



**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO**  
**RECTORADO - VICERRECTORADO**  
**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**



**REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**Nº 07/2024**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN, EXTENSIÓN**  
**AGRÍCOLA Y POSGRADO (IINEAP)**

# **BIÓSFERA**





UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
RECTORADO – VICERRECTORADO  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN, EXTENSIÓN AGRÍCOLA Y POSGRADO  
(IINEAP)



# Biósfera

El Alto – Bolivia  
2024

# UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

.....

Dr. Carlos Condori Titirico  
**RECTOR**

Dr. Efrain Chambi  
**VICERRECTOR**

Dr. Antonio López Andrade Ph.D.  
**DIRECCION DE INVESTIGACION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

Lic. M.V.Z. Juan Álvarez Aduviri  
**DECANO ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

Ing. Daniel Condori Guarachi  
**DIRECTOR CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

M.Sc. Ing. Pedro Mamani Mamani  
**COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN, EXTENSIÓN AGRÍCOLA Y POSGRADO**

## **COMITÉ REVISOR**

Dr. Francisco Mamani Pati Ph.D.  
Dr. Francisco Flores Lopes Ph.D.

## **JEFE EN EDITOR**

M.Sc. Ing. Pedro Mamani Mamani  
Ing. Irineo Villalobos Apaza

## **IMPRESIÓN Y DISEÑO**

Creaciones PROGRAFIC  
Calle Santa Lucia entre Av. Juan Pablo II N° 2030.  
Villa Tunari  
Cel. 67066679 – 67083231  
La Paz, El Alto – Bolivia

## **NÚMERO DE DEPÓSITO LEGAL**

4-3-80-12 P.O.

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza  
Teléfonos: (591-2) 2-115231 / (591-2) 2-844177  
Fax: (591-2) 2-845800  
[www.upea.edu.bo](http://www.upea.edu.bo)  
El Alto – Bolivia

Los artículos científicos publicados en esta revista son de responsabilidad de cada autor

# PRESENTACIÓN

.....

Con gran entusiasmo y orgullo, presentamos la séptima edición de la Revista de Ciencia y Tecnología “Biósfera” N° 7/2024, una publicación emblemática de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto. Desde sus inicios, “Biósfera” ha sido un faro de conocimiento y una ventana a la innovación en el ámbito de la agronomía y las ciencias afines. En esta edición, continuamos nuestro compromiso de explorar, divulgar y fomentar el progreso científico y tecnológico en beneficio de la sostenibilidad y el bienestar de nuestro entorno.

La agricultura y la gestión de recursos naturales desempeñan un papel crucial en el sostenimiento de la vida en nuestro planeta. La Carrera de Ingeniería Agronómica se enorgullece de liderar la búsqueda de soluciones innovadoras para los desafíos que enfrenta nuestra sociedad, desde la seguridad alimentaria y la conservación de la biodiversidad hasta la gestión eficiente de recursos hídricos y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles.

En “Biósfera” N° 7/2024, hemos reunido una amplia variedad de contribuciones de expertos, académicos y profesionales en el campo de la ingeniería agronómica. Cada artículo representa un esfuerzo significativo de investigación y reflexión, y aborda cuestiones de gran relevancia para nuestro tiempo. Exploramos temas que van desde la mejora genética de cultivos y la gestión de suelos hasta la aplicación de tecnologías emergentes en la agricultura, con un enfoque en la promoción de prácticas sustentables y la conservación de nuestros ecosistemas.

Nuestra revista no solo busca ser una fuente de conocimiento, sino también un foro de diálogo y colaboración. Invitamos a académicos, estudiantes y profesionales a unirse a nosotros en el esfuerzo continuo de impulsar la investigación y la innovación en la ingeniería agronómica. Juntos, podemos abordar los desafíos actuales y futuros que afectan a nuestra biosfera, promoviendo un equilibrio entre la producción agrícola, la conservación del entorno y el bienestar de las comunidades.

Queremos expresar nuestro agradecimiento a todos los autores que han contribuido a esta edición, así como a los revisores, editores y colaboradores que han hecho posible la realización de esta revista. Esperamos que los lectores encuentren en estas páginas una fuente de inspiración, conocimiento y soluciones prácticas para los desafíos que enfrenta nuestra biosfera. Bienvenidos a “Biósfera” N° 7/2024.

**Dr. Antonio S. López Andrade Ph. D.**

**DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO**



# PRÓLOGO

.....

El Instituto de Investigación, Extensión Agrícola y Posgrado (IINEAP) tiene la responsabilidad y capacidad de generar investigaciones que contribuyan al desarrollo socioeconómico productivo, ofreciendo soluciones tecnológicas enmarcadas en el Plan Estratégico y las líneas de investigación de la Carrera de Ingeniería Agronómica.

La investigación científica es un elemento fundamental en la producción de conocimiento, y la culminación de este proceso se alcanza con la publicación del trabajo realizado. Los artículos científicos representan el último eslabón de la investigación, consolidando sus resultados. Este orden de competencias sitúa a la investigación como el primer paso en el proceso de innovación. Por ello, docentes y estudiantes investigadores de la Carrera de Ingeniería Agronómica encuentran en la Revista de Ciencia y Tecnología BIÓSFERA un espacio formal para la publicación y difusión de sus hallazgos, contribuyendo así a la generación de conocimiento válido y reconocido por la comunidad científica.

Es importante reconocer y elogiar a este grupo de profesionales y docentes, ya que el resultado de la Revista de Ciencia y Tecnología BIÓSFERA refleja su dedicación, esfuerzo y compromiso en cada uno de los artículos, transmitiendo valiosos hallazgos y experiencias. A ellos, les rendimos un merecido homenaje, aplaudiendo tan encomiable labor. Apreciamos el trabajo de todos los involucrados, quienes aconsejaron, sugirieron, motivaron, acompañaron y revisaron cada contribución. Asimismo, agradecemos a las autoridades de la Carrera de Ingeniería Agronómica y del Área de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Recursos Naturales, por su continuo apoyo a este tipo de iniciativas, y extendemos nuestro agradecimiento al Comité Revisor de la revista BIÓSFERA por su valioso trabajo.

En este contexto, la séptima edición de la Revista de Ciencia y Tecnología BIÓSFERA reúne una serie de artículos científicos que representan un valioso aporte al conocimiento agropecuario, alineados con las diversas líneas de investigación de la Carrera de Ingeniería Agronómica.

Deseamos que el resto del cuerpo docente y los profesionales de la carrera de Ingeniería Agronómica se unan a futuras ediciones y colaboren en el enriquecimiento de esta publicación oficial del Instituto de Investigación, Extensión Agrícola y Posgrado (IINEAP) de la Universidad Pública de El Alto.

**M.Sc. Ing. Pedro Mamani Mamani**  
**COORDINADOR**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN, EXTENSIÓN AGRÍCOLA Y POSGRADO**



# CONTENIDO

|                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| SELECCIÓN PARTICIPATIVA DE CLONES DE ISAÑO ( <i>Tropaeolum tuberosum</i> ) PARA PRODUCTIVIDAD Y APTITUD DE USO .....                                                                        | 9  |
| EL ALUMINIO SOLUBLE: FACTOR LIMITANTE DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SUELOS DEL MUNICIPIO DE CARANAVI .....                                                                                     | 19 |
| EVALUACIÓN DE TRES DIETAS ARTIFICIALES PARA LA CRÍA MASIVA DE <i>Helicoverpa quinoa</i> (Lepidóptera: Noctuidae), PLAGA DE LA QUINUA, BAJO CONDICIONES CONTROLADAS .....                    | 31 |
| IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y CALIDAD DE KISWARA ( <i>Buddleja coriacea</i> ) .....                                                                    | 41 |
| ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA SUPERFICIE QUEMADA POR INCENDIOS FORESTALES Y CHAQUEOS EN LA PAZ - BOLIVIA .....                                                                               | 51 |
| INTERACCIÓN DE MICORRIZAS CON ABONOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCTIVIDAD DEL TOMATE CHERRY ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Miller) BAJO AMBIENTE ATEMPERADO EN LA COMUNIDAD DE CUNU CUNU ..... | 61 |
| EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICO - REPRODUCTIVAS DE LLAMAS MACHOS ( <i>Lama glama</i> ) DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRES DE MACHACA .....                                           | 71 |
| EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE FIBRA DE ALPACA ( <i>Vicugna pacos</i> ) ENTRE SEXOS, CATEGORÍAS Y COLORES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL QUIMSACHATA DEL INIA, PUNO - PERÚ .....     | 81 |

CARACTERIZACIÓN DE 50 ACCESIONES DE CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE KALLUTACA ..... 89

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE CUATRO VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) CON LA APLICACIÓN DE MULCH DE COCA (*Erythroxylum coca*) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA UPEA .....99

EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE FACTORES ADVERSOS EN TRES ÉPOCAS DE SIEMBRA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE CULTIVOS ANDINOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA ..... 109

# SELECCIÓN PARTICIPATIVA DE CLONES DE ISAÑO (*Tropaeolum tuberosum*) PARA PRODUCTIVIDAD Y APTITUD DE USO

Participatory selection of isaño clones (*Tropaeolum tuberosum*) for  
productivity and fitness for use

Nina Tito, Gaby Pamela<sup>1</sup>, Condori Ali, Paulino Bruno<sup>2</sup>, Chavez Vino, Soledad<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Investigador de la Carrera Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto.

aby.pamel@gmail.com

<sup>2</sup> Docente de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, La Paz - Bolivia.

## Resumen

Las comunidades andinas, conservaron la diversidad genética de tubérculos andinos por generaciones. Sin embargo, el futuro del isaño como cultivo es incierto debido al desinterés del mercado y la disminución de su producción como autoconsumo familiar. La participación activa de los agricultores en la investigación es esencial para promover el intercambio de conocimientos e impulsar en su producción. Por tanto, se aplicó la metodología de selección participativa para analizar la productividad y aptitud de uso de clones de isaño (*Tropaeolum tuberosum*). Durante la gestión agrícola 2020-2021, se implementó la metodología de selección participativa en la Estación Experimental de Kallutaca, evaluando 8 accesiones de isaño con variabilidad morfológica. La accesión ACC 011, mostró un rendimiento superior, alcanzando 23,03 t/ha, seguida de ACC 039 con 10,52 t/ha. Los criterios de selección durante la cosecha incluyeron cantidad, color, tamaño y forma de los tubérculos, donde destacó la ACC 011. En la etapa de pos cosecha los criterios de selección fueron: la sanidad, tamaño y número de ojos, donde destacó la ACC 059 obteniendo la mayor preferencia. Adicionalmente, se realizaron pruebas organolépticas de subproductos alimenticios como: thayacha, fresco y mermelada de isaño. Se evidenció que la selección participativa es muy activa con los colaboradores promoviendo el interés en la productividad y en el conocimiento de subproductos a base de isaño.

## Palabras clave:

Rendimiento, *Tropaeolum*, preferencia, subproductos.

## Abstract

Andean communities have conserved the genetic diversity of Andean tubers for generations. However, the future of isaño as a crop is uncertain due to the market's lack of interest and the decrease in its production for family consumption. The active participation of farmers in research is essential to promote the exchange of knowledge and boost their production. Therefore, the

participatory selection methodology was applied to analyze the productivity and aptitude for use of isañ clones (*Tropaeolum tuberosum*). During the 2020-2021 agricultural management, the participatory selection methodology was implemented at the Kallutaca Experimental Station, evaluating 8 isañ accessions with morphotypic variability. The accession ACC 011 showed a superior yield, reaching 23.03 t/ha, followed by ACC 039 with 10.52 t/ha. The selection criteria during the harvest included quantity, color, size and shape of the tubers, where ACC 011 stands out. In the post-harvest stage, the selection criteria were: health, size and number of eyes, where ACC 011 stands out. 059 obtaining the highest preference. Additionally, organoleptic tests were carried out on food byproducts such as: thayacha, fresh and isañ jam. It was evident that participatory selection is very active with collaborators promoting interest in productivity and knowledge of isañ-based byproducts.

### Keywords:

Yield, *Tropaeolum*, preference, by-products

### Introducción

Las comunidades andinas preservan la diversidad genética debido al conocimiento tradicional relacionado con el cultivo de isañ (*Tropaeolum tuberosum*), apreciado por sus múltiples usos. Este cultivo se encuentra distribuido geográficamente desde Colombia hasta Bolivia, en altitudes que varían entre los 1500 y 4200 msnm en zonas de clima frío (Aruquipa et al., 2016).

Según Grau et al. (2003), citado por Pacheco, (2015), señala que el futuro del isañ es incierto. Aunque el isañ cuenta con características de rusticidad, resistencia a plagas y alta productividad con pocos insumos, estos atributos no parecen bastar para revertir el desinterés del mercado y el abandono de su producción en el campo, siendo cultivado actualmente de forma marginal. (Aruquipa et al., 2016).

Perú es el principal productor

de isañ, con 7,000 hectáreas cultivadas, mientras que en Bolivia la superficie no supera las 100 hectáreas y en Ecuador apenas alcanza las 50 hectáreas (Apaza, 2021). En Bolivia, el isañ se cultiva en pequeñas parcelas junto a otros cultivos, principalmente para autoconsumo familiar (Manrique et al., 2013). Este cultivo está en manos de agricultores con conocimiento tradicional, experiencia y una comprensión profunda sobre el manejo del isañ (Aruquipa et al., 2016).

La participación activa de los agricultores facilita el intercambio de conocimientos, y la selección participativa ha contribuido a mejorar tanto la calidad como la cantidad de la producción mediante la comunicación de los resultados obtenidos (Lane, 2008).

El isañ se utiliza como ingrediente

en sopas, frituras, sancochados, mermeladas, dulces, postres, pan y en la preparación de thayacha, una versión del isaño que se congela al ser cocido en agua y expuesto a una noche de invierno (Beltrán & Mera, 2013-2014; Aruquipa et al., 2016). También se emplea para extraer almidón (Quispe, 2018) y como alimento para cerdos (Dilas & Ascurra, 2020).

Al isaño se le reconocen propiedades antimicrobianas y anticancerígenas (Aire-Artezano et al., 2013; Cruz et al., 2017, citados en Flores et al., 2020). En la medicina fitoterapéutica, se utiliza para el tratamiento del cáncer de próstata (Pichazaca & Solano, 2022) y como inhibidor sexual (Vásquez et al., 2012, citado en Junes, 2017). También es empleado en medicina popular para tratar enfermedades del hígado, riñones y de transmisión sexual (Mamani, 2018) y en la producción de antibióticos efectivos contra *Candida albicans*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus* (Quelal, 2012, citado en Flores, 2015). Además, se ha innovado en cosmetología para prevenir manchas solares y micosis fúngicas (Castillo et al., 2019).

