

DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO DE LA QAÑAWA DETERMINANTS OF QAÑAWA PERFORMANCE

Carlos Enrique Guzmán Delgado¹

Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia

✉ charly.guzman18@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación es el de identificar y determinar los principales factores del rendimiento de la qañawa, con la finalidad de aportar información para su mejoramiento genético posterior. Los datos fueron obtenidos del Banco Nacional de Germoplasma de Granos Alto Andinos de la localidad de Kallutaca. Mediante un análisis de regresión múltiple se seleccionaron las variables que más afectan el rendimiento de la qañawa, medida por el peso del grano. También se analizaron los coeficientes de sendero para determinar los efectos directos e indirectos de ocho variables en seis variedades de qañawa. Los resultados revelan que el número de ramas y el peso de broza son los factores más influyentes en el rendimiento de la qañawa, lo que sugiere su uso en programas de mejoramiento genético. El estudio concluye que la variación en el peso de grano está principalmente explicada por estos dos factores, lo que proporciona una base para mejorar la productividad de la especie en condiciones adversas del altiplano.

Palabras clave: Qañawa, Coeficientes de sendero, Regresión lineal

ABSTRACT

The objective of this research is to identify and determine the main factors of qañawa yield, in order to provide information for its subsequent genetic improvement. The data were obtained from the germplasm bank in the town of Kallutaca. Using a multiple regression analysis, the variables that most affect qañawa yield, measured by grain weight, were selected. Path coefficients were also analyzed to determine the direct and indirect effects of eight variables on six qañawa varieties. The results reveal that the number of branches and the weight of the brushwood are the most influential factors in qañawa yield, suggesting their use in genetic improvement programs. The study concludes that the variation in grain weight is mainly explained by these two factors, which provides a basis for improving the productivity of the species under adverse conditions of the highlands.

Keywords: Qañawa, Path coefficients, Linear regression

1. INTRODUCCIÓN

Bolivia es uno de los países con mayor biodiversidad del mundo, esto gracias a la variabilidad de condiciones topográficas, climáticas y ecológicas que posee. La biodiversidad de plantas en el altiplano de Bolivia es de vital importancia debido a su papel en la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas locales. Este ecosistema alberga una variedad única de especies adaptadas a las condiciones extremas de

altitud y clima, incluyendo una diversidad de plantas medicinales, alimenticias y ornamentales que son fundamentales para la subsistencia de las comunidades locales y la conservación de la cultura tradicional. Además, estas plantas desempeñan un papel crucial en la regulación del ciclo del agua, la protección del suelo contra la erosión y la mitigación de los efectos del cambio climático al actuar como sumideros de carbono y contribuir a la conservación de la biodiversidad a nivel global. Según CEPA

¹ Universitario de la carrera de Estadística, Universidad Mayor de San Andrés. <https://orcid.org/0009-0004-2944-6871>

(2012), la conservación y preservación de la biodiversidad de plantas en el altiplano de Bolivia es esencial para garantizar la sostenibilidad ambiental, el bienestar humano y la protección de los recursos naturales para las generaciones futuras.

Según Pinto et al. (2008), entre las especies nativas en el Altiplano se encuentra la qañawa que se cultiva entre los 3600 a 4500 m.s.n.m., en condiciones muy adversas, pero sobre todo en los alrededores del lago Titicaca. Es un grano altoandino muy importante en la alimentación de los pobladores de esta zona, donde existen cerca de 800 variedades de esta especie, conservadas en Bancos de Germoplasma administrados por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), universidades públicas y organizaciones privadas. Este grano es rico en proteínas de alta calidad, proporciona todos los aminoácidos esenciales necesarios para el cuerpo humano, lo que la convierte en una fuente completa de proteínas, crucial para la salud muscular y la función celular. Además, es una excelente fuente de fibra dietética, contribuyendo a la salud digestiva y al control del azúcar en la sangre. Su contenido en minerales como hierro, calcio y magnesio es significativo, promoviendo la salud ósea y la función metabólica. Asimismo, su riqueza en vitaminas del complejo B y vitamina E refuerza el sistema inmunológico y protege contra el estrés oxidativo.

