla 1 Componentes de rendimiento de doce accesiones de cañahua

Accesiones	Caracteres morfológicos												RDTO*			
	NRP*		DTC**		CV*		HPL*			PMG*			RDTO*			
	\bar{X}	CV%	\bar{X}	CV%	\bar{X}	CV%	\bar{X}	CV%	\bar{X}	CV%	\bar{X}	CV%	\bar{X}	CV%		
455	9.25	10.4	0.36	8.8	119.25	ab	17.0	38.45	abc	8.2	0.72	c	1.4	12.28	a	16.6
222	9.50	13.6	0.35	9.0	116.50	ab	22.4	39.20	ab	8.9	0.65	de	4.9	10.58	ab	18.0
ILLPA-INIA	9.25	13.6	0.38	18.6	127.00	ab	15.0	37.63	abc	18.5	0.74	c	1.4	10.29	ab	33.3
CUPI	9.50	6.1	0.40	26.2	149.00	a	38.1	38.15	abc	9.0	0.64	de	1.6	10.16	ab	21.6
616	9.25	10.4	0.38	16.6	111.75	ab	25.4	43.00	a	18.1	0.67	d	1.5	7.85	bc	29.5
472	8.00	17.7	0.38	11.8	50.50	c	43.4	30.63	cd	24.1	0.73	c	1.4	7.14	cd	17.7
425	8.25	11.6	0.36	8.8	91.00	bc	28.5	32.65	bcd	14.9	0.57	f	1.8	7.14	cd	22.7
636	8.25	11.6	0.36	8.8	105.00	ab	27.5	27.23	d	12.6	0.82	b	1.2	6.34	cd	14.0
081	8.00	17.7	0.35	---	79.25	bc	11.3	32.20	bcd	13.6	1.05	a	1.0	6.12	cd	9.6
475	8.00	10.2	0.36	24.8	109.75	ab	28.3	36.63	abc	14.8	0.84	b	3.8	4.97	d	18.4
365	8.25	11.6	0.37	14.8	89.75	bc	29.0	33.60	bcd	17.9	0.83	b	1.2	4.62	d	15.2
432	8.50	15.2	0.34	2.9	103.00	ab	23.6	32.45	bcd	10.7	0.64	e	1.6	4.51	d	9.4

** Altamente significativo al nivel de 0.01 de probabilidad. * Significativo al nivel de 0.05 de probabilidad.

\bar{X} = Promedio. CV = Coeficiente de Variabilidad (%). Según la prueba de Duncan, los promedios con letras iguales no son diferentes ($p<0.05$).

NRP: número de ramas primarias; DTC: diámetro del tallo central (cm); CV: cobertura vegetal (cm²); HPL: altura de la planta (cm); PMG: peso de mil granos (g); RDTO: rendimiento de granos por planta (g/pl).

Tabla 2 Análisis de varianza del rendimiento de granos por planta de doce accesiones de cañahua

FV	SC	GL	CM	Fc	Ft
BLOQUE	10.461	3	3.487	1.024	0.398*
TRAT.	262.231	9	29.137	8.556	0.000*
E. EXP.	91.948	27	3.405		
TOTAL	364.641	39			
CV = 23.1%			R² = 0.64		

* Significativa a una probabilidad estadística al =0.05. CV: Coeficiente de Variación; R²: R cuadrado.

Tabla 3 Comparación de medias del rendimiento de granos por planta de doce accesiones de cañahua

Accesiones	Rendimiento (granos/pl)	Prueba Duncan	
455	12.28	a	
222	10.58	a	b
ILLPA-INIA	10.29	a	b
CUPI	10.16	a	b
616	7.85	b	c
425	7.14	c	d
636	6.34	c	d
081	6.12	c	d
365	4.62	d	
432	4.51	d	

Según la prueba de Duncan, los promedios con letras iguales no son diferentes al nivel 0.05 de probabilidad.

Efectos directos e indirectos en cuatro accesiones de cañahua

Tabla 4 Correlación morfológica y coeficiente de sendero de la accesión 455

Caracteres	Promedio	Correlación (r)	Efecto Directo (P)
NRP	9.25	0.505	0.327
DTC	0.35	0.087	0.049
CV	119.25	0.446	0.168
HPL	38.45	0.417	0.196
PMG	0.72	-0.221	-0.177

NRP: número de ramas primarias; DTC: diámetro del tallo central (cm); CV: cobertura vegetal (cm^2); HPL: altura de la planta (cm); PMG: peso de mil granos (g).