Con los antecedentes expuestos, el presente trabajo de investigación planteó aplicar la metodología de selección participativa para la productividad y analizar la aptitud de uso de clones de isaño (*Tropaeolum tuberosum*), e identificar criterios de selección por agricultores y colaboradores, en la etapa de cosecha y pos cosecha.

### Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en la Estación Experimental de Kallutaca

dependiente de la Universidad Pública de El Alto, perteneciente al Municipio de Laja, campaña 2020 – 2021, donde se conformó tres bloques, cada uno compuesto por ocho unidades experimentales, en cada una se sembró una accesión de isaño (*Tropaeolum tuberosum*), con mayor variabilidad morfológica. Las accesiones evaluadas fueron: ACC 039, ACC 059, ACC 030, ACC 011, BOL 6432, BOL 6688, BOL 6265 y BOL 6079.

La selección participativa en cosecha, se realizó por agricultores y estudiantes con conocimiento en tubérculos del isaño. En esta etapa se realizó: la evaluación estándar de rendimiento, la recopilación y priorización de los criterios de selección de los mejores clones (Haan et al., 2017). Selección mediante formularios individuales en categoría de preferencia como: 1ra a la más preferida y 8va a la menos preferida.

La evaluación organoléptica se efectuó tras la cosecha, siguiendo la guía de selección participativa (Haan et al., 2017), utilizando una escala hedónica de 5 puntos para medir los niveles de aceptación o preferencia en tres productos derivados de las accesiones de isaño: thayacha, refresco y mermelada. La evaluación y selección participativa se realizó a los 90 días post-cosecha, comenzando con una evaluación estándar en la que se recogieron criterios mediante una lista libre. Luego se seleccionaron los mejores clones en almacenamiento, los cuales se clasificaron en formularios individuales, donde la posición 1 indicaba la mayor preferencia y la posición 8 la menor.

Con la información obtenida de las muestras y la selección participativa, se realizó el análisis de varianza, prueba de Tukey al 5% y análisis de componentes principales Biplot en el programa InfoStat versión 2008.

Resultados y discusiones

Tabla 1

Estadística descriptiva de características agronómicas y de componentes de rendimiento de las accesiones de isaño

| Abr.       | Media  | DE     | Asimetría | Curt. | Min.  | Máx.   |
|------------|--------|--------|-----------|-------|-------|--------|
| AP (cm)    | 23,18  | 5,16   | 0,598     | -0,38 | 15,4  | 34,2   |
| BFF (g)    | 15,25  | 6,31   | 0,37      | 0,02  | 4,4   | 28,8   |
| BSF (g)    | 13,93  | 6,01   | 0,38      | -0,06 | 4,19  | 27,26  |
| NTC        | 10     | 3,87   | 0,2       | -0,79 | 4     | 18     |
| PTC (g)    | 138,81 | 104,4  | 1,29      | 1,07  | 25,25 | 417,12 |
| NTT        | 14     | 4,49   | 0,1       | -0,75 | 6     | 24     |
| PTT (g)    | 154,61 | 102,69 | 1,44      | 1,42  | 35,93 | 439,8  |
| BFT (g)    | 154,61 | 102,69 | 1,44      | 1,42  | 35,93 | 439,8  |
| BST (g)    | 18,94  | 18,28  | 2,37      | 4,25  | 3,99  | 80,54  |
| %MST       | 11,34  | 3,13   | 3,12      | 9,25  | 8,27  | 23,95  |
| BSTOT (g)  | 32,88  | 21,99  | 1,8       | 2,17  | 10,68 | 98,25  |
| REN (t/ha) | 9,28   | 6,16   | 1,44      | 1,42  | 2,16  | 26,39  |

Dónde: Abr., es abreviación, y DE. es Desviación estándar, Curt. es Curtosis, Min es mínimo y Max es máximo. Altura de planta (AP), Biomasa fresca de follaje (BFF), Biomasa seca de follaje (BSF), Número de tubérculos comerciales (NTC), Peso de tubérculos comerciales (PTC), Número total de tubérculos (NTT), Peso total de tubérculos (PTT), Biomasa fresca de tubérculos

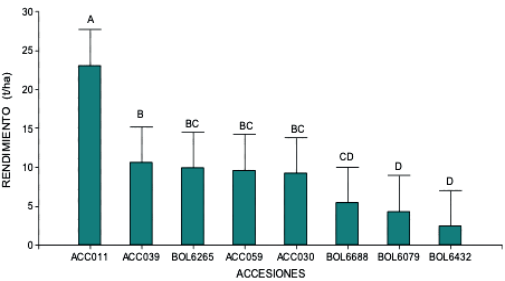
(BFT), Biomasa seca de tubérculos (BST), % Materia seca de tubérculos (%MST), Biomasa seca total (BSTOT) y Rendimiento (REN).

Las características agronómicas del isaño se destacan por su desempeño en campo: la altura de planta (AP) alcanzó un promedio de 23.18 cm; el número de tubérculos por planta (NTC) fue de 10 en promedio; el peso promedio de los tubérculos comerciales (PTC) fue de 138.81 g; el número total de tubérculos (NTT) osciló entre 6 y 24, con un promedio de 14 tubérculos; y el peso total de tubérculos (PTT) varió entre 35.93 g y 439.8 g, promediando 154.61 g. El porcentaje de materia seca total (%MST) estuvo entre 8.27 % y 23.95 %, con un promedio de 11.34 %. El rendimiento (REN) fue de 2.16 t/ha a 26.39 t/ha, con un promedio de 9.28 t/ha. Estos datos indican que el isaño puede alcanzar un rendimiento máximo de hasta 55 t/ha en la producción de tubérculos frescos (Condori et al., 2008).

Rendimiento

Figura 1

Prueba de Tukey en la variable Rendimiento del cultivo



En la Figura 1, muestra diferencias estadísticamente significativas en la

accesión ACC 011 con un rendimiento de 23,03 t/ha, la ACC 039 con 10,52 t/ha, las accesiones BOL6265, ACC 059 y ACC 030, entre 9,84 y 9,17 t/ha, la BOL6688 con 5,36 t/ha, las accesiones BOL6079 y BOL6432, con 4,30 y 2,42 t/ha, respectivamente.

El isaño puede alcanzar los mayores rendimientos entre los tubérculos andinos, llegando hasta 55 t/ha (Condori et al., 2008).

En el ensayo, se obtuvo un rendimiento de 26.39 t/ha. La accesión ACC 011 mostró un rendimiento promedio de 23.03 t/ha, mientras que la ACC 039 presentó un promedio de 10.52 t/ha. Estos resultados se comparan con los datos de Mamani (2018), que reportan rendimientos de 12.9 t/ha hasta 47.5 t/ha en el isaño. Con el uso de bioestimulantes, se logró un rendimiento de 17.33 t/ha en la primera categoría del isaño, y entre 5 y 3.67 t/ha en la tercera categoría (Chamorro, 2017). Comparando estos datos con los del ensayo, se observa que los resultados son similares y estadísticamente significativos en esta investigación.

### Selección participativa al momento de la cosecha

La evaluación estándar del rendimiento constó de contar la cantidad de tubérculos cosechados y el peso de los tubérculos de isaño por plantas al momento de la cosecha. Destacando la accesión ACC 011, que muestra un rendimiento de 23,03 t/ha.

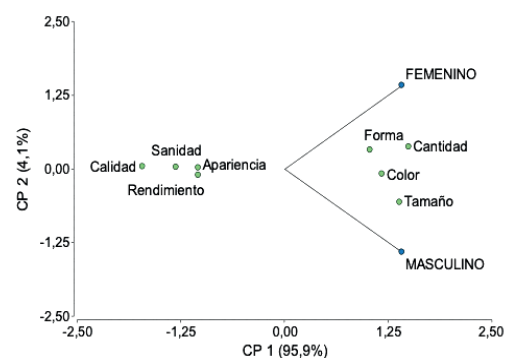
### Recopilación y priorización de los criterios de selección al momento de la cosecha

Se recopiló los criterios de los colaboradores abordando los rasgos y características consideradas ideales. Donde se presenta que, el criterio de cantidad resaltó con 24% de preferencia, seguido del tamaño de los tubérculos con un 23%, el color de los tubérculos con un 21%, mientras que la forma del tubérculo fue considerada con un 20%, los criterios de apariencia y rendimiento recibieron un 5% de preferencia cada uno, y el criterio de sanidad un 3%, y la calidad solo fue mencionada.

En la Figura 2, se destacan cuatro criterios de selección: cantidad, forma, color y tamaño de los tubérculos. Estos criterios fueron considerados por ambos géneros.

### Figura 2

*Biplot en la recopilación y priorización de los criterios de selección al momento de la cosecha con perspectiva de género*

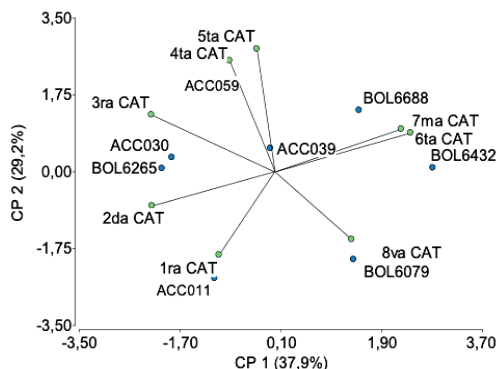


### Selección de las mejores accesiones de isaño en la cosecha

En la categoría de preferencia la más sobresaliente en 1ra categoría fue la ACC 011 con el 76 %, en cambio para la 8va categoría la accesión BOL 6079 con 72% fue la menos preferida.

### Figura 3

*Biplot para la selección de los mejores clones de isaño al momento de la cosecha*



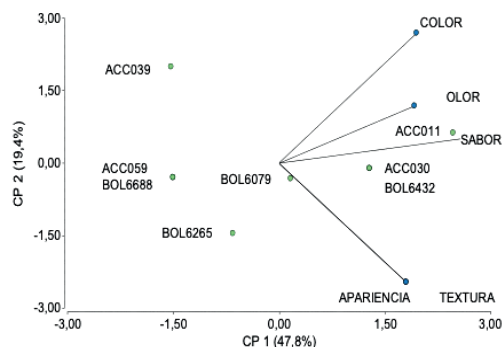
La Figura 3, presenta una mayor preferencia hacia la accesión ACC 011; las accesiones BOL 6265 y ACC 030, se encuentran en un nivel intermedio ubicándose entre la segunda y tercera categoría.

Los criterios de selección que los agricultores utilizan para determinar la preferencia de los tubérculos incluyen la cantidad, el tamaño, el color y la forma de los mismos. Según un estudio de Estrada et al. (2001), los agricultores prestan mayor atención al color, la forma (similitud) y el tamaño de los tubérculos al momento de seleccionarlos. Asimismo, se menciona que el buen rendimiento y la forma de los tubérculos son criterios clave que los agricultores tienen en cuenta al seleccionar sus preferidos (Sánchez, 2019).

### Evaluación Organoléptica

### Figura 4

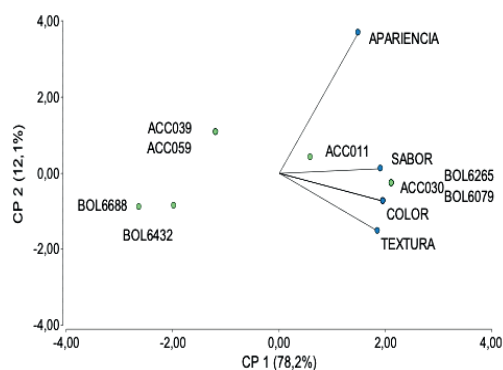
*Biplot en la evaluación de “Thayacha”*



La Figura 4, muestra la evaluación organoléptica de la “thayacha” (isaño congelado), en la que se observa, que la accesión ACC 011 obtiene mayor aceptación en olor y sabor. Las accesiones ACC 030 y BOL 6432 también son aceptadas. Estas tres accesiones se destacan como las mejores para “thayacha”.

### Figura 5

*Biplot en la evaluación del “Fresco de isaño”*

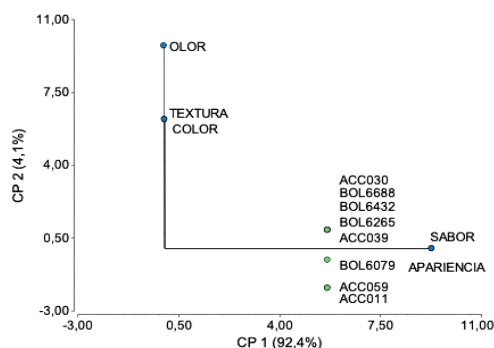


En la Figura 5, en particular las accesiones: ACC 030, BOL 6265 y BOL 6079 se destacaron por obtener la mejor aceptación por el sabor,

el color y el olor, consumidos en el producto fresco a base de isaño.

## Figura 6

*Biplot en la evaluación de la “Mermelada de isaño”*



En la Figura 6, se observa que las accesiones ACC 030, BOL 6688, BOL 6432, BOL 6265 y ACC 039 presentan preferencia debido a las características similares de sabor y apariencia en la mermelada de isaño. Es decir que el análisis organoléptico en mermelada muestra datos aceptables o agradables para los colaboradores.

## Selección participativa en Pos cosecha

En la selección se evaluaron los siguientes aspectos de 10 muestras por accesión: el número de ojos, con un promedio de 12 ojos por tubérculo; el número de tubérculos con brotes, que tuvo un promedio de 4 tubérculos; y el número promedio de brotes por tubérculo, que fue de 7 brotes (yemas que comienza a crecer en los ojos del tubérculo).

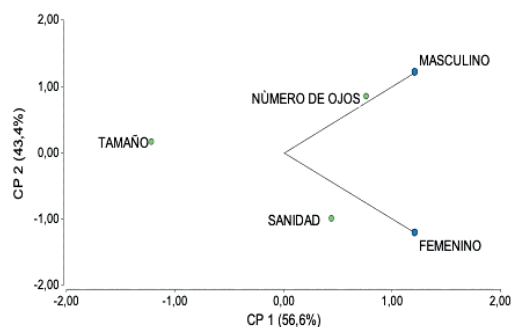
## Recopilación y priorización de los criterios de Selección en la etapa de Pos cosecha

Los criterios considerados, responden a la siguiente pregunta:

¿Qué características debe tener una buena accesión de isaño bajo condiciones de almacenamiento? En respuesta, surgieron los siguientes criterios: número de ojos de los tubérculos con 38%, la sanidad de los tubérculos con 35% y tamaño de los tubérculos con 27% de preferencia.