Por la importancia que tiene este cultivo andino desde la década de los años 1970 se iniciaron colectas de semilla de diferentes ecotipos cultivados y silvestres y se conformó la colección boliviana de germoplasma de qañawa, la cual cuenta, en la actualidad con 801 variedades y forma parte del Banco de Germoplasma de Granos Alto Andinos, bajo la responsabilidad del Instituto Nacional de Innovación

Agropecuaria y Forestal (Pinto et al., 2008).

Una de las actividades realizadas con las variedades de germoplasma en los Bancos es la caracterización de sus variables de respuesta y determinar la expresión de sus caracteres que puedan ser utilizados para el mejoramiento genético mediante la selección de variables como el rendimiento, el contenido de proteína o la tolerancia a plagas y enfermedades.

En el campo del mejoramiento genético, la técnica de coeficientes de sendero es una herramienta importante para iniciar el proceso de mejoramiento de las especies vegetales. Estos coeficientes permiten identificar y comprender las relaciones entre diferentes caracteres fenotípicos, lo que ayuda a los mejoradores a seleccionar con mayor precisión las características deseables para el cultivo. Por ejemplo, mediante el análisis de coeficientes de sendero, es posible determinar qué características tienen un efecto directo o indirecto en el rendimiento o la resistencia a enfermedades de una planta, lo que orienta la selección de parentales para cruzamientos más eficaces (Espitia et al., 2008).

Además, los coeficientes de sendero proporcionan información valiosa sobre la relación entre caracteres secundarios y el rendimiento final del cultivo. Esto permite a los Fito mejoradores priorizar los rasgos que tienen una influencia significativa en la productividad o la calidad de la planta, facilitando así la creación de variedades con características mejoradas y adaptadas a diferentes condiciones ambientales o necesidades específicas de los agricultores. En resumen, los coeficientes de sendero son una herramienta indispensable para optimizar los programas de mejoramiento genético, contribuyendo a la creación de variedades vegetales más productivas, resistentes y adaptables (Espinoza, 2018).

El precursor del análisis de coeficientes de sendero en mejoramiento genético fue Karl Pearson, un destacado estadístico británico que realizó importantes contribuciones al campo de la genética y la estadística a fines del siglo XIX y principios del siglo XX. Pearson desarrolló la teoría de la correlación y estableció las bases para el análisis de coeficientes de sendero al introducir conceptos como la covarianza y la correlación respectivamente. Su trabajo sentó las bases para comprender las relaciones entre diferentes variables y cómo influyen en los resultados en el ámbito del mejoramiento genético de plantas y otros campos de la investigación científica (Espitia et al., 2008; Espinoza, 2018).

Sewall Wrigth y Ching Chung Li hicieron grandes aportes al descubrir la manera de descomponer la correlación en componentes directos y de efectos indirectos de las variables independientes sobre las variables dependientes (Abbott, 2007).

El objetivo del presente trabajo de investigación fue el de identificar los principales factores del rendimiento de la qañawa, con el propósito de identificar aquellos factores que contribuyen de manera significativa en el rendimiento total de la especie, en la localidad de Kallutaca del departamento de La Paz.

Revisión de literatura

El potencial de rendimiento de una especie vegetal, es un carácter complejo, que está influenciado por los componentes del rendimiento y estos están controlados por muchos genes, cuya expresión está influenciada fuertemente por el medio ambiente.

Los coeficientes de sendero en especies de grano altoandino como la quinua y qañawa

incluyen caracteres como el número de ramas, altura de planta y el peso de 1000 semillas. La correlación entre estos caracteres y el rendimiento de grano es importante en la selección indirecta de variedades o genotipos para su mejoramiento. Una correlación significativa y positiva entre dos caracteres sugiere que ambos pueden ser mejorados simultáneamente en un programa de selección (Espitia et al., 2008; Espinoza, 2018).

El análisis de coeficientes de sendero es una técnica estadística utilizada para descomponer la correlación total entre variables en componentes directos e indirectos. Consiste en calcular los efectos directos de las variables independientes sobre una variable dependiente, así como los efectos indirectos a través de otras variables intermedias. En otras palabras, este análisis proporciona información sobre cómo una variable influye directamente en otra y cómo influye indirectamente a través de otras variables relacionadas.