Tabla 5 Efectos directos e indirectos de diámetro del tallo central versus rendimiento por planta

		r	ED	EI	ER %
ED	DTC	P2	1.000	0.049	8.7
EI	NRP	P1 x r21	-0.043	0.327	-0.014
EI	CV	P3 x r23	0.017	0.168	0.003
EI	HPL	P4 x r24	-0.040	0.196	-0.008
EI	PMG	P5 x r25	-0.324	-0.177	0.057
Efecto total					0.087

r: coeficiente de correlación; ED: efecto directo; EI: efecto indirecto; ER: efecto relativo (%)

Tabla 6 Efectos directos e indirectos de peso de mil granos versus rendimiento por planta

		r	ED	EI	ER %
ED	PMG	P5	1.000	-0.177	-31.4
EI	NRP	P1 x r51	-0.059	0.327	-0.019
EI	DTC	P2 x r52	-0.324	0.049	-0.016
EI	CV	P3 x r53	0.035	0.168	0.006
EI	HPL	P4 x r54	-0.079	0.196	-0.015
Efecto total					-0.221

r: coeficiente de correlación; ED: efecto directo; EI: efecto indirecto; ER: efecto relativo (%).

Tabla 7 Correlación morfológica y coeficiente de sendero de la accesión 222

Caracteres	Promedio	Correlación (r)	Efecto Directo (P)
NRP	9.50	0.462	0.261
DTC	0.35	-0.486	-0.259
CV	116.50	0.514	0.271
HPL	39.20	0.383	0.047
PMG	0.65	-0.080	-0.012

NRP: número de ramas primarias; DTC: diámetro del tallo central (cm); CV: cobertura vegetal (cm^2); HPL: altura de la planta (cm); PMG: peso de mil granos (g).

Tabla 8 Efectos directos e indirectos de peso de mil granos versus rendimiento por planta

		r	ED	EI	ER %
ED	PMG	P5	1.000	-0.012	-3.9
EI	NRP	P1 x r51	-0.211	0.261	-0.055
EI	DTC	P2 x r52	-0.186	-0.259	0.048
EI	CV	P3 x r53	0.224	0.271	0.061
EI	HPL	P4 x r54	-0.015	0.047	-0.001
Efecto total					0.041

r: coeficiente de correlación; ED: efecto directo; EI: efecto indirecto; ER: efecto relativo (%).

Tabla 9 Correlación morfológica y coeficiente de sendero de la accesión ILLPA-INIA

Caracteres	Promedio	Correlación (r)	Efecto Directo (P)
NRP	9.25	0.519	0.318
DTC	0.38	0.479	0.524
CV	127.00	0.126	0.189
HPL	37.63	0.012	-0.298
PMG	0.74	-0.127	-0.081

NRP: número de ramas primarias; DTC: diámetro del tallo central (cm); CV: cobertura vegetal (cm^2); HPL: altura de la planta (cm); PMG: peso de mil granos (g).

Tabla 10 Efectos directos e indirectos de la cobertura vegetal versus rendimiento por planta

			r	ED	EI	ER %
ED	CV	P3	1.000	0.189		29.0
EI	NRP	P1 x r31	0.321	0.318	0.102	
EI	DTC	P2 x r32	-0.182	0.524	-0.095	
EI	HPL	P4 x r34	0.201	-0.298	-0.060	
EI	PMG	P5 x r35	0.127	-0.081	-0.010	
Efecto total					0.126	

r: coeficiente de correlación; ED: efecto directo; EI: efecto indirecto; ER: efecto relativo (%)

Tabla 13 Correlación morfológica y coeficiente de sendero de la accesión CUPI

Caracteres	Promedio	Correlación (r)	Efecto Directo (P)
NRP	9.50	0.395	0.124
DTC	0.40	0.134	-0.023
CV	149.00	0.573	0.462
HPL	38.15	0.310	0.084
PMG	0.64	-0.227	-0.119

NRP: número de ramas primarias; DTC: diámetro del tallo central (cm); CV: cobertura vegetal (cm^2); HPL: altura de la planta (cm); PMG: peso de mil granos (g).

Tabla 11 Efectos directos e indirectos de la altura de la planta versus rendimiento por planta

			r	ED	EI	ER %
ED	HPL	P4	1.000	-0.298		-45.7
EI	NRP	P1 x r41	0.159	0.318	0.051	
EI	DTC	P2 x r42	0.428	0.524	0.224	
EI	CV	P3 x r43	0.201	0.189	0.038	
EI	PMG	P5 x r45	0.036	-0.081	-0.003	
Efecto total				0.012		

r: coeficiente de correlación; ED: efecto directo; EI: efecto indirecto; ER: efecto relativo (%).