## Figura 7

*Recopilación y priorización de los criterios de selección en la etapa de Pos cosecha con perspectiva de género*



En la Figura 7, se observa que el número de ojos fue un criterio priorizado por el género masculino, el criterio de sanidad fue un criterio priorizado por el género femenino, a diferencia del criterio de tamaño.

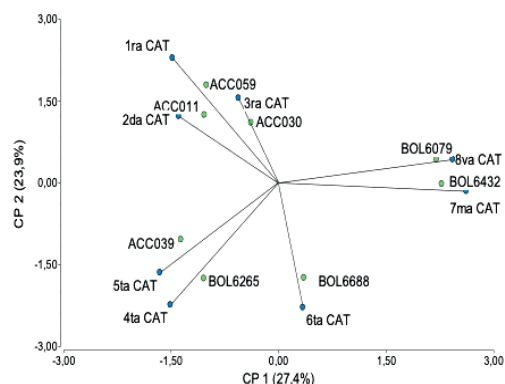
## Selección de las mejores accesiones de isaño en la etapa de Pos cosecha

La Figura 8, resalta las siguientes accesiones ACC 059 con 60%, ACC 011 y ACC 030 son accesiones seleccionadas para las primeras tres categorías. La accesión BOL 6265 fue seleccionada en la cuarta categoría seguida de la accesión ACC 039, la accesión BOL 6688 se posicionó en la sexta categoría, y las

accesiones BOL 6432 y BOL 6079 se posicionaron en la séptima y octava categoría respectivamente.

## Figura 8

*Biplot selección de los mejores clones en la etapa de pos cosecha*



Los criterios de selección utilizados por los agricultores en esta etapa incluyen la sanidad, el tamaño y el número de ojos de los tubérculos. Estos criterios facilitan la clasificación de los tubérculos para diferentes propósitos: autoconsumo, venta, uso como semilla, y descarte como alimento para cerdos (Aruquipa et al., 2016).

## Conclusiones

El isaño puede alcanzar rendimientos altos entre otros tubérculos andinos, en el ensayo se logró un rendimiento de 23.03 t/ha de la accesión ACC011.

La selección participativa permitió identificar criterios básicos de selección en cosecha como: la cantidad, tamaño, color y forma. El 76% destacó a la ACC 011 siendo la más preferida. En las evaluaciones

organolépticas, la ACC 011 se destacó en la thayacha, mientras que la ACC 030, BOL 6265 y BOL 6079 fueron consideradas aceptables en la preparación de fresco y en mermelada, mostraron aceptación y recomendación para su consumo.

En la selección participativa pos cosecha incluyó criterios como: la sanidad, tamaño y número de ojos de los tubérculos. En esta etapa, el 60 % seleccionaron a la ACC 059. Por el uso del isaño, se diversifica en: subproductos alimenticios como almidón y mermeladas. En la medicina para tratar prostatitis y cálculos renales, y su innovación en la cosmética natural como cremas y lociones.

## Referencias bibliográficas

- Apaza Copaja, R. E. (2021). Caracterización de tubérculos andinos y conocimientos tradicionales asociados a la conservación en la comunidad Coromata media-provincia Omasuyos (Trabajo final de grado, Universidad Mayor de San Andres).
- Aruquipa, R., Trigo, R., Bosque, H., Mercado, G., & Condori, J. (2016). El isaño (*Tropaeolum tuberosum*) un cultivo de consumo y medicina tradicional en Huatacana para el beneficio de la población boliviana. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 3(2):146-151.
- Beltrán, A., Mera, J. (2014).

- “Elaboración del tubérculo Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) troceada en Miel y determinación de la capacidad Antioxidante”, (Trabajo de grado, Universidad Guayaquil).
- Castillo, Shimohira, Y. M., Falconi Sarmiento, G. A., Manrique Nuñez, Y. K., & Roca Lira, F. J. (2019). Industrialización de mashua negra como polvo atomizado y su exportación al mercado estadounidense de industria cosmética natural: plan de negocios en alianza con la Asociación de Productores Agropecuarios de Pazos (ASPAPA).
- Condori, B., Mamani, P., Botello, R., Patiño, F., Devaux, A., & Ledent, J. F. (2008). Agrophysiological characterisation and parametrisation of Andean tubers: Potato (*Solanum* sp.), oca (*Oxalis tuberosa*), isaño (*Tropaeolum tuberosum*) and papalisa (*Ullucus tuberosus*). *European Journal of Agronomy*, 28(4), 526-540.
- Chamorro Melo, K. O. (2017). Evaluación del rendimiento del cultivo de la mashua (*Tropaeolium tuberosum*) a tres dosis de fertilizantes edáficos y tres bioestimulantes. (Trabajo final de grado, Universidad Técnica de Babahoyo).
- Dilas Jiménez, J. O., & Ascurra Toro, D. (2020). Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) cultivo subutilizado con alto potencial para zonas alto andinas en el Perú. *Alpha Centauri*, 1(1), 15-24.
- Estrada, N., Gabriel, J., Carrasco, E., García, W., Equise, H., Navia, O., Torrez, R., Ortuño, N., Franco, J., & Thiele, G. (2001). Experiencias y Logros sobre Mejoramiento Convencional y Selección Participativa de Cultivares de Papa en Bolivia. *Revista Latino-americana de la Papa*. 12:169-192.
- Flores, Carmona, N. A. (2015). Evaluación de la aceptabilidad organoléptica y capacidad antioxidante de una bebida alcohólica no fermentada, formulado con extracto fenólico de Mashua (*Tropaelum tuberosum*) Púrpura.
- Flores Mamani, E., Apaza Ticona, J., Calsina Ponce, W. C., Quille Calizaya, G., Huanca Rojas, F., Coloma Paxi, A., & Zayra Churata, A. (2020). Conocimiento ancestral en la curación de la próstata a base de isaño (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón). *Idesia (Arica)*, 38(4), 7-16.
- Haan, S. D., Salas, E., Fonseca, C., Gastelo, M., Amaya, N., Bastos, C., & Bonierbale, M. W. (2017). Selección participativa de variedades de papa (SPV) usando el diseño mamá y bebé: una guía para capacitadores con perspectiva de género.
- Junes Olivera, R. (2017). Evaluación de la actividad antioxidante in vitro y efecto regenerador in vivo de una crema cosmética con extracto liofilizado de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) (Trabajo final Máster, Universidad Nacional Mayor de

San Marcos)

José María Arguedas).

- Lane, B. (2008). La selección participativa de variedades tiene en cuenta las realidades de los agricultores pobres.
- Mamani Lopez, G. (2018). *Caracterización Agromorfológica en Accesiones de isaño (Tropaeolum Tuberosum R.) en la Estación Experimental de Patacamaya (Trabajo de grado, Universidad Mayor de San Andrés).*
- Manrique, I., Arbizu, C., Vivanco, F., Gonzales, R., Ramírez, C., Chávez, O., & Elils, D. (2013). *Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pav.: Catálogo de la colección de germoplasma de mashua conservada en el Centro Internacional de la Papa (CIP). International Potato Center.*
- Pacheco Arenas, E. (2015). *Características morfológicas y molecular de mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón) de los departamentos de Cusco y Cajamarca. Trabajo final Máster, Universidad Nacional Agraria la Molina.*
- Pichazaca, R. J. S., & Solano, J. C. S. (2022). Fitoterapia andina: revisión sistemática de su aplicación en el cáncer de próstata. *Revista Cubana de Urología*, 11(2), 16-25.
- Quispe Ruiz, Y. (2018). *Características químicas y propiedades funcionales del almidón de mashua (Tropaeolum tuberosum) de las variedades amarilla y negra. (Trabajo final de grado, Universidad Nacional*
- Sanchez, Merino, Y. K. (2019). *Selección participativa de clones avanzados de papa (Solanum tuberosum L.) en la resistencia a racha (Phytophthora infestans (mont) de bary) y aptitud industrial en tres localidades de la región Huánuco.*

# EL ALUMINIO SOLUBLE: FACTOR LIMITANTE DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SUELOS DEL MUNICIPIO DE CARANAVI

## Soluble Aluminum: Limiting Factor for the Productivity of Soils of the Municipality of Caranavi

Lima Jacopa, José Luis<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Docente de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, El Alto - Bolivia  
Email address: jl.itonama@gmail.com

### Resumen

El suelo es la base fundamental de la producción agrícola, sin embargo, no todos los suelos son aptos para la agricultura, y una gestión inadecuada puede causar su erosión y degradación, como la acidificación particularmente en las regiones tropicales. El objetivo del presente estudio fue evaluar el nivel de pH, la concentración del aluminio soluble y su efecto en las condiciones de fertilidad del suelo agrícola en el municipio de Caranavi. Se analizaron 16 reportes de laboratorio de diferentes comunidades, almacenados en la base de datos de la Unidad de Suelos del Viceministerio de Tierras del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Los resultados mostraron que el 62,5% de los suelos de Caranavi se catalogan como Muy fuertemente ácidos (pH=4,6-5,0) a Extremadamente ácidos (pH < 4,5), reduciendo la disponibilidad de nutrientes y por ende su capacidad productiva. La saturación promedio de aluminio soluble alcanza al 64%, clasificado como Muy alto, mientras que solo un 10% de los suelos tiene una saturación por debajo del 20%, sin problemas o indicios de degradación. La recuperación de los suelos acidificados inicia con la neutralización del aluminio soluble a valores tolerables que puede variar entre 15 a 20%, mediante la técnica del encalado que además promueve el incremento del nivel de pH, favoreciendo así la restauración de la capacidad productiva del suelo degradado por la acidez.

### Palabras clave:

Acidificación, aluminio, fertilidad del suelo, pH del suelo, suelo ácido.

### Abstract

Although soil is the fundamental basis for agricultural production, not all soils are suitable for agriculture, and inadequate management can cause soil erosion and degradation, such as acidification, particularly in tropical regions. The objective of the present study was to evaluate the pH level, the concentration of soluble aluminum, and its effect on the fertility conditions of agricultural soils in the municipality of Caranavi. Sixteen laboratory reports

from different communities, stored in the database of the Soil Unit of the Vice-Ministry of Lands of the Ministry of Rural Development and Lands, were analyzed. The results showed that 62.5% of Caranavi soils are classified as Very strongly acidic (pH=4.6-5.0) to Extremely acidic (pH < 4.5), reducing the availability of nutrients and therefore their productive capacity. The average saturation of soluble aluminum reaches 64%, which is classified as very high, while only 10% of the soils have a saturation below 20%, with no problems or signs of degradation. The recovery of acidified soils begins with the neutralization of soluble aluminum to tolerable values that can vary between 15 to 20%, through the liming technique that also promotes the increase of the pH level, thus favoring the restoration of the productive capacity of the soil degraded by acidity.

## Keywords

Acidification, aluminum, soil fertility, soil pH, acidic soil.

## Introducción

El suelo es un recurso natural estratégico no solo porque es la base para la producción de alimentos, sino también, porque constituye el pilar fundamental de la seguridad y soberanía alimentaria de los países. Además, éste recurso natural desempeña diferentes funciones ambientales, económicas, sociales y culturales vitales para el equilibrio de los ecosistemas y el bienestar humano

Sin embargo, desde que el hombre comenzó a utilizar intensivamente este recurso para diferentes fines, como la producción de alimentos, se ha producido un impacto significativo en su equilibrio natural, generando alteraciones físicas, químicas y biológicas que afectan negativamente sus múltiples funciones ecosistémicas.

Kochian et al. (2004) y Liao et al. (2006) mencionan que, en el mundo, aproximadamente el 30% de la superficie agrícola, y el 50% de la superficie potencialmente arable

está formada por suelos ácidos. De esta cifra, el 41% se encuentra en América, el 26% en Asia, el 17% en África, el 10% en Europa, y el 6% en Oceanía. En las regiones tropicales, los suelos son ácidos, predominando los Ultisoles y los Oxisoles (Liao et al., 2006).

En Bolivia los suelos ácidos se encuentran distribuidos en las regiones lluviosas de Pando, Beni, Santa Cruz, Norte de La Paz y Cochabamba, en aquellas regiones donde existe un régimen de humedad percolante ( $P > ETP$ ) (Orsag, 2010).

Los suelos agrícolas de la región subtropical y tropical del país generalmente derivan de suelos forestales, donde los ciclos biogeoquímicos en condiciones prístinas promueven una sucesión de especies haciendo posible la producción de una importante y diversa masa vegetal.

Según Salm y Castro (2005), los suelos de las laderas orientales

de los Andes (Yungas) describen un pH que varía entre moderado a fuertemente ácido, el uso del suelo está limitado por la acidez y la baja fertilidad, sin embargo, el clima favorece una amplia gama de cultivos subtropicales.

Las condiciones geológicas y ambientales de los Yungas hacen que los suelos de esta región sean naturalmente ácidos, lo que resulta en una baja disponibilidad de bases cambiables y macronutrientes como el fósforo. Por otro lado, existe el riesgo de que se incrementen a niveles preocupantes las concentraciones del aluminio ( $\text{Al}^{+3}$ ) soluble o intercambiable, manganeso e hidrógeno, que disminuyen el pH a niveles ácidos, limitando la disponibilidad de nutrientes minerales y acelerando su degradación debido a la acidez.

Sumado a esta condición natural, el manejo inadecuado del suelo por actividades humanas, como la agricultura intensiva de monocultivos, el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas, además de la deforestación, agravan éste problema, al reducir la cobertura vegetal del suelo, se favorece la erosión hídrica y lixiviación de cationes básicos hacia capas más profundas, dejando la capa arable del suelo con una mayor concentración de iones de hidrógeno y  $\text{Al}^{+3}$  soluble, resultando en un descenso del pH a niveles ácidos que afectan la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de los cultivos.

El  $\text{Al}^{+3}$  soluble alcanza concentraciones mayores al 20% tornándose en niveles tóxicos para

el crecimiento de las raíces de las plantas, entonces los cultivos dejan de crecer y producir. De acuerdo con Bai et al. (2008), estas condiciones llevan a la pérdida a largo plazo de su función productiva causada por perturbaciones de las cuales el suelo no puede recuperarse sin ayuda.