Para llevar a cabo el análisis de coeficientes de sendero, primero se calculan los coeficientes de correlación entre todas las variables de interés. Luego, se estiman los efectos directos e indirectos utilizando técnicas estadísticas apropiadas, como la regresión múltiple. Este análisis es especialmente útil en el campo del mejoramiento genético de plantas y en otras disciplinas donde es crucial comprender las relaciones entre diferentes variables. Ayuda a los investigadores a identificar qué variables tienen el mayor impacto directo en una característica o fenómeno específico, lo que facilita la toma de decisiones informadas en el diseño de estrategias de mejora y optimización. (Hair et al., 1992).

2. MÉTODOS Y MATERIALES

El análisis de coeficientes de sendero puede

considerarse como un caso especial de modelización de ecuaciones estructurales, en el que sólo se emplean indicadores individuales para cada una de las variables del modelo (Abbott et al., 2007).

Para variables dependientes se considerará la situación general donde la variable “y” se puede explicar cómo una combinación lineal de la siguiente forma:

$$y = x_1 + x_2 + \dots + x_p + \varepsilon \quad (1)$$

Luego, aplicando las propiedades de covarianza, tomando en cuenta que la $cov(x_i, \varepsilon) = 0$ y considerando que

$$r_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \sigma_j} \Rightarrow \sigma_{ij} = r_{ij} \sigma_i \sigma_j \quad (2)$$

se tendrá

$$r_{ly} = P_{ly} + r_{l,2} P_{2,y} + \dots + r_{l,p} P_{p,y} \quad (3)$$

De donde la relación entre una variable x_l y la variable y se puede descomponer en:

- Efectos directos x_l sobre y con una cantidad.

$$P_{1,y} = \frac{\sigma_1}{\sigma_y}$$

- Efecto indirecto x_l sobre y con una cantidad.

$$r_{l,2} P_{2,y}$$

- Efecto indirecto x_l sobre y vía x_p con una cantidad.

$$r_{l,p} P_{p,y}$$

En general, la relación encontrada en la fórmula (3) y entre cada una de las variables ($x_1 + x_2 + \dots + x_p$) y la variable respuesta se puede expresar en términos de efectos directos e indirectos como:

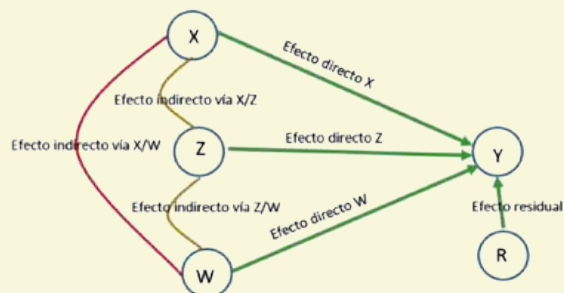
$$r_{ly} = P_{ly} + r_{l,2} P_{2,y} + \dots + r_{l,p} P_{p,y}$$

$$r_{2y} = r_{2l} P_{ly} + P_{2y} + r_{2p} P_{py}$$

$$r_{py} = r_{pl} P_{ly} + r_{p2} P_{2y} + \dots + P_{py}$$

$$r_{ey} = P_{ey}$$

Figura 1. Diagrama de sendero - Efectos Directos e indirectos para variables dependientes



Fuente: Elaboración Propia

El trabajo se realizó en la gestión agrícola 2019, en la Estación Experimental de Kallutaca de la Universidad Pública de El Alto, provincia Los Andes, Municipio de Laja, a una altitud de 3900 m.s.n.m. (Hidalgo, 2003).

Se evaluaron seis variedades de qañawa provenientes del Banco Nacional de Germoplasma de Granos Alto Andinos: L4; Acc191; Acc113; EC1; Acc183; PAC.

En el experimento no se puede saber cuál variable es importante y cual variable afecta al rendimiento. Para la evaluación estadística se utilizó el paquete INFOSAT - 2020 y Excel.

El procedimiento fue el siguiente:

Establecimiento. El terreno fue preparado con maquinaria agrícola. La unidad experimental consistió en seis surcos de cuatro metros de largo, con surcos espaciados a 0,4 [m]. La siembra se realizó a chorro continuo con una densidad de siembra de cuatro [kg * ha⁻¹].