Tabla 14 Efectos directos e indirectos de diámetro del tallo central versus rendimiento por planta

			r	ED	EI	ER %
ED	DTC	P2	1.000	-0.023		-4.4
EI	NRP	P1 x r21	0.109	0.124	0.014	
EI	CV	P3 x r23	0.238	0.462	0.110	
EI	HPL	P4 x r24	0.443	0.084	0.037	
EI	PMG	P5 x r25	0.029	-0.119	-0.003	
Efecto total					0.134	

r: coeficiente de correlación; ED: efecto directo; EI: efecto indirecto; ER: efecto relativo (%).

Tabla 12 Efectos directos e indirectos de peso de mil granos versus rendimiento por planta

			r	ED	EI	ER %
ED	PMG	P5	1.000	-0.081		-12.4
EI	NRP	P1 x r51	-0.059	0.318	-0.019	
EI	DTC	P2 x r52	-0.076	0.524	-0.040	
EI	CV	P3 x r53	0.127	0.189	0.024	
EI	HPL	P4 x r54	0.036	-0.298	-0.011	
Efecto total				-0.127		

r: coeficiente de correlación; ED: efecto directo; EI: efecto indirecto; ER: efecto relativo (%).

Tabla 15 Efectos directos e indirectos de la altura de la planta versus rendimiento por planta

			r	ED	EI	ER %
ED	HPL	P4	1.000	0.084		15.9
EI	NRP	P1 x r41	0.262	0.124	0.032	
EI	DTC	P2 x r42	0.443	-0.023	-0.010	
EI	CV	P3 x r43	0.397	0.462	0.183	
EI	PMG	P5 x r45	-0.166	-0.119	0.020	
Efecto total					0.310	

r: coeficiente de correlación; ED: efecto directo; EI: efecto indirecto; ER: efecto relativo (%).

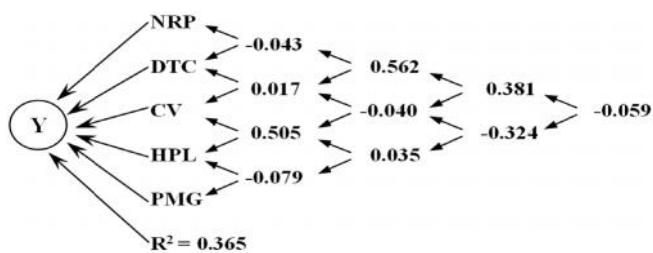
Tabla 16 Efectos directos e indirectos de peso de mil granos versus rendimiento por planta

		r	ED	EI	ER %
ED	PMG	P5	1.000	-0.119	-22.5
EI	NRP	P1 x r51	-0.131	0.124	-0.016
EI	DTC	P2 x r52	0.029	-0.023	-0.001
EI	CV	P3 x r53	-0.166	0.462	-0.077
EI	HPL	P4 x r54	-0.168	0.084	-0.014
Efecto total				-0.227	

r: coeficiente de correlación; ED: efecto directo; EI: efecto indirecto; ER: efecto relativo (%).

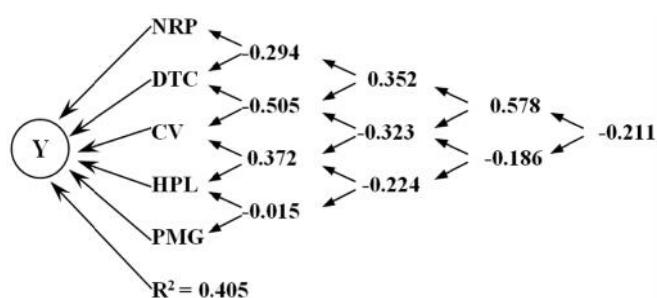
Coeficiente de determinación R^2 . En la Figura 2, el valor influyente directamente sobre el rendimiento de la planta, convertido en términos porcentuales es 36.5% de las variables en estudio.