En estos entornos degradados por la acidez, solo las plantas acidófilas pueden prosperar, alterando aún más el equilibrio del ecosistema. Es posible estimar en campo la degradación del suelo por la acidez, mediante la presencia y dominancia de plantas indicadoras de la “acidez” o “calcífugas” (Finck, 2009).

En diferentes comunidades del municipio de Caranavi se observan parcelas abandonadas y cubiertas totalmente por el helecho *Pteridium aquilinum* (L.) Khun, especie acidófila indicadora de la degradación del suelo por la acidez. Según Velásquez (2009), por sus efectos en las comunidades naturales el *P. aquilinum* es considerado como una plaga, además de producir sustancias alelopáticas y antidepredadoras, facilitando su dominancia y permanencia en el terreno e impidiendo que otras especies como los cultivos puedan crecer y desarrollarse.

El *P. aquilinum*, es una especie heliófila que prospera en terrenos con escasa cobertura vegetal y es muy difícil de erradicar debido a su rizoma subterráneo, robusto y muy desarrollado. Bajo estas condiciones, los agricultores se ven obligados a habilitar tierras del bosque primario, buscando nuevos suelos fértiles mediante la deforestación y el

chaqueo. Este proceso repite el ciclo de degradación del suelo y genera gases de efecto invernadero.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el nivel del pH, la concentración del aluminio soluble y su efecto en las condiciones de fertilidad del suelo agrícola en el municipio de Caranavi.

## Materiales y Métodos

### Ubicación de la zona de estudio

El Gobierno Autónomo Municipal de Caranavi (GAMC) forma parte de la Provincia Caranavi del departamento de La Paz. Geográficamente situada entre 15°50'9" de latitud sur y 67°33'54" de longitud oeste. La sede municipal se ubica a una altitud de 593 m.s.n.m., sin embargo, el municipio presenta una gradiente altitudinal que varía entre los 350 a 1.700 m.s.n.m. (Limachi, 2019).

Caranavi se cataloga como cálido a templado sub-tropical con una temperatura anual que oscila entre 20 a 25,7 °C. La precipitación anual varía entre 1.000 a 2.500 mm. Presenta suelos poco profundos a profundos, la textura varía según la zona agroecológica, en la zona baja los suelos son arcillosos de color rojo, en la zona media arenosos y en la zona alta arenosos con predominancia de fragmentos rocosos, generalmente de reacción ácida, entre pobre y moderadamente fértiles, correspondiendo a los subgrupos Typic Dystropept, Typic Eutropept, Lithic Ustorthent, Aquic Udifluvent (Limachi, 2019).

## Metodología

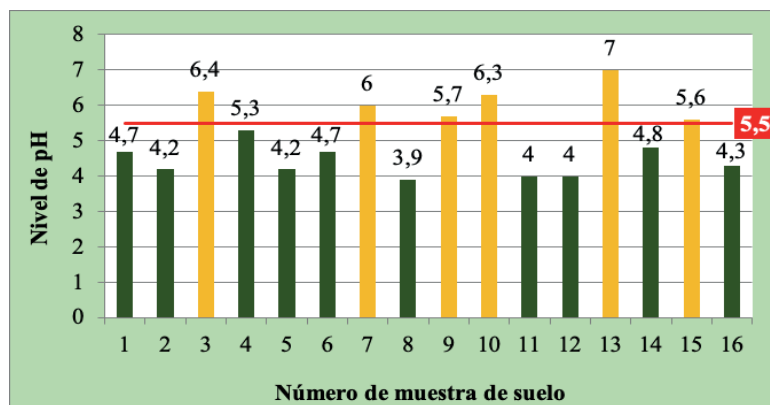
Para caracterizar y contextualizar las condiciones de acidez de los suelos del GAMC, se utilizaron 16 reportes de laboratorio pertenecientes a las comunidades de Chojña, Kullu Kuchu, Taypiplaya, Uyunense, Illimani, San Pablo, Carrasco, Calama, Eduardo Abaroa, Suapi, Santa Fé, Alcoche y Alto Beni, almacenados en la base de datos de la Unidad de Suelos del Viceministerio de Tierras (VT) del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT), siguiendo los siguientes pasos.

- Sistematización de los reportes del análisis de suelos del GAMC.
- Evaluación del pH y  $Al^{+3}$  soluble de los suelos analizados.
- Evaluación y plan de fertilización de un suelo degradado por la acidez.

## Resultados y discusión

### Evaluación del pH

Los macro y micronutrientes se constituyen en la base nutricional para formar toda la estructura y órganos de la planta. La cantidad y disponibilidad de nutrientes determinan la fertilidad del suelo. Cuando el suelo presenta un pH < 5,5 se encuentra en un proceso de acidificación (FAO y GTIS, 2015).

**Figura 1***Nivel de acidez de los suelos del GAMC.*

FUENTE: Elaboración propia.

Un suelo ácido tiene limitada la disponibilidad y absorción de nutrientes minerales para las plantas, estas no pueden tomar del suelo los nutrientes minerales necesarios para sus procesos de crecimiento y desarrollo, creciendo débiles y propensas a ser atacadas por diferentes enfermedades, debido a una deficiente nutrición mineral, alcanzando niveles paupérrimos de producción agrícola.

De acuerdo a la evaluación de los reportes de laboratorio proporcionado por el VT, descritos en la Figura 1, el 37,5% de los suelos del municipio de Caranavi presentan un pH  $\geq 5,5$  catalogado como Fuertemente ácido, el restante 62,5% presentan niveles de pH  $< 5,5$  catalogados como Muy fuertemente ácido (pH 4,6–5,5) y Extremadamente ácido (pH  $< 4,5$ ).

Bajo estas condiciones de acidez, tanto la concentración como la disponibilidad de los cationes básicos como el  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Na}^{+}$

y macronutrientes como el nitrógeno (N) y fósforo (P), se ven reducidas, sumado a éste hecho la lixiviación de nutrientes por efecto de las intensas precipitaciones pluviales, se favorece el incremento de la concentración de iones como el  $\text{H}^{+}$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{Mn}^{4+}$ , llegando a niveles tóxicos para las plantas.

Los suelos del GAMC describen una acidez natural que limitarían su uso en la producción agrícola, por lo tanto, es necesario en función del pH del suelo decidir ya sea por la conservación del recurso suelo del bosque o su habilitación para la agricultura, basada en la aplicación de un conjunto de prácticas para su manejo y aprovechamiento sostenible.

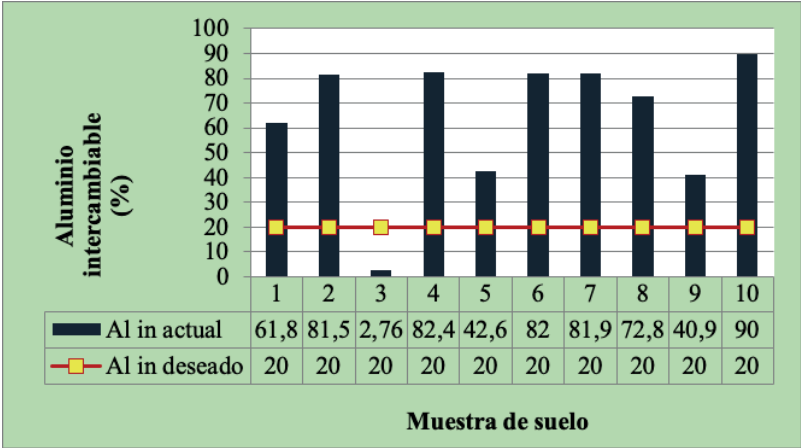
### Evaluación del aluminio soluble

El suelo se acidifica debido a las reacciones del agua con el  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{4+}$  y  $\text{NO}_3$  liberando  $\text{H}^{+}$  a la solución suelo. De estos elementos el aluminio intercambiable o soluble

es el factor más limitante para el crecimiento y desarrollo de las plantas incluidos los cultivos. En solución acuosa el aluminio hidroliza las moléculas de agua formando hidróxidos.

Figura 2

Saturación del aluminio intercambiable



FUENTE: Elaboración propia.

El  $\text{Al}^{3+}$  es un elemento anfótero actúa como catión en medio ácido y como anión en medio básico. Cuando el suelo presenta un  $\text{pH} < 5,5$  el  $\text{Al}^{3+}$  se solubiliza en la solución suelo, pudiendo llegar a concentraciones tóxicas para las raíces de las plantas.

Según Espinosa y Molina (1999), los cultivos entre sensibles, medianamentetolerantesytolerantes, pueden soportar concentraciones de  $\text{Al}^{3+}$  soluble hasta un 25%. Otros investigadores señalan como óptimo entre un 15 a 20% de saturación del aluminio soluble, valores superiores a este son considerados tóxicos, debiendo incorporarse enmiendas calcáreas para neutralizar su toxicidad en el suelo. En el presente estudio se consideró como adecuado un nivel máximo de 20% del  $\text{Al}^{3+}$  intercambiable en el suelo.

Analizando los reportes de laboratorio de 10 muestras de suelo del municipio de Caranavi (Figura 2), el 90% presentan niveles de saturación de  $\text{Al}^{3+}$  intercambiable mayor al recomendado (20%), sólo el 10% de los suelos no presentan niveles tóxicos de  $\text{Al}^{3+}$  intercambiable.

Los suelos del municipio de Caranavi describen niveles de  $\text{Al}^{3+}$  intercambiable superior al máximo tolerable, convirtiéndose en una de las principales limitantes para la producción de los cultivos, entonces su capacidad para la producción de alimentos y otros servicios ecosistémicos son afectados muy seriamente.

En promedio los suelos del municipio de Caranavi presentan un 64% de  $\text{Al}^{3+}$  intercambiable (Figura 3), el cual es tóxico para el crecimiento

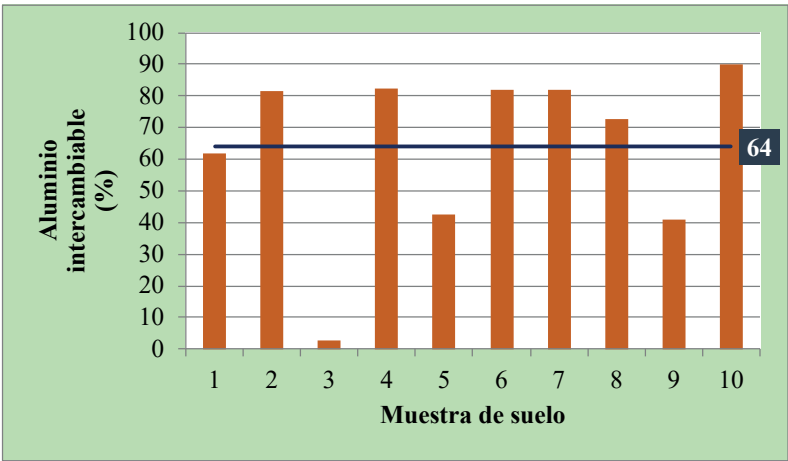
de la raíz de la mayoría de las plantas, constituyéndose además en el principal factor intrínseco de degradación química del suelo.

El manejo antrópico del suelo en Caranavi, no toma en cuenta el pH

y  $Al^{3+}$  intercambiable, simplemente se limita en retirar la cobertura boscosa inicial para remplazarla por un cultivo, alterando seriamente las funciones ecosistémicas de este recurso natural.

Figura 3

Promedio de saturación del  $Al^{3+}$  intercambiable



FUENTE: Elaboración propia.

El suelo es un ente vivo que reacciona a los estímulos externos y ante la acción de los agentes de erosión y degradación, una forma común de reaccionar y protegerse es mediante el establecimiento, crecimiento y desarrollo del helecho *P. aquilinum* especie indicadora de la acidez de los suelos, observándose parcelas abandonadas cubiertas en su totalidad por esta especie, como cultivos invadidos por éste helecho en diferentes comunidades del municipio de Caranavi, al carecer de animales silvestres y domésticos que lo consuman como forraje y gracias a su característica de planta alelopática, no tiene impedimento alguno para establecerse rápidamente,

crecer y desarrollarse sin mayores dificultades en un suelo degradado. La presencia del *P. aquilinum*, es un síntoma tangible de la degradación del suelo por acidificación.

De acuerdo a la evaluación del pH se establece que el 62,5% de los suelos se catalogan como Muy fuertemente ácidos (pH=4,6-5,0) a Extremadamente ácidos (pH<4,5), con un promedio de 64% de saturación de  $Al^{3+}$  soluble, características químicas del suelo que lo predisponen a sufrir procesos de degradación por acidificación.

El nivel Moderado (0,25 a 0,5 meq/100g) presenta limitaciones para cultivos susceptibles como

el banano de exportación, estos toleran máximo hasta un 15% de  $Al^{3+}$  soluble. El nivel Alto (0,5 y 1,0 meq/100g) describe limitaciones incluso para cultivos tolerantes, requiriendo necesariamente el encalado. En cuanto al nivel Muy alto ( $> 1$  meq/100g), el  $Al^{3+}$  impide el crecimiento y desarrollo de la raíz y se requiere aplicar una enmienda calcárea como medida inicial.

Bajo esas condiciones de acidez de los suelos del municipio de Caranavi, cobra un papel importante el manejo sostenible de éste recurso natural, debiendo considerar para el mismo, los ciclos biogeoquímicos que describen entre los diferentes componentes del ecosistema, ya que las condiciones naturales en las que se encuentran y desarrollan son muy

frágiles y un cambio en el ciclo puede propiciar su degradación.

Plan de encalado y fertilización

Con el propósito de restaurar la capacidad productiva del suelo degradado por la acidez, se analizó una muestra de suelo correspondiente a la comunidad San Pablo (SP) bajo las siguientes consideraciones.