Labores culturales. Se realizaron raleos para mantener 10 plantas por metro

lineal, deshierbes y control de plagas y enfermedades.

Evaluación. Se evaluaron ocho variables de respuesta las cuales fueron: peso de broza (PB); altura de planta (AP); diámetro de tallo (DTP); número de ramas (NR); largo de ramas (LR); diámetro de ramas (DR); cobertura foliar (CF) y se tomó el peso de grano (PG) como variable dependiente. Para esta actividad se utilizaron los descriptores para qañawa del IPGRI (IPGRI, IFAD, 2005).

El procedimiento analítico fue el siguiente:

Análisis de varianza. Con los datos obtenidos se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias de Duncan, para detectar diferencias significativas entre las variedades de qañawa.

Regresión Múltiple. Se realizó el análisis de regresión múltiple para seleccionar el modelo más adecuado, para estimar la relación entre las variables dependientes respecto a la variable independiente, mediante la selección de variables hacia atrás.

Coefficientes de sendero. Para calcular los coeficientes de sendero del rendimiento de grano de qañawa, se siguieron los siguientes pasos: Recopilación y tabulación de variables de respuesta de las accesiones; Análisis de varianza de la variable “Peso de Grano”; Análisis de correlación para determinar la relación entre pares de caracteres; construcción de las ecuaciones con base en la matriz de correlaciones entre las variables en estudio.

Diagrama de Senderos. En base a los coeficientes directos e indirectos se construyó el diagrama de senderos que muestra la relación de los caracteres y su contribución al rendimiento.

3. RESULTADOS

El análisis estadístico para los descriptores de qañawa se muestra en la Tabla 1. Para las variedades L4; Acc191; Acc113; EC1; Acc183; PAC, se evaluaron las variables de respuesta Peso de Broza (PB); Altura de Planta (AP); Diámetro de Tallo (DTP); Número de Ramas (NR); Largo de Ramas (LR); Diámetro de Ramas (DR); Cobertura Foliar (CF) y se tomó el peso de grano (PG) en gramos por planta, como variable dependiente.

Tabla 1. Medias y Coeficientes de Variación (%) de los descriptores de qañawa.

Accesión	PG		PB		AP		DTP		NR		LR		DR		CF	
	$\bar{X}$	CV	$\bar{X}$	CV	$\bar{X}$	CV	$\bar{X}$	CV	$\bar{X}$	CV	$\bar{X}$	CV	$\bar{X}$	CV	$\bar{X}$	CV
Acc113	166,7	28,6	318,9	29,7	44,4	15,0	4,2	13,5	18,1	19,8	27,5	29,2	4,1	16,9	34,6	20,8
Acc183	176,9	26,9	457,2	29,8	44,3	15,1	4,1	18,6	18,7	20,1	32,1	29,4	4,2	19,5	32,9	17,0
Acc191	176,9	26,9	457,2	29,8	44,3	15,1	4,1	18,6	18,7	20,1	32,1	29,4	4,2	19,5	32,9	17,0
EC1	183,7	27,2	311,7	27,2	45,0	12,0	4,3	12,8	19,1	19,9	25,2	26,0	4,1	12,1	35,9	16,6
L4	178,6	28,7	392,6	29,8	43,8	11,1	4,1	15,1	19,1	19,4	31,9	29,9	3,9	17,6	31,7	18,8
PAC	177,2	26,9	312,0	28,9	41,4	12,7	4,1	18,9	19,0	20,0	30,4	28,5	4,1	20,2	31,8	18,3

Fuente: Elaboración Propia

Los mayores Coeficientes de Variación se encontraron para los descriptores Peso de Broza (PB), Largo de Rama (LR) y el Peso de Grano (PG). Esto puede deberse al tipo de muestreo realizado. El secado de las muestras se realizó a campo abierto.

Análisis de varianza

La Tabla 2 muestra el Análisis de Varianza para la variable de respuesta Peso de Grano (PG) con el objetivo de establecer diferencias estadísticas entre las variedades de qañawa.