Figura 2 Diagrama del coeficiente de sendero de la accesión 455



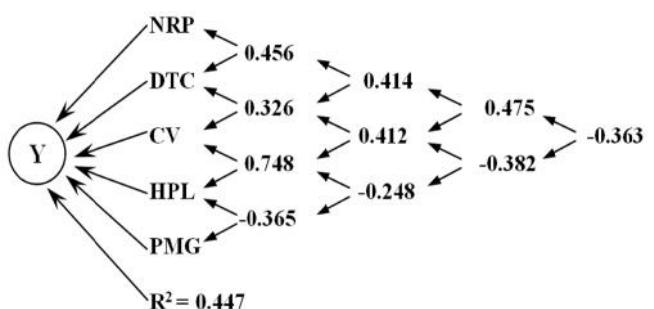
En la accesión 222, los componentes de rendimiento implicados en el rendimiento de granos de cañahua presentan el coeficiente de determinación del sistema planta un 40.5%.

Figura 3 Diagrama del coeficiente de sendero de la accesión 222



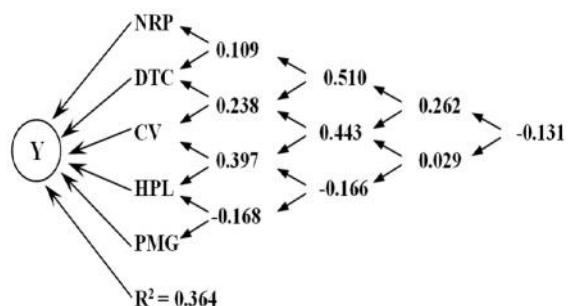
Los componentes de rendimiento que influyeron en el rendimiento de granos por planta, en la accesión ILLPA-INIA fueron de 44.7% del total.

Figura 4 Diagrama del coeficiente de sendero de la accesión ILLPA-INIA



En la accesión CUPI, los caracteres morfológicos que han logrado influir de manera directa en el rendimiento, con el 36.4%, en el rendimiento final.

Figura 5 Diagrama del coeficiente de sendero de la accesión CUPI



Discusión

Análisis descriptivo de los componentes de rendimiento. Los valores de la Tabla 1, muestran que las accesiones CUPI y 222 logran desarrollar mayor número de ramas 9.50 ramas/pl, con una variación de 6.1% y 13.6%, respectivamente. Las accesiones 472, 081 y 475 desarrollaron menor número de ramas de 8.00 ramas/pl, cuyo coefi-

ciente de variabilidad fue de 17.7%, 17.7% y 10.2%, respectivamente. Estos valores muestran una confianza de los datos analizados por presentar la variación entre la población de las plantas. Estos resultados obtenidos son mayores frente a los resultados por Flores (2006), quien obtuvo un promedio de 7.86 ramas/pl, con un coeficiente de variabilidad de 18.70%.

El desarrollo morfológico del tallo en su generalidad es holométrico, lo que le da una característica morfológica que es típica de estos cultivos. La accesión CUPI, ha logrado desarrollar mayor diámetro del tallo que las demás accesiones con 0.40 cm, con una variación de 26.2%. La accesión 432, es el que ha desarrollado menor diámetro del tallo con un promedio de 0.34 cm, con una diferenciación de 2.9%, valor que demuestra mínima variabilidad entre la población de plantas. Referente a este carácter los resultados de esta investigación son menores, frente a los resultados obtenidos por Mamani (2003), obtuvo en promedio 0.51 cm de diámetro en la accesión CUPI, con un coeficiente de variabilidad de 13.7%, en las accesiones Lasta rosada, LP1 y Saihua roja, obtuvo en promedio de 0.50 cm, 0.49 cm y 0.44 cm, cuyo coeficiente de variación fue 12%, 10.2% y 13.6%, respectivamente. A esta variación que existe en estos cultivos, atribuye a condiciones diferentes en clima, suelo y otros.

En la Fig. 1, para cobertura vegetal presenta diferencias de similitudes de acuerdo al análisis de varianza. Las plantas de la accesión CUPI logrón desarrollar mayor cobertura vegetal de 149.00 cm² en promedio, que las demás accesiones, con una coeficiente de variación de 38.1%. La accesión 472 alcanzo a desarrollar menor cobertura vegetal con un promedio de 50.50 cm², ello puede deberse

al hecho de las características del cultivo, misma que está estructurada en función de cruzas en base a un pool de características genéticas, por esta razón su coeficiente de variación es alto de 43.4%. Los resultados de este carácter (Tabla 1), muestran que existe una diferencia de la cobertura vegetal de mayor desarrollo y de menor formación de 98.50 cm², las demás accesiones se acomodan dentro los dos accesiones anteriores. Haciendo comparaciones para la variable en cuestión, Mamani (2003), obtuvo en las accesiones CUPI y Lasta rosada en promedio de 364.07 cm² y 273.18 cm², cuyo coeficiente de variación fue de 31.95 y 22.5%, respectivamente, en la accesión Saihua roja obtuvo 56.48 cm² promedio, con un coeficiente de variabilidad de 17.9%, lo que muestra la variabilidad existente en la población de las plantas, deduce que probablemente se debe a factores medioambientales y carácter genético de las plantas.