- 1. Interpretación y cuantificación de los nutrientes en el suelo.
- 2. Diagnóstico de la acidez del suelo.
- 3. Requerimiento de calcáreo para una hectárea.
- 4. Dosis de encalado y fertilización según cultivo sugerido

Tabla 1

Interpretación y cuantificación de los nutrientes del suelo (SP)

| Parámetro                | Unidad   | Resultado de laboratorio | Interpretación        | Saturación (%) | Cantidad de nutrientes (kg/ha) |
|--------------------------|----------|--------------------------|-----------------------|----------------|--------------------------------|
| pH                       | -        | 3,75                     | Extremadamente ácido  |                |                                |
| CE                       | mS/cm    | 0,045                    | No salino             |                |                                |
| Materia orgánica         | %        | 7,25                     | Muy alto              |                | 145,00                         |
| Nitrógeno total          | %        | 0,42                     | Muy alto              |                | 168,00                         |
| Fósforo                  | ppm      | 45,12                    | Muy alto              |                | 90,24                          |
| Calcio                   | meq/100g | 1,80                     | Muy bajo              | 20,22          | 720,00                         |
| Magnesio                 | meq/100g | 0,50                     | Muy bajo              | 5,61           | 120,00                         |
| Potasio                  | meq/100g | 0,28                     | Muy bajo              | 3,14           | 218,40                         |
| Sodio                    | meq/100g | 0,12                     | Bajo                  | 1,34           | 55,20                          |
| $Al^{3+}$ intercambiable | meq/100g | 5,04                     | Muy alto              | 56,63          |                                |
| Acidez intercambiable    | meq/100g | 6,20                     | Muy alto              | 69,66          |                                |
| Suma de bases            | meq/100g | 2,70                     | Muy bajo              | 30,33          |                                |
| CICE                     | meq/100g | 8,90                     | Moderado              |                |                                |
| Relación C/N             | -        | 10,01                    | Existe descomposición |                |                                |
| Relación (Ca/Mg)         | -        | 3,60                     | Ideal                 |                |                                |
| Relación (Mg/K)          | -        | 1,79                     | Aceptable             |                |                                |
| Relación (Ca/K)          | -        | 6,43                     | Adecuado              |                |                                |
| Relación (Ca+Mg)/K       | -        | 8,21                     | Adecuado              |                |                                |

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 2

Diagnóstico de la acidez del suelo (SP)

| Parámetro               | Unidad    | Condición de acidez | Sn Pablo | Interpretación       |
|-------------------------|-----------|---------------------|----------|----------------------|
| pH                      | –         | < 5,5               | 3,75     | Extremadamente ácido |
| Suma de bases (Ca+Mg+K) | cmol/kg   | < 5                 | 2,70     | Muy bajo             |
| Aluminio intercambiable | meq/100 g | > 0,5               | 5,04     | Muy alto             |
| Saturación de aluminio  | %         | > 15                | 56,63    | Muy alto             |

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 3

Requerimiento de calcáreo

| Variable                                   | Unidad      | Cantidad | Intervención |        | Total |
|--------------------------------------------|-------------|----------|--------------|--------|-------|
|                                            |             |          | 1ra          | 2da    |       |
| CICE                                       | meq/100g    | 8,90     |              |        |       |
| Al <sup>3+</sup> intercambiable            | meq/100g    | 5,04     |              |        |       |
| Saturación de Al <sup>3+</sup> en el suelo | %           |          | 56,63        | 30,00  |       |
| Saturación de Al <sup>3+</sup> recomendado | %           |          | 30,00        | 15,00  |       |
| Necesidad de calcáreo                      | t/ha        |          | 4,26         | 2,40   | 6,67  |
| Necesidad de calcáreo                      | g/m²        |          | 426,61       | 240,30 |       |
| Cantidad de calcáreo por aplicación        | g/m²        |          | 200,00       | 120,15 |       |
| Número de aplicaciones                     | N° de veces |          | 3            | 2      | 5     |

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 4

Dosis de encalado y fertilización según cultivo

| Variable               | Unidad      | Café cereza | Naranja | Piña    | Mucuna  |
|------------------------|-------------|-------------|---------|---------|---------|
| Densidad               | planta/ha   | 2500        | 400     | 29412   | 10000   |
| Área efectiva          | m²          | 1256,63     | 1256,63 | 5800    | 2827,43 |
| Dosis de cal           | g/planta    | 107,06      | 191,18  | 84      | 120,44  |
| Aplicación de cal      | N° de veces | 2           | 7       | 1       | 1       |
| Rendimiento Actual     | kg/ha       | 391         | 8000    | 17000   | 1000 MS |
| Extracción N           | kg/t        | 8,96        | 1,50    | 2,68    | 28,50   |
| Extracción P           | kg/t        | 0,64        | 0,30    | 0,38    | 1,94    |
| Extracción K           | kg/t        | 9,02        | 2,33    | 5,90    | 11,02   |
| Rendimiento Proyectado | kg/ha       | 1000        | 10000   | 35000   | 5000 MS |
| Dosis N                | kg          | -289,16     | -278,18 | -134,90 | -46,36  |
| Dosis P                | kg          | -256,00     | -249,25 | -219,82 | -230,11 |
| Dosis K                | kg          | -322,00     | -300,15 | -18,30  | -251,23 |

FUENTE: Elaboración propia.

El diagnóstico de la acidez del suelo de la comunidad San Pablo se describe en la Tabla 2, el mismo presenta un pH

Extremadamente ácido, existiendo restricciones en la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. El  $\text{Al}^{3+}$  intercambiable alcanza una saturación del 56,63% clasificado como Muy alto. Bajo estas condiciones solo las plantas acidófilas como el *P. aquilinum*, se establecen en el suelo degradado, siendo necesario recurrir al encalado para neutralizar el  $\text{Al}^{3+}$  intercambiable a niveles tolerables, requiriéndose en el presente caso la aplicación de 6,67 (t  $\text{CaCO}_3$ /ha).

La materia orgánica (MO) y el nitrógeno (N) alcanzan un nivel Muy alto, el fósforo (P) Muy alto, el potasio (K) Muy bajo. Es importante hacer notar, que con la neutralización del  $\text{Al}^{3+}$  mediante el encalado, se propicia un incremento en el nivel de pH, permitiendo de esta manera mejorar la disponibilidad de los macronutrientes analizados anteriormente, solo en el caso del fósforo será necesario aplicar una fuente adicional externa, de acuerdo al requerimiento del rendimiento proyectado según cultivo.

El mejoramiento en el nivel de pH, también tiene su efecto positivo en las poblaciones de microorganismos del suelo, que podrán mineralizar la MO que se encuentra en un nivel alto, aportando de esta manera una gama de macro y micronutrientes.

La restauración de la capacidad productiva del suelo analizado, inicia con la neutralización

del  $\text{Al}^{3+}$  intercambiable, planteándose intervenir en dos ocasiones debido a la alta concentración del aluminio soluble. En una primera intervención se plantea reducir del 56,63% al 30%, fraccionando la dosis a tres aplicaciones. En una segunda intervención se procederá a reducir el aluminio del 30 al 15% dividiendo en dos la dosis requerida como se describe en la Tabla 3. La restauración de la capacidad productiva del suelo degradado demandará de un tiempo estimado en 2 años y medio.

En el caso de existir cultivos se plantea una estrategia de neutralización del  $\text{Al}^{3+}$  intercambiable y mejoramiento de la fertilidad del suelo como se describe en la Tabla 4. Los cultivos de café, naranja, piña y de cobertura como la mucuna, toleran las condiciones de acidez del suelo, sin embargo, en el caso del cultivo de la naranja la aplicación de cal se realizará en 7 ocasiones debido a la densidad de plantación. En relación al cultivo del café, se aplicará la dosis de cal fraccionada en dos oportunidades. En cuanto a los cultivos de la piña y la mucuna, solo se requiere realizar una aplicación.

De acuerdo con los resultados determinados, el productor puede decidirse ya sea por el café o cultivos como la naranja o piña, realizando inicialmente el encalado del suelo, el cual propiciara lograr el rendimiento esperado.

Por ejemplo, se plantea cosechar café en cereza con un rendimiento proyectado de 1.000 (kg/ha), de acuerdo a la evaluación realizada (Tabla 4) se determinó dosis negativas de N-P-K, por lo

tanto, el cultivo no necesitaría de una dosis suplementaria de estos macronutrientes, ya que el suelo puede suministrar los mismos en las cantidades requeridas por el cultivo.

Lo mismo sucede en el caso de los cultivos de la naranja y piña, asimismo, con la mucuna que es una especie utilizada como cobertura vegetal, en todos los casos no se necesita suplementar N-P-K requiriéndose únicamente neutralizar el  $Al^{3+}$  intercambiable al nivel deseado.

En el municipio de Caranavi, la neutralización del  $Al^{3+}$  intercambiable, mediante la técnica del encalado se lleva a cabo sin un criterio técnico, basándose únicamente en experiencias de otras regiones o de agricultores innovadores, sin realizar un análisis técnico del suelo en un laboratorio especializado. Esto conlleva a la aplicación de dosis subestimadas o sobreestimadas de cal. Cuando se aplica una cantidad de cal mayor a la requerida por el suelo, se genera el problema del sobre-encalado, que es un efecto aún peor que la propia acidificación del suelo. La dosis de cal a ser aplicada al suelo, debe basarse en un reporte del laboratorio de suelos, y no en recomendaciones fundamentadas solo en la experiencia, ya que los suelos difieren en su composición química en un mismo sitio. Esta es una tarea que el GAMC, de acuerdo con sus atribuciones y competencias, debe considerar para fortalecer la producción agrícola en su jurisdicción.

Finalmente, en el caso del suelo analizado de la comunidad San Pablo, se sugiere además de contar

con especies de valor comercial, establecer cultivos de cobertura como la mucuna, canavalia o kudzu, especies leguminosas que aportarán MO y fijaran N atmosférico, que permitirá primero mejorar las condiciones de fertilidad del suelo y luego restituir la capacidad de producción de alimentos del suelo degradado por la acidez.

### Conclusión

El 62,5% de los suelos de Caranavi se catalogan como Muy fuertemente ácidos ( $pH=4,6-5,0$ ) a Extremadamente ácidos ( $pH<4,5$ ), limitando la disponibilidad de nutrientes minerales para el crecimiento y desarrollo de los cultivos disminuyendo su capacidad productiva.

En promedio la saturación del  $Al^{3+}$  soluble en los suelos del municipio de Caranavi alcanza al 64% catalogado como Muy alto, solo el 10% de los suelos presenta un nivel de aluminio soluble menor al 20% considerado como tolerable, requiriéndose neutralizar en promedio el 44% para disminuir el efecto tóxico del  $Al^{3+}$  soluble en el crecimiento de la raíz de los cultivos.

La base técnica para la restauración de la capacidad productiva de los suelos degradados por la acidez en el municipio de Caranavi, inicia con la neutralización del  $Al^{3+}$  soluble, mediante la técnica del encalado que también favorecerá al incremento del nivel de pH, mejorando la disponibilidad de los nutrientes, tal como quedó demostrado en el análisis de la muestra de suelo acidificado de la comunidad San Pablo.

## Referencias bibliográficas

- Bai, Z., Dent, D., Lennart, O. y Schaepman, M. (2008). Evaluación global indirecta de la degradación de la tierra. *Uso y manejo del suelo*, 24(3), 223–234. <https://doi.org/10.1111/j.1475.-2743.2008.00169.x>
- Espinoza, J. y Molina, E. (1999). Acidez y encalado de suelos. IPNI. [https://www.academia.edu/31382814/Acidez\\_y\\_encalado\\_de\\_suelos\\_libro\\_por\\_J\\_Espinoza\\_y\\_E\\_Molina](https://www.academia.edu/31382814/Acidez_y_encalado_de_suelos_libro_por_J_Espinoza_y_E_Molina)
- FAO y GTIS (2015). Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS). <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/07a444e7-97a3-4e1f-b5d9-ddd84ad129c6/content>
- Finck, A. (2009). Fertilizantes y fertilización. Editorial Reverté, S.A.
- Kochian, L., Hoekenga, O., y Piñeros, M. (2004). ¿Cómo toleran las plantas de cultivo los suelos ácidos? Mecanismos de tolerancia al aluminio y eficiencia del fósforo. *Revisión Anual de Biología Vegetal*, 55, 459-493. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.55.031903.141655>
- Liao, H., Wan, H., Shaff, J., Wang, X., Yan, X., y Kochian, L. (2006). Phosphorus and Aluminum interactions in soybean in relation to aluminum tolerance. Exudation of specific organic acids from different regions of the intact root system. *Plant Physiology*, 141(2), 674-684. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1475464/>
- Limachi, S. (2019). Recuperación de la fertilidad del suelo, dominado por el helecho invasivo (*Pteridium aquilinum*), mediante la aplicación de tres diferentes dosis de compost de coca para el establecimiento de plantines de café (*Coffea arabica*) en la Colonia San Pablo de la Provincia Caranavi [Tesis de Pregrado, Universidad Pública de El Alto]
- Orsag, V. (2010). El recurso suelo principios para su manejo y conservación. Editorial Zeus. <https://fobomade.org.bo/soberania-alimentaria/el-recurso-suelo-principios-para-su-manejo-y-conservacion/>
- Salm, H., & Castro, J. (2005). Propiedades químicas y potencial productivo de los suelos del departamento de La Paz, Bolivia. *Revista Boliviana de Química versión On-line* ISSN 0250-5460 22(1), 19-26. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0250](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250)
- Velásquez Montez, E. (2009). *Pteridium* un género de helechos muy particular. *Revista Ciencias* 64, 21. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/11800>

# EVALUACIÓN DE TRES DIETAS ARTIFICIALES PARA LA CRÍA MASIVA DE *Helicoverpa quinoa* (Lepidóptera: Noctuidae), PLAGA DE LA QUINUA, BAJO CONDICIONES CONTROLADAS

Evaluation of three artificial diets for the mass rearing of *Helicoverpa quinoa* (Lepidóptera: Noctuidae), a quinoa pest, under controlled conditions

Ortiz Fernandez, Beatriz Hilda.<sup>1</sup>, Quispe Tarqui, Reinaldo<sup>2</sup>, Ochoa Torrez, Ramiro Raúl<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Investigador de la carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto, La Paz - Bolivia

<sup>2</sup> Docente de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, La Paz - Bolivia.

<sup>3</sup> Docente de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, La Paz - Bolivia.

## Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto de tres dietas artificiales, se implementó el presente estudio en el Laboratorio de Entomología del Centro K'iphak'iphani (Viacha, La Paz). Larvas recién eclosionadas se individualizaron en recipientes de cría (50 ml), 340 larvas por tratamiento con 1,5 cm<sup>3</sup> de dieta artificial, cuando llegaron al estado de pupa fueron pesados y sexados. En la fase adulta se prepararon 3 jaulas por tratamiento (dieta), liberando cinco parejas emergidas el mismo día, correspondientes al mismo tratamiento. Los parámetros biológicos evaluados fueron: el tiempo de duración de larva, pupa, adulto y huevo, además de la duración de los estadios del estado larval. También se evaluó la fecundidad y fertilidad de las hembras. Los datos se analizaron a través del Diseño Completamente al Azar (3 tratamientos y 5 repeticiones). Según los resultados, se desarrolló satisfactoriamente las dietas a 21±3 °C, 60±5 % HR y 12 horas luz, sin embargo, el tiempo de su desarrollo fue distinto. El porcentaje de supervivencia para huevo, larva y pupa fue diferente, en cambio en el adulto fue similar. La dieta 2 (frijol y germen de trigo) fue la más óptima para la alimentación de larvas de *H. quinoa*, por registrar menor tiempo de desarrollo de su ciclo de vida y mayor porcentaje de supervivencia en comparación de las otras dietas. Las hembras adultas de *H. quinoa* alimentadas con la dieta 2, registraron mayor fecundidad y fertilidad en comparación a las dietas 1 y 3. En conclusiones, se desarrolló un protocolo de elaboración de la dieta óptima (dieta 2) para la cría masiva de *H. quinoa*, con esta contribución se facilitará el desarrollo de nuevas alternativas para el manejo de esta plaga clave del cultivo de quinoa.