Tabla 2. Análisis de Varianza para Peso de Grano de Variedades de qañawa.

F.V.	SC	GL	CM	Fc	PR>F
Bloque	7.234	3	4.315	1.88	0.1135
Accesión	14.345	2	2.411	1.05	0.3783
Error	124.109	54	7.172	3.12	0.0522
Total	145.688	59	2.298		

Fuente: Elaboración Propia

Este análisis muestra que no existen diferencias significativas para la variable

“Peso de Grano”, entre variedades de qañawa. Esto puede deberse a que este material genético pertenece a una región con poca variabilidad edafoclimática y muestran poca variabilidad morfológica. Por tanto, se realizó un solo análisis de coeficientes de sendero representativo para todas las variedades de qañawa.

Análisis de regresión múltiple

Se realizó el análisis de regresión múltiple con los descriptores de la especie, considerando las siguientes variables independientes o regresoras: Peso de Broza (PB); Altura de Planta (AP); Diámetro de Tallo (DTP); Número de Ramas (NR); Largo de Ramas (LR); Diámetro de Ramas (DR); Cobertura Foliar (CF) y se tomó el Peso de Grano (PG) en gramos por planta, como variable dependiente. Para seleccionar el modelo más adecuado se seleccionó el modelo mediante el método “Eliminación hacia atrás o *Backward elimination*”, con un valor de probabilidad (*p*-valor) de 0,005 como máximo valor para retener las regresoras en el modelo.

Los coeficientes de regresión y estadísticos asociados fueron los siguientes:

Tabla 3. Coeficientes de regresión y estadísticos del Modelo de Regresión

COEFICIENTE	Estimador	Error Estandar	Limite inferior (95%)	Limite Superior (95%)	p_valor
Constante	-45,00	29,63	-103,69	13,68	0,1315
Peso de Broza	0,11	0,03	0,04	0,17	0,0017
Numero de Ramas	6,98	1,12	4,77	9,19	0,0001
Cobertura Foliar	1,64	0,53	0,60	2,69	0,0023

Fuente: Elaboración Propia

De las siete variables de respuesta analizadas mediante la regresión múltiple, los que más influyeron en el peso de grano de qañawa fueron el Peso de Broza (PB); el Número de Ramas (NR) y la Cobertura Foliar (CF).

Coeficientes de sendero.

Con base a las ecuaciones y con el método desarrollado por Wrigth (1921) se calcularon los coeficientes de sendero directos e indirectos.

Las ecuaciones en base a las correlaciones de Pearson se establecen mediante el siguiente conjunto de ecuaciones. Reemplazando los valores de correlación entre las variables de respuesta estudiadas se obtuvo el siguiente sistema de ecuaciones:

$$0,62392 = P_{PB/PG} + 0,5612P_{NR/PB} + 0,028P_{CF/PB}$$

$$0,60153 = 0,5612P_{PB/PG} + P_{NR/PB} - 0,343P_{CF/PB}$$

$$0,04346 = 0,0282P_{PB/PG} + -0,343P_{NR/PB} + P_{CF/PB}$$

La solución de este sistema de ecuaciones proporciona los efectos directos. Para calcular los efectos indirectos se procede de la siguiente manera.

Tabla 4. Efectos directos e indirectos sobre el Peso de Grano (PG)

Rendimiento Peso Grano (PG)	Efectos Directos	Efectos indirectos via:		
	ρ	(PB)	(NR)	(CF)
Peso de Broza (PB)	0,355		0,263	0,005
Número de Ramas (NR)	0,469	0,263		-0,067
Cobertura Foliar (CF)	0,194	0,005	-0,067	

Fuente: Elaboración Propia

Peso de Broza (PB) vs Peso de grano (PG).

Efecto directo $\rho_{PB} = 0,355$

Efecto indirecto vía NR = $\rho_{NR} * r_{PB/NR} = 0,2632$

Efecto indirecto vía CF = $\rho_{CF} * r_{PB/CF} = 0,0055$

Número de Ramas (NR) vs Peso de grano (PG).

Efecto directo $\rho_{NR} = 0,4689$

Efecto indirecto vía PB = $\rho_{PB} * r_{PB/NR} = 0,2632$

Efecto indirecto vía CF = $\rho_{CF} * r_{CF/NR} = -0,0668$

Cobertura Foliar (CF) vs Peso de grano (PG).