El crecimiento de la planta (Tabla 1), se puede observar con mayor crecimiento la accesión 616, alcanzando una altura promedio de 43.00 cm, con una variación de 18.1%, mientras con menor crecimiento se registró para la accesión 636, con 27.23 cm de altura, con una variabilidad de 12.6%. El crecimiento de este carácter varia en un rango de 15.77 cm de altura, entre tanto, las demás accesiones presentan alturas intermedias. Diferente, ha sido obtenido por Choquecallata (2007), alcanzó la mayor altura correspondió a la accesión Local (Saihua) de 27.2 cm de altura, en tanto, en la accesión 616 (Lasta) logró obtener menor altura con 19.9 cm. A los resultados obtenidos, el autor ha atribuido a las precipitaciones variables de cada zona y el material genético utilizado.

El carácter peso de mil granos, presenta la accesión 081 con mayor peso de 1.05 g, mientras que el mínimo se presenta para la accesión 425 con 0.57 g. Entre tanto, las demás accesiones presentan promedios intermedios (Tabla 1). En la misma Tabla, los valores de coeficiente de variabilidad enseñan que existe mínima variación en el peso de mil granos, no existen trabajos respecto para hacer comparaciones.

El rendimiento de doce accesiones de cañahua, según el análisis de varianza muestra una diferencia entre las accesiones en estudio, se puede atribuir que es consecuencia de la diversidad expresiva de los caracteres morfológicos que han influido en la formación arquitectónica de las plantas, que son notablemente variables entre accesiones. La accesión 455 es de tipo de crecimiento Saihua, ha logrado mayor rendimiento (12.28 granos/pl en promedio) que las demás accesiones con una variación de 16.6%. Con relación a bajo rendimiento fue la accesión 432, con un promedio de 4.51 granos/pl, con una variabilidad de 9.4%, valor que demuestra baja variación dentro de la población de plantas, mientras las demás accesiones presentan rendimientos intermedios de la diferencia entre las dos accesiones anteriores con un rendimiento de 7.77 granos/pl. Los resultados obtenidos por Mamani (2003), en la Estación Experimental ILLPA INIA - Puno, fueron 2.7 granos/pl mínima y 41.7 granos/pl máxima con un promedio de 8.68 granos/pl en la accesión CUPI con una variación significativa entre la población de plantas.

Selección de las accesiones con mejor rendimiento de granos por planta. Con el objetivo de seleccionar las mejores accesiones por su rendimiento, se realizó el análisis de varianza y comparaciones de medias para doce accesiones de cañahua.

El análisis de varianza (Tabla 2), muestra la diferencia estadística entre bloques y tratamientos. Probablemente, se debe de la expresión de sus caracteres que durante el crecimiento y desarrollo de las plantas, han tenido diferente influencia debido a los factores genéticos y medio ambientales, influyendo en la producción de granos por planta. El coeficiente de variación es de 23.1%, lo que implica la existencia de variabilidad en el rendimiento de granos por planta entre las accesiones en cuestión.

Según la comparación de medias (Tabla 3), las accesiones 455, 222, ILLPA-INIA y CUPI, estadísticamente son iguales ($p<0.05$), las tres últimas accesiones son iguales ($p<0.05$) con la accesión 616 y esta última accesión estadísticamente ($p<0.05$), es igual con las accesiones 472, 425, 636 y 081, y estas cuatro cultivares son iguales ($p<0.05$) con las accesiones 475, 365 y 432. Estos valores, demuestran la existencia de diferencia significativa entre las accesiones en estudio.

La selección de las accesiones superiores se realizó en base a aquellas que produjeron mayores rendimientos de granos por planta. Por tanto, el análisis de correlación y análisis de coeficiente se sendero (causa-efecto) se presenta para las accesiones 455, 222, ILLPA-INIA y CUPI (Tabla 3).

Efectos directos e indirectos en cuatro accesiones de cañahua: Efectos directos e indirectos de la accesión 455. El rendimiento de granos por planta, está asociada alta y positivamente con número de ramas primarias ($r=0.505$), cobertura vegetal ($r=0.446$) y altura de la planta ($r=0.417$), como se aprecia en la Tabla 4. Estos caracteres, permitieron a desarrollar una estructura arquitectónica de las plantas y, por lo que han influenciado directamente en la producción de granos de cañahua.