## Palabras claves:

Dieta artificial, cría de insectos, *Helicoverpa quinoa*, quinoa

## Abstract

With the objective of evaluating the effect of three artificial diets, the present study was implemented in the Entomology Laboratory of

the K'iphak'iphani Center (Viacha, La Paz). Newly hatched larvae were individualized in breeding containers (50 ml), 340 larvae per treatment with 1.5 cm<sup>3</sup> of artificial diet, when they reached the pupa stage they were weighed and sexed. In the adult phase, 3 cages were prepared per treatment (diet), releasing five pairs that emerged on the same day, corresponding to the same treatment. The biological parameters evaluated were: the duration of the larva, pupa, adult and egg, in addition to the duration of the larval stages. The fecundity and fertility of the females were also evaluated. The data were analyzed through the Completely Randomized Design (3 treatments and 5 repetitions). According to the results, *H. quinoa* was able to develop satisfactorily with the diets evaluated at  $21\pm3$  °C,  $60\pm5\%$  RH and 12 hours of light, however, its development time was different. The survival percentage for egg, larva and pupa was different, however in the adult it was similar. Among the diets evaluated, diet 2 (based on beans and wheat germ) was the most optimal for feeding *H. quinoa* larvae, as it recorded a shorter development time of its life cycle and a higher percentage of survival compared to of the other diets. Adult females of *H. quinoa* fed with diet 2 recorded greater fecundity and fertility compared to diets 1 and 3. The present study allowed the development of a protocol for developing the optimal diet (diet 2) for mass breeding of *H. quinoa*, with this contribution the development of new alternatives for the management of this key pest of quinoa cultivation will be facilitated.

### Keywords:

Artificial diet, insect breeding, *Helicoverpa quinoa*, quinoa.

### Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), cultivada desde miles de años por los agricultores en la región andina de Sud América como un alimento esencial, actualmente su producción a nivel global se incrementó debido al aumento de su demanda en Europa y Estados Unidos, por su cualidades nutricionales (Gómez y Aguilar, 2016).

Entre los insectos plaga clave de la quinua están la polilla de quinua *Eurysacca melanocampta* y el complejo noctuideo formado por *Copitarsia incommoda*, *Agrotis* ípsilon y *Helicoverpa quinoa*, esta última es la que causa más daño en el altiplano boliviano (Salazar et al., 2009).

*H. quinoa* en estado larval. defolia hojas, perfora tallos en la base de la panoja, mina panojas y consumen los granos, su ataque causa pérdidas de la producción (Gandarillas et al., 2015).

Para desarrollar prácticas de manejo de esta plaga, se requieren estudios básicos de su biología y ecología con material biológico procedente de crías en laboratorio. Usualmente para la cría de insectos se prefiere dietas artificiales de bajo costo y eficientes, las cuales están constituidas por proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas, minerales, antibióticos y conservantes que ayudan el crecimiento y desarrollo

de los insectos. Varios investigadores han desarrollado dietas artificiales para distintas plagas, pero aún no se tiene para la cría de *H. quinoa*.

Por los antecedentes mencionados, se plantea los objetivos de determinar el efecto de tres dietas artificiales en el ciclo de vida y el porcentaje de supervivencia de *H. quinoa*; cuantificar el efecto de tres dietas sobre el peso y proporción sexual de pupas de *H. quinoa*; y estimar el efecto de tres dietas en la fecundidad y fertilidad de adultos hembras de *H. quinoa* bajo condiciones controladas.

Materiales y métodos

Esta investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Entomología (21+3°C, 60+5% HR y 12 horas luz y 12 horas de oscuridad) del Centro Experimental K'iphak'iphapani de la Fundación PROINPA, ubicado 4 Km al sur de Viacha, La Paz.

Cría de Helicoverpa

La cría empezó a partir de 30 pupas proporcionadas por PROINPA, una vez que emergieron los adultos, estos fueron colocados en parejas (5 machos y 5 hembras) en cámaras de cópula y oviposición, en su interior se colocaron tiras de papel absorbente (22 cm de largo y 8 cm de ancho) para la postura, se humedeció en algodón con miel de abeja al 10% para su alimentación, el recipiente fue cubierto con tela tul para evitar que escapen los adultos de *H. quinoa*, y posteriormente las cámaras de cría y oviposición fueron acomodados en estantes metálicos. Una vez iniciada la postura, se colectó los huevos en

contenedor de 500 cm3, luego se individualizó las larvas eclosionadas para cada dieta artificial. Las larvas fueron evaluadas diariamente registrando los estadios larvales, a través de la colecta de la cápsula cefálica. Una vez obtenido la pupa fue registrado su peso y sexo al séptimo día de su desarrollo.

Los adultos que emergieron fueron colocados en jaulas y alimentados con miel de abeja al 10% hasta culminar su longevidad.

Dietas artificiales

Para la cría de *H. quinoa*, se utilizaron tres dietas artificiales:

**Dieta 1:** a base hojuela de quinua, germen de trigo y harina de soya (Saravia et al., 2009).

**Dieta 2:** a base de frijol y germen de trigo (Mejía, 2012).

**Dieta 3:** a base de frijol, germen de trigo y caseína (Ribeiro, 2017).

Tabla 1

Composición de las dietas artificiales

| Ingredientes     | Dieta 1 | Dieta 2 | Dieta 3 |
|------------------|---------|---------|---------|
| Hojuela          | 70g     |         |         |
| Proteína de soya | 55g     |         | 39,95g  |
| Germen de trigo  | 55g     | 80g     | 48,6g   |
| Levadura         | 40g     | 30g     | 52,92g  |
| Ac. Ascórbico    | 4g      | 5g      | 5,04g   |

|                 |        |        |           |
|-----------------|--------|--------|-----------|
| Ac. Sórbito     | 4g     | 3g     | 2,52g     |
| Nipagin         | 8g     | 7g     | 4,14g     |
| Frijol carioca  |        | 165g   | 105,66g   |
| Gentamicina     | 1ml    | 2ml    | 0,18ml    |
| Sol. Vitamínica |        |        | 8,46ml    |
| Complejo B      | 1ml    | 1ml    |           |
| Formol 40%      | 4ml    | 3,5ml  | 5,04ml    |
| Agar carralac   | 17g    | 17g    | 19,44g    |
| Caseína         |        |        | 31,68g    |
| Agua            | 1500ml | 1400ml | 1437,84ml |

### Análisis de datos

Para el análisis de datos, la variable de respuesta fue el tiempo de duración (días) de cada uno de los estados de desarrollo de *H. quinoa*, los cuales fueron analizados bajo el Diseño Completamente al Azar con tres tratamientos (dietas) y cinco repeticiones, cada repetición estuvo conformada por 68 individuos, totalizando 1020 larvas de *H. quinoa*. El modelo lineal aditivo según el modelo descrito por Ochoa (2009) es:

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

Dónde:

- $Y_{ij}$  = Una observacion de la variable respuesta
- $\mu$  = Media general del experimento
- $\alpha_i$  = Efecto del  $i$  – esimo dieta artificial
- $\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

### Resultados y discusión

#### Duración de los estados de *H. quinoa*

En la tabla 2, se observa el tiempo promedio de duración de los

estados (larva, pupa, adulto y huevo) de *H. quinoa* alimentadas con las dietas artificiales evaluadas. Según el ANVA, en la etapa larval se observan diferencias altamente significativas ( $Pr < 0,01$ ), y la prueba de media Duncan (5%), muestra que el menor tiempo de duración de este estado se registró en los individuos alimentados con la dieta 2 (a base de frijol y germen de trigo) obteniendo una duración de  $42,5 \pm 3,9$  días promedio; en cambio con la dieta 1 (a base de hojuela de quinua, germen de trigo y harina de soya) se tuvo un mayor tiempo de duración de  $52,4 \pm 3,4$  días promedio y como parámetro medio se obtuvo la dieta 3 (a base de frijol, germen de trigo y caseína) con un tiempo de  $48,6 \pm 4,3$  días promedio. Para el estado de pupa también se registran diferencias altamente significativas, donde la duración mínima se dio con la dieta 2 con  $31,1 \pm 5,8$  días promedio; en cambio la máxima duración fue con la dieta 1 con un valor de  $42,3 \pm 8,6$  días promedio y como duración media se tiene la dieta 3 con un tiempo de  $34,7 \pm 5,5$  días promedio. En el adulto no hubo diferencias significativas, mostrando valores similares en las tres dietas. Para el estado de huevo, se muestran que existen diferencias altamente significativas en el tiempo de maduración entre las dietas evaluadas, la dieta 2 presentó el menor tiempo en maduración con 7 días promedio, sin embargo, con las dietas 1 y 3 se observaron los mayores tiempos en maduración con  $7,22 \pm 0,43$  y  $7,25 \pm 0,42$  días promedio respectivamente. Para todos los estados de desarrollo, se observó un coeficiente de variación menor al 30 %, esto demuestra que los datos obtenidos en la investigación son confiables.

Callizaya (2017), implementó la cría de *C. incommoda* a 20.22±1.5 °C con la dieta 1, obteniendo una duración de 75,19 días para completar su ciclo de vida, sin embargo, en el presente estudio empleando la misma dieta el tiempo de desarrollo de *H. quinoa* se extendió a 126,55 días, esta diferencia puede deberse a que los insectos estudiados corresponden a géneros distintos y comportamiento diferenciado, aunque ambos sean plagas de la quinua. Al mismo Mejía (2012), señala que con la dieta 2 en la cría de *S. frugiperda*, en condiciones controladas de temperatura (26°-29°C), los resultados reportados son menores al registrado en el presente estudio, esto se puede atribuirse porque los individuos son de diferente especie, y principalmente por temperatura que se empleó que fue más alta (26°-29°C) al utilizado en el presente estudio (21°C). Ribeiro (2017), manifiesta que con la dieta 3 en la cría *H.*

*armígera*, a una temperatura de 26 ± 1°C, obtuvo un periodo larval de 18 días promedio, siendo resultados con menor duración, teniendo periodos cortos en su estado larval y pupa, también se observó afectada la longevidad significativamente mostrando en el estado adulto una duración mayor de 23 días promedio de vida, aspecto que no coincide con los resultados del presente trabajo porque en estado larval se obtuvo una duración de 52,81 días promedio y la longevidad del adulto fue de 16 días promedio. Los resultados son estadísticamente diferentes a los valores obtenidos en el presente trabajo, esto puede atribuirse a que en las investigaciones se trabajaron a diferentes temperaturas, además los individuos de estudio también corresponden a géneros distintos, aunque de la misma familia (*Noctuidae*), además son plagas de distintos cultivos.

Tabla 2

Tiempo de duración promedio en días de cada uno de los estados de *Helicoverpa quinoa* con tres dietas artificiales

| Estado   | Dieta 1     | Dieta 2    | Dieta 3     | CV (%) | Pr>F      |
|----------|-------------|------------|-------------|--------|-----------|
| Larva    | 52,38±3,4a  | 42,51±3,9c | 48,62±4,3b  | 5,26   | <,0001**  |
| L 1      | 8,14±1,2a   | 6,47±0,9c  | 7,28±1,1b   | 13,37  | <,0001**  |
| L 2      | 7,80±0,9a   | 6,10±0,9c  | 7,07±1,0b   | 11,35  | <,0001**  |
| L 3      | 7,64±1,1a   | 5,97±0,8c  | 6,88±1,0b   | 13,03  | <,0001**  |
| L 4      | 7,36±1,0a   | 6,32±0,9c  | 6,97±1,1b   | 12,54  | <,0001**  |
| L 5      | 7,43±1,0a   | 6,19±0,9c  | 7,11±1,0b   | 12,25  | <,0001**  |
| L 6      | 7,04±1,2a   | 5,75±1,24c | 6,79±0,9b   | 15,62  | <,0001**  |
| Pre pupa | 6,97±1,1a   | 5,71±1,0c  | 6,51±0,9b   | 14,52  | <,0001**  |
| Pupa     | 42,26±8,6a  | 31,07±5,8c | 34,67±5,5b  | 18,15  | <,0001**  |
| Adulto   | 16,93±6,8a  | 17,30±5,2a | 16,74±5,1a  | 29,86  | 0,1430 ns |
| Huevo    | 7,22±0,42a  | 7,00b      | 7,23±0,43a  | 2,89   | <,0001**  |
| Total    | 118,80±9,7a | 97,88±7,5c | 107,28±7,3b | 6,85   | <,0001**  |

Dieta 1 = a base hojuela de quinua, germen de trigo y harina de soya.  
Dieta 2 = a base de frijol y germen de trigo  
Dieta 3 = a base de frijol, germen de trigo y caseína.