Efecto directo $\rho_{CF} = 0,1945$

Efecto indirecto vía PB = $\rho_{PB} * r_{PB/CF} = 0,0055$

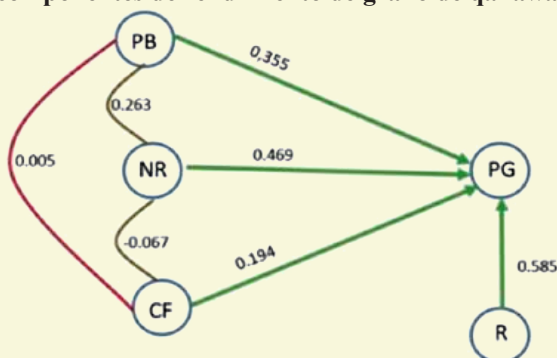
Efecto indirecto vía NR = $\rho_{NR} * r_{NR/CF} = -0,0668$

En la Tabla 4 se muestra la matriz de efectos

directos e indirectos de los descriptores Peso de Broza (PB); Número de Ramas (NR) y Cobertura Foliar (CF) sobre el Peso de Grano (PG) de qañawa.

Los efectos directos e indirectos se plasman en el siguiente diagrama de senderos.

Figura 2. Diagrama de senderos para componentes de rendimiento de grano de qañawa.



Fuente: Elaboración Propia

Según la Figura 2, los efectos directos más importantes sobre el peso de grano de qañawa son el Número de Ramas ($\rho = 0,469$) y el Peso de la Broza ($\rho = 0,355$); en menor proporción la Cobertura Foliar ($\rho = 0,194$). Estas variables pueden ser utilizadas en procesos de mejoramiento genético para incrementar el peso de grano de la especie.

El Número de Ramas (NR) tiene un efecto indirecto positivo vía la variable Peso de Broza (PB) ($\rho = 0,263$) lo cual indica que mientras mayor el número de ramas mayor será el Peso de Broza y por consiguiente se tendrá mayor Peso de Grano por planta. El Número de Ramas (NR) tiene un efecto indirecto negativo vía cobertura foliar (CF) ($\rho = -0,067$). Este valor indica que a mayor Número de Ramas y menor Cobertura Foliar mayor será el peso de grano por planta.

El Peso de Broza (PB) tiene un efecto indirecto positivo muy reducido ($\rho = 0,005$) vía Cobertura Foliar (CF), en este caso el Peso de Broza tendrá un efecto mayor en

el peso de grano de qañawa y su aporte vía Cobertura Foliar será poco significativo.

El efecto directo del residual (R) ($\rho = 0,585$) indica que el Peso de Grano (PG) no se encuentra explicado en su totalidad por los descriptores en estudio y existen otros descriptores no considerados en la presente investigación.

4. DISCUSIÓN

Al respecto, Mayta et.al (2015) después de realizar la evaluación de doce variedades de qañawa encontró que para la accesión de qañawa 455 los componentes de rendimiento principales fueron el número de ramas, cobertura vegetal y la altura de planta. Asimismo, para la accesión ILLPA-INIA, proveniente del Perú, los componentes principales fueron el número de ramas, y el diámetro de tallo.

Los resultados obtenidos por Mayta et al. (2015) coinciden con los obtenidos en la presente investigación respecto a los componentes de rendimiento directo correspondientes al Número de Ramas (NR) y la Cobertura Foliar (CF).

5. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos mediante la investigación realizada se llegaron a las siguientes conclusiones.

El análisis de varianza de la variable peso de grano, para las 6 variedades de qañawa provenientes del Banco de Germoplasma Nacional no muestra significación entre variedades de la especie, por tanto, se realizó un solo análisis de coeficientes de sendero representativo para las seis accesiones.

- Mediante un análisis de regresión múltiple se seleccionaron las variables

que más afectan a la variable dependiente Peso de Grano.