En la misma Tabla 4, se aprecia la correlación de los caracteres morfológicos son mayores a los efectos directos. Esto implica, que existe una verdadera relación entre los componentes y el rendimiento. La influencia directa de número de ramas $P=0.327$, cobertura vegetal $P=0.168$ y altura de la planta $P=0.196$. Estos caracteres del desarrollo de la planta son referentes para la selección.

El diámetro del tallo central tiene influencia directa sobre el rendimiento de granos en un nivel bajo, pero positivo de $P=0.049$. Variable peso de mil granos tiene un efecto directo negativo en un promedio de $P=-0.177$, sobre rendimiento total, este carácter no es un componente de selección directa. Respecto Vera (2004), indica los efectos negativos representan un decremento en el rendimiento total y no son componentes de selección.

La influencia indirecta de orden de importancia que expresaron con mejor coeficiente son: para número de ramas vía: cobertura vegetal ($P_{xr}=0.094$) y altura de la planta ($P_{xr}=0.075$); para diámetro del tallo central vía: peso de mil grano ($P_{xr}=0.057$); para cobertura vegetal vía: número de ramas ($P_{xr}=0.184$) y altura de la planta ($P_{xr}=0.099$); para altura de la planta vía: número de ramas ($P_{xr}=0.125$) y cobertura vegetal ($P_{xr}=0.085$), como se aprecia en la Tabla 5 y 6. Estos caracteres morfológicos son de referencia de componente de rendimiento, el cual se puede tomar en cuenta dentro los procesos de selección indirecta ya que contribuyeron positivamente en el rendimiento de granos. Para Vera (2004), los caracteres que influyen positivamente en el rendimiento, son caracteres de selección tendientes a mejorar el rendimiento, mientras los caracteres negativos no son de selección ya que acrecientan el valor del efecto directo.

Efectos directos e indirectos de la accesión 222.

En la Tabla 7, la variable dependiente está asociada con número de ramas primarias ($r=0.462$), cobertura vegetal ($r=0.514$) y altura de la planta ($r=0.383$). Y según el coeficiente de sendero, la influencia en el rendimiento de granos, cuyo efecto directo para número de ramas ($P=0.261$), cobertura vegetal ($P=0.271$) y altura de planta ($P=0.047$) son positivos, que expresan la complementariedad del sistema planta en el rendimiento de granos, que coincide con la descripción de Mamani (2003), la relación de los caracteres; altura de la planta y cobertura vegetal, en la cañahua Lasta rosada.

Los efectos indirectos en el rendimiento de granos de cañahua son: número de ramas primarias vía diámetro del tallo central ($P_{xr}=0.076$) y cobertura vegetal ($P_{xr}=0.095$); cobertura vegetal vía número de ramas ($P_{xr}=0.092$) y diámetro del tallo central ($P_{xr}=0.131$); altura de la planta vía número de ramas ($P_{xr}=0.151$), diámetro del tallo central ($P_{xr}=0.084$) y cobertura vegetal ($P_{xr}=0.101$), las otras variables involucradas no son significativas con el rendimiento de granos de cañahua (Tabla 8).

Efectos directos e indirectos de la accesión ILL-PA-INIA.

En la Tabla 9, se observa mediante el coeficiente de sendero, la influencia en el rendimiento, cuyos efectos directos para número de ramas ($P=0.318$), diámetro del tallo ($P=0.524$) y cobertura vegetal ($P=0.189$), presentan valores positivos. Además, sus coeficientes de correlación son superiores a los efectos directos, ($r=0.519$, $r=0.479$, $r=0.126$, respectivamente) esto implica, que existe una relación entre los caracteres morfológicos con el rendimiento. El coeficiente de sendero para efectos indirectos en el rendimiento de

granos (Tabla 10, 11 y 12), son: número de ramas vía diámetro del tallo central ($P_{xr}=0.182$); diámetro del tallo central vía número de ramas ($P_{xr}=0.110$); cobertura vegetal vía número de ramas ($P_{xr}=0.102$); altura de la planta vía diámetro del tallo central ($P_{xr}=0.224$), las otras variables implicadas no son significativas con el rendimiento granos.