\*\*= Altamente significativo ns= no significativo

Supervivencia de *H. quinoa* alimentadas con tres dietas artificiales

Los resultados obtenidos en la tabla 3, muestran que en el porcentaje de supervivencia registra diferencias altamente significativas en cada uno de los estados y estadios. En el primer estadio larval la supervivencia más alta se observó con las larvas alimentadas con la dieta 2, cuyo valor fue 95 % la supervivencia más baja se registró con las dietas 1 con 81 % y con la dieta 3 se registró con 88 % respectivamente. Del mismo modo para el segundo estadio la supervivencia más alta fue de 93 % con la dieta 2, con la dieta 3 presentaron promedios medio de 84 % y la más baja con la dieta 1 de 74 %. Mientras para el tercer estadio la más alta supervivencia fue de 92 % con la dieta 2 y la supervivencia más baja fue 70 y 79 % con la dieta 1 y 3. En el cuarto estadio larval la sobrevivencia fueron 88, 65 y 75 % con la dieta 2, 3 y 1, respectivamente. En cambio, para el quinto estadio la supervivencia fue de 86 % con la dieta 2, un 72 % con la dieta 3 y 61 % con

la dieta 1. En cuanto al sexto estadio larval la dieta 2, mostró mayor sobrevivencia con 84 %, a diferencia de la dieta 1, que obtuvo un valor de 57 % y la dieta 3 tuvo un valor de 70 %. Por otra parte, en pre pupa la mínima sobrevivencia se observó con la dieta 1, con 52 % y una óptima de 84 % con la dieta 2, como parámetro medio se registró con la dieta 3 con 68 %. En el estado de pupa, tuvieron una mejor supervivencia del 80 % con la dieta 2, seguidamente con la dieta 3, se presentó un valor de 63 % y con la dieta 1 la supervivencia fue baja dando el 42 %. En el estado de adulto, tuvieron una supervivencia del 77, 57 y 31 % en las dietas 2, 3, y 1 respectivamente. Se observó diferencias en las tres dietas evaluadas en el estado de huevo, teniendo una supervivencia alta de 98 % con la dieta 2, la sobrevivencia baja se observó con la dieta 1 es 91 % y con la dieta 3 es 96 %. La dieta 2 tuvo mayor porcentaje de supervivencia (mayor proporción de frijol y germen de trigo), estos insumos contienen un alto valor proteico que permitieron un mejor desarrollo y crecimiento en el estado larval.

Tabla 3  
Efecto de las dietas artificiales sobre la tasa de supervivencia de *H. quinoa*

| Estado   | Dieta 1   | Dieta 2   | Dieta 3   | CV (%) | Pr>F     |
|----------|-----------|-----------|-----------|--------|----------|
| L 1      | 81,1±6,9c | 95,3±2,2a | 87,7±3,4b | 4,28   | <,0001** |
| L 2      | 74,3±7,1c | 93,4±2,5a | 84,2±3,8b | 4,85   | <,0001** |
| L 3      | 70,4±6,3c | 91,6±2,5a | 79,2±3,7b | 4,80   | <,0001** |
| L 4      | 64,8±6,7c | 87,8±3,6a | 75,2±2,2b | 5,27   | <,0001** |
| L 5      | 61,2±7,3c | 86,0±3,0a | 71,6±5,6b | 7,55   | <,0001** |
| L 6      | 57,0±6,2c | 84,3±3,3a | 70,4±4,7b | 6,91   | <,0001** |
| Pre pupa | 52,1±5,9c | 83,6±3,3a | 67,9±3,4b | 6,07   | <,0001** |
| Pupa     | 41,5±7,2c | 79,7±3,3a | 63,3±3,5b | 8,00   | <,0001** |
| Adulto   | 31,3±7,2c | 76,8±3,3a | 57,0±3,5b | 7,32   | <,0001** |
| Huevo    | 90,9±5,4b | 98,0±1,6a | 95,7±3,4b | 3,66   | 0,003**  |

Dieta 1 = a base hojuela de quinua, germen de trigo y harina de soya.  
Dieta 2 = a base de frijol y germen de trigo.  
Dieta 3 = a base de frijol, germen de trigo y caseína.  
\*\*= Altamente significativo

Para los individuos alimentadas con la dieta 1, Callizaya (2017), menciona que los estados de huevos, larvas y pupas, la supervivencia de *C. incommoda* fue superior al 66 %, teniendo una sobrevivencia óptima de 98 % para el estado de huevo, 97 % para la fase larval y con 75 % de supervivencia en el estado de

pupa. En el adulto presentó mayor porcentaje de mortalidad y por ende la supervivencia fue influida, obteniendo un 20 % de adultos vivos. Ribeiro (2017), menciona que las larvas alimentadas con la dieta 3 tuvo una sobrevivencia superior a las otras dietas en la fase larval y de pupa.

Peso de pupas *H. quinoa*

Tabla 4

Efecto de las dietas artificiales en el peso de pupas (macho y hembra) de *H. quinoa*

|        | Dieta 1     | Dieta 2     | Dieta 3     | CV (%) | Pr>F     |
|--------|-------------|-------------|-------------|--------|----------|
| Macho  | 0,260±0,02b | 0,270±0,04a | 0,257±0,03b | 11,04  | <,0001** |
| Hembra | 0,268±0,03b | 0,288±0,03a | 0,263±0,03b | 11,2   | 0,0017** |

\*\*= Altamente significativo  
CV (%)= Coeficiente de variación en porcentaje

Para el peso de pupas de macho y hembra, se muestran en la tabla 4, donde se observa que existe diferencias altamente significativas (Pr<0,01). El coeficiente de variación muestra valores de 11,04 y 11,20 % para machos y hembras respectivamente, indicando que los resultados obtenidos son confiables. La prueba de media de Duncan al 5 % para el peso de pupas de *H. quinoa* a siete días de maduración, son distintos, existen diferencias entre sexos, las pupas hembras registran mayor peso que los machos. El peso de pupas provenientes de larvas alimentadas con la dieta 2, tiene promedios más altos de 0,288 g en hembras y 0,270 g en machos, en cambio los alimentados en la etapa larval con dieta 1 y dieta 3, registraron menor peso de pupa con 0,268 g promedio (hembras), 0,260 g promedio (machos) y 0,263g promedio

(hembras), 0,257 g promedio (machos), respectivamente.

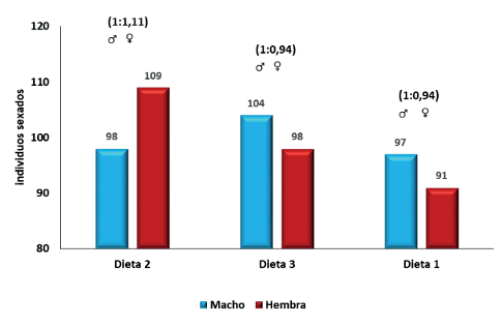
Proporción sexual (macho y hembra) de pupas de *H. quinoa*

En la Figura 1, se observa la proporción sexual de pupas de *H. quinoa* provenientes de las dietas artificiales. Para la dieta 2 se tiene una relación de (1:1,11), siendo que presentaron mejor proporción de hembras y también se observa la mayor cantidad de adultos emergidos. En la dieta 1 y 3 se registró una proporción de (1:0,94), donde se observa menor cantidad de hembras y una mayor cantidad de machos emergidos. La dieta artificial ofrecida durante la etapa de larva tuvo una influencia significativa, esto puede deberse a que el contenido de proteínas, carbohidratos, vitaminas y otros, varía en función a los insumos utilizados por cada dieta. Beck et al.

(1949), señala que algunos casos se ha observado que un aporte deficiente de proteínas impide la madurez larval. Canavoso et al. (2001), menciona que los carbohidratos en algunos, lepidópteros, producen larvas de escaso tamaño que difícilmente puede alcanzar la madurez. La proporción de sexos de *H. armígera* con la dieta 3 según Ribeiro (2017), tuvo una relación de 1:1 de macho y hembra. En el presente trabajo se obtuvo diferentes resultados, estas diferencias pueden atribuirse a que los individuos de estudio fueron de diferente especie.

Figura 1

Proporción sexual de pupas de *H. quinoa* alimentado con tres dietas artificiales



Efecto de tres dietas artificiales sobre la fecundidad y fertilidad

Tabla 5

Efecto de las tres dietas artificiales sobre la fecundidad y fertilidad de los adultos hembras de *H. quinoa*

|            | Dieta 1  | Dieta 2  | Dieta 3  | CV (%) | Pr>F     |
|------------|----------|----------|----------|--------|----------|
| Fecundidad | 1088±41b | 1255±37a | 1095±34b | 3,1    | <,0001** |
| fertilidad | 810±91b  | 928±58a  | 832±47b  | 7,8    | <,0001** |

\*\*= Altamente significativo  
CV (%)= Coeficiente de variación en porcentaje

de los adultos hembras de *H. quinoa* de los adultos hembras de *H. quinoa*

En los resultados obtenidos de la Tabla 5, para el efecto de tres dietas artificiales sobre la fecundidad y fertilidad de los adultos hembras, se observan diferencias altamente significativas entre el promedio de posturas en todos los tratamientos con un  $P<0.01$  y un coeficiente de variación de 3,1 y 7,8 %, lo cual indica que la alimentación en estado larval con dietas artificiales afecto en la cantidad de posturas de las hembras de *H. quinoa*. En la prueba de media Duncan al 5%, se observa la cantidad promedio de posturas y la eclosión de las larvas neonatas proveniente de un adulto hembra de *H. quinoa* bajo el efecto de las dietas artificiales. El valor más alto en postura y eclosión se registró con la dieta 2 teniendo 1255 huevos promedio de las cuales 928 eclosionaron, como parámetro medio se tiene la dieta 3 con 1095 posturas promedio y 832 larvas eclosionadas, la eclosión más baja con la dieta 1 de 1088 huevos promedio eclosionaron 810 larvas. Con la dieta 3 Ribeiro (2017), obtuvo una mayor fecundidad y fertilidad, lo que sugiere que el alimento ofrecido en la fase larval proporciona un efecto sobre la capacidad reproductiva.

## Conclusiones

El insecto plaga de la quinua *H. quinoa* se desarrolló satisfactoriamente con las dietas evaluadas, a 21±3 °C. El porcentaje de supervivencia para los estados de huevo, larva y pupa de *H. quinoa* fueron estadísticamente diferentes, en cambio en el estado adulto no se observó diferencias.

El peso de pupa de *H. quinoa* varía de acuerdo a la dieta artificial ofrecida durante el estado larval y se corroboró que el mayor peso de pupas se registra en las hembras.

La dieta 2 (a base de frijol y germen de trigo) fue la más óptima para la cría de *H. quinoa*, por registrar menor tiempo de desarrollo de su ciclo de vida y mayor porcentaje de supervivencia.

Las hembras adultas de *H. quinoa* alimentadas con la dieta 2 registraron mayor fecundidad (% de posturas) y fertilidad (larvas neonatas eclosionadas) en comparación a las dietas 1 y 3.

## Referencias bibliográficas

Beck, L.; Satupper, J. 1949. Nutrición del barrenador europeo del maíz *Pyrausta nubilalis* (HBN). Desarrollo de una dieta purificada satisfactoria para el crecimiento larvario. Sociedad Entomológica de America. In. 1949. p. 483-796.

Callizaya, F. 2017. Temperatura base y constante térmica de desarrollo de *Copitarsia incommoda* Walker (Lepidoptera: Noctuidae), plaga del cultivo

de la quinua, en condiciones controladas. Tesis Ing. Agr. El Alto, Bolivia. UPEA. 77 p.

Cruces, A.; Callohuari, Y. 2016a. Guía de identificación y control de las principales plagas que afecta a la quinua en la zona andina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago, 83 p.

Gandarillas, A.; Saravia, R.; Plata, G.; Quispe, R.; Ortiz, R. 2014. Principales plagas y enfermedades de la quinua. Capítulo 2.6. Brazile D. Et al (ed). Estado del arte de la quinua 2013. FAO. In. 2014. (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). p. 227-235.

Gómez, L. A., E. 2016. Guía de cultivo de la quinua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 117 p.

Gomez, M. 2021. Evaluación del ciclo Biológico de *Helicoverpa quinoa*, *Helicoverpa titicacae*, *Copitarsia incommoda* y *Agrotis* sp., plagas de la quinua, en ambiente controlado. Tesis Ing. Agr. El Alto, Bolivia. UPEA. 70 p.

Mejia, M. 2012. Mejia, M. Tesis Lic. en Biología. Desarrollo de metodologías de cría para *Spodoptera frugiperda* y *Helicoverpa gelatopoeon* plagas de cultivos andinos. UMSS. 71 p.

Ochoa, R. 2009. Diseños experimentales. La Paz Bolivia,

188 p.

- Ribeiro, Z. 2017. Dieta artificial e metodologia de criação massal para o bem-estar de *Helicoverpa armígera*. Tesis Ph. D. Agr. São Paulo, Brasil. Universidade Estadual Paulista-UNESP Campus de Jaboticabal. 137 p.
- Salazar, E.; Bazile,; D. Martinez, E.A. & Leon, P. 2009. Conservación ex situ de los recursos genéticos de maíz (Cea Mayz), quinua (*Chenopodium quinoa*) y algarrobo (*Prosopis chilesis*). Chile. in INIA. proceedings VII simposio de recursos genéticos para América Latina y El Caribe.
- Saravia, R.; Castillo, C.; Quispe R. 2009. Guía técnica para la cria masiva de *Copitarsia incommoda* Walker con dieta artificial.

# IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y CALIDAD DE KISWARA (*Buddleja coriacea*)

Identification of characteristics influencing growth and quality of kiswara (*Buddleja coriacea*).

Ochoa Torrez, Ramiro Raúl<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Docente de la carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto, La Paz -Bolivia.  
choatr@gmail.com

## Resumen

El estudio se centra en el análisis de factores que afectan el crecimiento y la calidad de los plantines de kiswara (*Buddleja coriacea*) en viveros forestales. El estudio se llevó a cabo en el vivero de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, utilizando medidas de altura, diámetro basal y varios índices de calidad. Los resultados muestran que la mayoría de las características de los plantines son bastante homogéneas, con una variabilidad baja en altura, diámetro basal y otras métricas, mientras que el índice de calidad de Dickson presenta mayor fluctuación. El índice de lignificación (IL) se identificó como un predictor significativo de la altura de los plantines, con un aumento en la altura asociado con mayores valores de IL. Por otro lado, el diámetro basal (DB) demostró tener un impacto positivo en el índice de calidad de Dickson, indicando que plantines con un mayor diámetro basal tienen una mejor calidad según este índice. En conclusión, el IL y el DB son factores clave para el crecimiento y la calidad de los plantines de kiswara, lo que sugiere que la mejora en estos aspectos puede optimizar las prácticas de manejo en viveros y contribuir al éxito de proyectos de reforestación.

## Palabras Clave:

Kiswara, calidad, vivero, plantín, relación.

## Abstract

The study focuses on the analysis of factors affecting the growth and quality of kiswara (*Buddleja coriacea*) seedlings in forest nurseries. The study was carried out in the nursery of the Agronomy Engineering career of the Public University of El Alto, using measurements of height, basal diameter and several quality indexes. The results show that most of the characteristics of the seedlings are quite homogeneous, with low variability in height, basal diameter and other metrics, while the Dickson quality index shows greater fluctuation. Lignification index (LI) was identified as a significant predictor of seedling height, with increased height associated with higher LI values. On the other

hand, basal diameter (DB) was shown to have a positive impact on the Dickson quality index, indicating that seedlings with a larger basal diameter have better quality according to this index. In conclusion, IL and DB are key factors for the growth and quality of kiswara seedlings, suggesting that improvement in these aspects can optimize nursery management practices and contribute to the success of reforestation projects.