- Con las variables seleccionadas mediante el modelo de regresión múltiple se realizó un análisis de coeficiente de sendero y se encontró que el Número de Ramas y el Peso de Broza tienen efectos directos de ($\rho = 0,469$) y ($\rho = 0.355$), respectivamente y en menor proporción la Cobertura Foliar con un valor de ($\rho = 0,194$). Estas variables pueden usarse en procesos de mejoramiento genético del Peso de Grano de la qañawa.
- El Número de Ramas tiene efecto indirecto positivo vía Peso de Broza, así como efecto indirecto negativo vía Cobertura Foliar.
- El Peso de Broza tiene efecto indirecto

positivo muy reducido vía Cobertura Foliar, considerado poco significativo.

- Finalmente, la variación del Peso de Grano de las seis variedades de qañawa evaluados en la localidad de Kallutaca, esta explicada por la relación lineal del Número de Ramas, Peso de Broza y Cobertura Foliar, los efectos directos más importantes sobre el Peso de Grano fueron el Número de Ramas y el Peso de Broza. El efecto indirecto más importante fue el Número de Ramas vía el Peso de Broza.

CONFLICTO DE INTERESES

El autor declara que no tiene conflicto de intereses con respecto a la publicación de este documento.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Wikipedia - Biodiversidad de Bolivia: https://es.wikipedia.org/wiki/Biodiversidad_de_Bolivia

CEPA Oruro - La importancia de la biodiversidad en Bolivia: proteger y conservar es un deber: <https://cepaoruro.org/la-importancia-de-la-biodiversidad-en-bolivia-protger-y-conservar-es-un-deber-19-07-12/>

Sitio Oficial del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz - Biodiversidad - Capítulo 2 Flora y Vegetación: <http://sitservicios.lapaz.bo/biodiversidad/capitulo-2-flora-y-vegetacion/>

Azafrán Bolivia - Propiedades y beneficios de la cañahua: <https://azafranbolivia.com/?p=22659>

Webconsultas - Kañiwa o cañihua, qué es, propiedades y valor nutricional:

<https://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/alimentos-saludables/que-es-la-kaniwa-propiedades-y-composicion-nutricionales>

Fructus Terrum - La Cañihua, un superalimento con múltiples-propiedades: <https://www.fructusterrum.com/la-canihua-un-superfood-con-multiples-propiedades/>

Pinto M, Rojas W, Soto J.L. (2008) Ficha técnica de la variedad cañahua Illimani, Fundación PROINPA. Regional Altiplano. La Paz. Bolivia.

Espitia, M. Vargas, L. Martinez, G. (2008). Análisis de sendero para algunas propiedades del fruto de Maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 11(2), 131-140.

- <https://doi.org/10.31910/rudca.v11.n.2.2008.630>
- Espinoza Romano, V. Construcción y análisis de los coeficientes de sendero. *RevActaNova*. [online]. 2018, vol.8, n.4, pp.517-535. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892018000200002&lng=es&nrm=i so>. ISSN 1683-0789.
- Abbott L., Pistorale, S, y Filippini, O. (2007). Análisis de coeficientes de sendero para el rendimiento de semillas en *Bromus catharticus*. *Ciencia e investigación agraria*, 34(2), 141-149. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202007000200007>
- Quispe-Choque, G. y Huanca-Alanoca, N. (2023). Análisis de correlación y coeficientes de sendero para componentes de rendimiento en nueve líneas experimentales de tomate. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 14(2), 26-35. Epub 31 de agosto de 2023. <https://doi.org/10.36610/j.jsars.2023.140200026>
- Wright, S. (1921) Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*. 20(7):557-85 Recuperado de: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1706123>
- Hair JF. Anderson RE. Tatham RL. Black W. (1992). *Multivariate data analysis*. MacMillan Publishing Company. New York. United States.
- Hidalgo R. (2003). Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. En: Franco L., e Hidalgo (eds.) *Análisis estadístico de datos*. IPGRI. Roma, Italia. Pp 2-27.
- SENAMHI (2018) Boletín de predicción 02-2018. <http://www.senamhi.gob.bo>
- Mayta A. Marza, F. Rojas F. Sainz, H Mendoza, V. Evaluación agromorfológica y análisis de componentes de rendimiento en doce variedades de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *J.Selva Andina Biosph*. 2015; 3(2): 58-74