Efectos directos e indirectos de la accesión CUPI. Según la información de la Tabla 13, los coeficientes de correlación de las variables en estudio son superiores a los efectos directos, este expresa una relación entre los caracteres morfológicos en cuestión, con el rendimiento de granos por planta. El grado de asociación entre el rendimiento de granos con número de ramas primarias, cobertura vegetal y altura de la planta son de $r=0.395$, $r=0.573$ y $r=0.310$, respectivamente. Estos tres caracteres morfológicos tienen una influencia positiva y directa de $P=0.124$, $P=0.462$ y $P=0.084$, respectivamente, sobre el rendimiento de granos de cañahua. Similar resultado ha obtenido Mamani (2003), en la accesión CUPI, en una proporción de efecto directo sobre la cobertura vegetal ($P=0.528$) y número de ramas laterales ($P=0.204$).

Los efectos indirectos en orden de importancia en el rendimiento de granos de cañahua con mayores coeficientes son: número de ramas primarias vía: cobertura vegetal ($P_{xr}=0.236$); diámetro del tallo central vía: cobertura vegetal ($P_{xr}=0.110$); cobertura vegetal vía: número de ramas primarias ($P_{xr}=0.063$); altura de la planta vía: cobertura vegetal ($P_{xr}=0.183$), (Tabla 14, 15 y 16). Estos caracteres, son de referencia para su selección indirecta ya que contribuyeron significativamente en el rendimiento de grano de cañahua, las otras variables involucradas no fueron significativas.

Coeficiente de determinación R^2 . En la accesión 455, se constituyen como componentes de rendimiento, el número de ramas primarias, cobertura vegetal y altura de la planta, que fueron los mejores caracteres morfológicos que han logrado influir de manera directa en el rendimiento, contribuyendo con 36.5%, en el rendimiento de granos, estos caracteres muestran como caracteres selectivos.

En la accesión 222, se establecen como componentes de rendimiento, número de ramas primarias, cobertura vegetal y altura de la planta, que fueron los mejores caracteres morfológicos que han logrado influir de manera directa en el rendimiento, favoreciendo con 40.5%, sobre el rendimiento final, estos caracteres muestran como componentes de selección tendientes a mejorar el rendimiento.

En la accesión ILLPA-INIA se constituyen como componentes de rendimiento, el número de ramas primarias y diámetro del tallo central. Que fueron, los excelentes caracteres que han logrado influir de manera directa en el rendimiento final, beneficiando sobre un total de 44.7%, en el rendimiento de granos por planta.

El componente factor desconocido es el que establece el rendimiento total del cultivo. El valor de determinación del sistema planta desconocido es 63.6%, y el valor de determinación que influyeron directamente en el rendimiento de granos en la accesión CUPI está expresada en un 36.4% (Figura 5). Mamani (2003), a este tipo de relación, manifiesta si bien se desarrolla y crece las plantas con buenas características, puede tener bajo relación entre variables involucrados, debido a factores desconocidos. Para estos casos, se debe tomar todas las variables posibles que involucren en el

desarrollo de las plantas, para tener exactamente cuál de las variables influye en el rendimiento final. Y relacionados con factores medio ambientales, el mismo autor recomienda realizar un estudio de análisis fenotipo-ambiente.

Conflictos de intereses

Los autores han cumplido las normas éticas de publicación, y no generan conflicto de interés en la presente investigación.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Banco Nacional de Germoplasma de Grano Altoandino, a la Estación Experimental de “ILLPA” INIA-Perú, y al Banco de Germoplasma de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto (UPEA), por proporcionarme las accesiones de Cañahua, para realizar esta investigación.

Literatura citada

Abbott L, Pistorale S, Andrés A. Evaluación de los componentes del rendimiento en semilla mediante coeficientes de sendero en poblaciones de agropiro alargado. *Agriscientia*. 2009; 26: 55-62.

Aguilar PO. Agricultura - Cultivos Andinos. Cultivo de Cañahua. Sistemas de manejo. (Manual de Agricultura). La Paz, Bolivia. 2006; 14-17 pp.

Astegiano E, Hermann M, Leurino G, Menegon J. Comportamiento de componentes de producti-

vidad y rendimiento de cultivares. *FAVE - Ciencias Agrícola*. 2003; 2: 1-2.

Choquecallata CN. Introducción y evaluación participativa de accesiones selectas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la Comunidad de Llaitani Provincia Bolívar, del Departamento de Cochabamba. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Oruro. Bolivia. 2007; 38-45 pp.

Cruz CD, Regazzi AJ. Modelos biométricos aplicados de mejoramiento genético. 2^a ed. Ed. Universidad Federal de Vicoso. Vicoso, MG, Brasil. 1997; 390 pp.

Flores CR. Evaluación preliminar agronómica y morfológica del germoplasma de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la Estación Experimental Belén. Tesis de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia. 2006; 108 pp.

Gómez CME. Estimación de los modelos de ecuaciones estructurales, del índice mexicano de la satisfacción del usuario de programas sociales mexicanos, con la metodología de mínimos cuadrados parciales. Tesis de Maestría. Universidad Iberoamericana. México. 2011; 166 pp.

Guarachi E. Balance hídrico en el cultivo de papa bajo condiciones de drenaje mixto en SukaKollo en el centro experimental Kallutaca. Tesis de Licenciatura. Universidad Pública de El Alto. La Paz-Bolivia. 2011; 20 pp.

Hurtado J. La cañahua. Importancia de los cultivos andinos. Informe de gestión de PNI - INIA. 2008.

Instituto Nacional de Estadística (INE). Estudio del valor real y potencial de la biodiversidad de los granos andinos (Quinua, Cañahua y Amaranthus en Bolivia), La Paz. 2003.

- IPGRI, PROINPA, IFAD. Descriptores para cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; International Fund for Agricultural Development, Roma, Italia. 2005; 54 pp.
- Isidro SJ. Análisis ecofisiológico y molecular del impacto de la mejora genética del trigo duro en ambiente mediterráneo sobre la formación de rendimiento y la acumulación de aminoácidos y proteínas. Tesis de Doctorado. Universidad de Granada. Granada. 2008; 225 pp.
- Kuruvadi S, Aguilera R, López B. Coeficiente de sendero para aceite y sus componentes de asociación en cártamo bajo ambientes de riego y temporal. UAAAN. México 1993; 9: 116-125.
- Little TM, Hills F. Coeficiente de correlación entre DIFDA. Evaluación de un método numérico de Pearson. México, D.F. UNAM. 1991; 73-98 pp.
- Mac Cormick TB, Paccapelo HA. Caracteres de selección indirecta para el rendimiento de grano por planta en líneas experimentales de tricepiros y triticales. J. Basic Appl Genet. 2003; 15. (Suppl 2):121-122.
- Mamani RF. Componentes de rendimiento en la producción de grano de seis cultivares de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Altiplano. Puno, Perú. 2003; 68 pp.
- Mamani RF. Efecto de la densidad en cuatro variedades de qañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el altiplano Norte. Tesis de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia. 1994; 71 pp.
- Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuaria (MACA). Superficie de producción de cultivo de cañahua. 1997.
- Mujica A, Jacobsen S, Ortiz R, Canahua A, Apaza V, Aguilar PC, *et al.* La Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la nutrición humana del Perú. UNA-Puno, Perú. 2002; 68 pp.
- Ochoa TRR. Bioestadística. Análisis de varianza. 1^a ed. La Paz, Bolivia. 2008; 16: 211-220.
- Sistema Nacional Seguimiento de la Seguridad Alimentaria y Alerta Temprana (SINSAAT). Cultivo de cañahua y producción. Hoja de balance de producción de cañahua. 2003.
- Sistema Nacional Seguimiento de la Seguridad Alimentaria y Alerta Temprana (SINSAAT). Estudio del valor real y potencial de la biodiversidad de los granos andinos (Quinua, Cañahua y Amaranto en Bolivia), La Paz. 2001.
- Sneath, Sokal. Numerical taxonomy - the principles of numerical classification. Freeman, San Francisco. 1973.
- Soto MJL, Carrasco EG. Estudio del valor real y potencial de la biodiversidad de los granos andinos (quinua, cañahua y amaranto en Bolivia). Proyecto ‘Fortalecimiento de las oportunidades de ingreso y la seguridad nutricional de los pobres rurales, a través del uso y mercadeo de especies olvidadas y subutilizadas’ (NUS-IFAD II). 2008; 53 pp.
- Tukey JW. Estadística descriptiva. USA. 2000.
- Vencovsky R, Barriga P. Genética biométrica no fitomelhoramento. SBG. Ribeirao Preto, Brasil. 1992; 496 pp.
- Vera RG. Análisis de causa y efecto entre rendimiento y sus componentes en once variedades de quinua (*Chenopodium quinua* Willd). Tesis

- de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia. 2004; 116 pp.
- Woods PA, Eyzaguirre P. La cañahua merece crecer. LEISA Revista de Agroecología. IPGRI, Roma-Italia. 2004; 32-34.
- Wright S. Correlation and causation. *J Agric Res.* 1921; 20: 557-585.
- Wright S. the theory path coefficients - a reply to niles'criticism. *Genetics.* 1923; 8: 239-255.
-