### Keywords:

Kiswara, quality, nursery, seedling, relationship.

## Introducción

La kiswara es una especie arbustiva nativa de los Andes, la cual desempeña un papel crucial en la conservación de los ecosistemas altoandinos, sumados a su capacidad para prosperar en altitudes extremas y condiciones climáticas adversas como son la sequía, falta de luz solar, heladas y vientos constantes, la convierte en una especie valiosa tanto ecológica como para la protección de suelos, así mismo la kiswara además de su valor ecológico, la kiswara tiene propiedades antiinflamatorias y antiartríticas, y se ha utilizado tradicionalmente para aliviar problemas de hígado, próstata, diabetes y dolores relacionados con la artrosis (Apaza et al., 2022; Prado, 2018).

En los ecosistemas altoandinos de los Andes, se tiene la presencia de kiswara (*Buddleja coriacea*), el cual es un arbusto nativo, un recurso valioso para la restauración ecológica y la protección de suelos en las regiones, y esta su capacidad de prosperar en altitudes extremas y condiciones climáticas duras, la hacen muy valiosa para la restauración ecológica y cultural (Aguilar et al., 2009; Magne, 2015).

Sin embargo, a pesar de su importancia forestal, ecológica, biológica y cultural, los factores que determinan el crecimiento y la calidad de los plantines de kiswara en viveros forestales han sido poco explorados (Magne, 2015).

A pesar de la importancia del desarrollo inicial de las plántulas en vivero, la literatura es escasa sobre los factores específicos que afectan al crecimiento y calidad de kiswara en vivero. Como señalan Martínez et al. (2017), es importante tener conocimiento de los factores que inciden o se relaciona con el desarrollo de los cultivos, para poder proponer técnicas más efectivas para disminuir las pérdidas.

Así mismo Velazquez et al. (2017), afirman que la calidad de los plantines en viveros es crucial para el éxito de los proyectos de reforestación y restauración, por lo que estudios de factores como el tamaño de la planta, y otras características morfológicas adecuadas pueden influir en la calidad de los plantines de kiswara, los que contribuirán en el desarrollo y fortaleza de las plantas a ser trasplantadas al campo.

El presente estudio plantea realizar un análisis de los factores que afectan el crecimiento de las plántulas, así como en la calidad de las plántulas de kiswara. La identificación de estos factores brindará herramientas prácticas para mejorar las prácticas de manejo en los viveros y mejorar la efectividad de las iniciativas de reforestación que involucran a la kiswara.

Por lo que planteamos como objetivo analizar las características morfológicas que influyen en el crecimiento y la calidad de los plantines de kiswara (*Buddleja coriacea*), con el propósito de determinar los factores clave que contribuyen al desarrollo óptimo de la especie en condiciones de vivero.

## **Materiales y métodos**

### **Localización**

El presente estudio se llevó en el vivero forestal de la carrera de Ingeniera Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, ubicado en el Centro Experimental de Kallutaca, situado en el municipio de Laja, de la provincia Los Andes del departamento de La Paz, geográficamente situada entre los paralelos 16°31'30" de latitud sur y 68°18'25" de longitud oeste a una altitud de 3900 msnm (Quispe, 2024).

### **Materiales**

Se emplearon como materiales Plantines de Kiswara (*Buddleja coriacea*) para el cultivo en vivero. Sustratos (tierra, compost, estiércol) adecuada para el crecimiento de plantines.

Como instrumentos de

medición se empleó: calibrador digital o vernier para medir el diámetro basal de los plantines, regla o cinta métrica para medir la altura de las plantas, balanza digital para determinar la biomasa de las plantas.

Como materiales de registro y documentación: cuadernos de campo para registrar observaciones y datos de medición, computadoras con software para análisis estadístico.

### **Métodos**

#### **Enfoque**

El enfoque del estudio es cuantitativo porque se centra en la recolección y análisis de datos numéricos, aplicando técnicas estadísticas para explorar y comprender las características que influyen en el crecimiento y calidad de los plantines de kiswara

#### **Tipo de estudio**

El tipo de estudio es descriptivo y correlacional porque se enfoca en describir las características de los plantines de kiswara y en analizar cómo estas características están relacionadas entre sí.

#### **Población**

La población de estudio estuvo constituida por todos los plantines de kiswara que se encuentran bajo observación y análisis en el marco de este estudio en el Centro Experimental de Kallutaca.

#### **Muestra**

La muestra estuvo constituida por todos los plantines de kiswara que se seleccionaron del total de la población.

## Tipo de muestreo

El tipo de muestreo empleado fue el muestreo probabilístico, siendo el muestreo aleatorio simple.

## Técnica e instrumentos

La técnica empleada fue la observación directa y medición cuantitativa, y los instrumentos incluyeron a la cinta métrica, calibrador digital, balanza digital y software de análisis estadístico.

## Variables de estudio

Las variables de estudio según recomienda Mamani (2022), fueron: Altura de planta AP (cm), Diámetro basal del tallo DB (mm), Índice de lignificación (IL), Índice de biomasa (IB), Índice de robustez (IR), Índice de calidad de Dickson (IC).

## Análisis estadístico

Los análisis estadísticos que se emplearon fueron:

- **Análisis Descriptivo:** Estadísticas Básicas: media, mediana, desviación estándar y rango de las medidas de altura, diámetro basal y biomasa.
- **Correlación:** Correlación de Pearson, para determinar la relación entre variables continuas.
- **Regresión Lineal Simple:** Para examinar la relación entre una variable dependiente y una variable independiente.
- **Selección de modelos:** Para evaluar cual variable tiene mayor influencia sobre el desarrollo y la calidad de

plantines se empleó Criterio de Información Bayesiano (BIC).

## Resultados y Discusión

### Estadísticas descriptivas

En la Tabla 1, se aprecia las estadísticas descriptivas, de estas se puede señalar que, en promedio, la altura de las plantas fue de 27,91 cm, los cuales presentan una variabilidad moderada, una ligera asimetría positiva, lo que significa que hay algunas plantas que son un poco más altas que la mayoría, con relación a la Kurtosis sugiere una menor concentración de datos en el centro; con relación al diámetro basal de las plantas está fue de 4,66 mm, las medidas son bastante homogéneas; hay algunos diámetros ligeramente mayores; el valor medio del índice de lignificación fue de 27,09, nos indica un valor alto de lignificación ( $>11,33$ ), la distribución es bastante simétrica; el valor promedio de la biomasa (2,46): indica la cantidad total de materia orgánica producida, siendo su calidad media (2 – 2,4); e índice de robustez de 6,03, nos indica que se tiene un rango y calidad media (6 – 7,9), la variabilidad es extremadamente baja, algunos valores ligeramente menores de robustez; el valor medio del Índice de Calidad de Dickson (0,22), nos indica que la calidad de los plantines es media (0,2 – 0,5) (Rueda et al., 2014), se tiene poca variabilidad en los valores de calidad, así mismo la variabilidad es relativamente alta en la calidad de los plantines.

Tabla 1

Estadísticas descriptivas de variables de plantines de kiswara

| Var | M     | SD   | CV    | Asi   | Kur   |
|-----|-------|------|-------|-------|-------|
| AP  | 27,91 | 1,93 | 6,91  | 0,19  | -1,01 |
| DB  | 4,66  | 0,28 | 6,11  | 0,38  | -0,98 |
| IL  | 27,09 | 1,66 | 6,13  | -0,1  | -0,86 |
| IB  | 2,46  | 0,3  | 12,19 | 0,34  | -0,42 |
| IR  | 6,03  | 0,11 | 1,89  | -0,38 | 0,86  |
| IC  | 0,22  | 0,03 | 15,04 | 0,11  | -0,39 |

Nota: M = Media; SD = Desvío estándar; CV = Coeficiente de variación; Asi = Asimetría; Kur = Kurtosis.

Correlación

Los coeficientes de correlación de Pearson muestran relaciones variadas entre las variables: DB e IL tienen una correlación positiva moderada (0,551), indicando que a medida que una aumenta, la otra también tiende a aumentar. Entre DB e IB, la relación es muy débil (0,110), sugiriendo una mínima tendencia conjunta. La correlación entre DB e IR es baja (0,296), así como entre DB e IC (0,324), indicando una ligera tendencia a aumentar juntos. IL e IB presentan una correlación positiva moderada (0,654), sugiriendo una relación significativa entre ellas. La relación entre IL e IR (0,256) y entre IL e IC (0,469) es baja a moderada, mostrando una tendencia leve a aumentar conjuntamente. IB e IR tienen una correlación positiva baja (0,293), y la relación entre IB e IC (0,230) es también baja. Finalmente, la correlación entre IR e IC es muy débil (0,111), indicando una casi inexistente tendencia conjunta. En general, las relaciones son principalmente bajas a moderadas, con pocas correlaciones significativas entre las variables (Tabla 2).

Tabla 2

Coefficientes de correlación de Pearson de variables de plantines de kiswara

|    | AP     | DB     | IL     | IB    | IR    |
|----|--------|--------|--------|-------|-------|
| DB | ,506** |        |        |       |       |
| IL | ,551** | ,654** |        |       |       |
| IB | 0,110  | 0,054  | 0,048  |       |       |
| IR | ,296*  | 0,256  | ,293*  | 0,180 |       |
| IC | ,324*  | ,469** | ,454** | 0,111 | 0,230 |

\*: p<0.05; \*\*: p<0.01.

Considerando la altura de planta como variable dependiente

El pedagogo norteamericano, John La altura adecuada de los plantines de kiswara (Buddleja coriacea), los plantines están listos para el trasplante cuando alcanzan una altura entre 25 y 30 cm, aunque esta distancia variará de acuerdo a la especie (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022).

Formulandolascombinaciones para poder determinar el mejor modelo, considerando como variable dependiente a la altura de planta (Tabla 3), Criterio de Información Bayesiano (BIC) o también llamado el criterio de información de Schwarz, que según Caballero (2011), para la selección de modelos se debe de seleccionar aquel que tenga el valor más bajo. En nuestro caso de los 10 modelos, el modelo 1 es el que presenta el valor BIC más bajo comparado con el resto de los modelos, este considera como variable independiente al índice de lignificación.

Tabla 3

Modelos propuestos formulados considerando como variable dependiente a la altura de planta

| Modelos | BIC    | 1  | 2  | 3  |
|---------|--------|----|----|----|
| 1       | 200,19 | IL |    |    |
| 2       | 201,37 | DB | IL |    |
| 3       | 202,66 | IL | IR |    |
| 4       | 203,49 | DB |    |    |
| 5       | 203,60 | IL | IB |    |
| 6       | 203,61 | IL | IC |    |
| 7       | 204,10 | DB | IL | IR |
| 8       | 204,82 | DB | IL | IB |
| 9       | 205,19 | DB | IL | IC |
| 10      | 205,37 | DB | IR |    |

El análisis de regresión muestra que tanto la constante (intersección) como la variable independiente IL son estadísticamente significativas en el modelo. La constante tiene un coeficiente de 10,59 con un error estándar de 3,79, y es significativa con un valor t de 2,79 (p-valor = 0,0075), lo que indica que, cuando IL es cero, la variable dependiente tiene un valor promedio de 10,59. Por otro lado, el coeficiente de IL es 0,64 con un error estándar de 0,14, y es altamente significativo (t = 4,57, p-valor < 0,0001), lo que sugiere que por cada unidad adicional en IL, la variable dependiente aumenta en promedio en 0,64 unidades, manteniendo constantes las demás variables del modelo. Estos resultados indican que IL es un predictor fuerte y positivo de la variable dependiente (Tabla 4).

Tabla 4

Coefficientes de la relación entre la altura de planta y el índice de lignificación

| Coef  | Est.  | E.E. | T    | p-valor |
|-------|-------|------|------|---------|
| const | 10,59 | 3,79 | 2,79 | 0,0075  |
| IL    | 0,64  | 0,14 | 4,57 | <0,0001 |

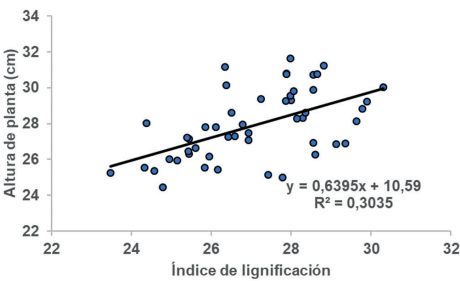
Con la anterior información generamos el siguiente modelo:

$AP=10,59+0,64IL$

En la Figura 1, se aprecia, que la relación entre el índice de lignificación y la altura de planta es positiva, donde por cada unidad que se incremente el índice de lignificación, la altura de planta se incrementara en 0,6395 cm, así mismo la altura depende del índice de lignificación en un 30,35%.

Figura 1

Regresión lineal simple entre el índice de lignificación y la altura de planta



Los resultados del análisis de regresión muestran que el Índice de Lignificación (IL) es un predictor fuerte de la altura de los plantines, con un aumento significativo en la altura asociado a mayores valores de IL. Este hallazgo coincide con la literatura que señala la importancia de la lignificación en el desarrollo estructural de las plantas, ya que una mayor lignificación puede contribuir a una mayor robustez y capacidad de crecimiento. La relación positiva entre IL y altura resalta la importancia de monitorizar y ajustar el índice de lignificación para optimizar el crecimiento de los plantines en vivero.

Considerando al índice de calidad de Dickson como variable dependiente

El índice de calidad de Dickson, se lo emplea para evaluar la calidad de las plantas en viveros forestales, un mayor valor del índice indica una mejor calidad de las plántulas (Prieto et al., 2009).

Formulando las combinaciones para poder determinar el mejor modelo, considerando como variable dependiente al Índice de calidad de Dickson (Tabla 5), el modelo número 1 aparece como preferido, el cual presenta como variable independiente al diámetro basal (DB), dado el menor valor del Criterio de Información Bayesiano (BIC) (Rodríguez, 2006).

Tabla 5

Modelos propuestos formulados considerando como variable dependiente a la altura de planta

| Modelos | BIC     | 1  | 2  | 3  |
|---------|---------|----|----|----|
| 1       | -199,42 | DB |    |    |
| 2       | -198,55 | IL |    |    |
| 3       | -198,00 | DB | IL |    |
| 4       | -196,35 | DB | IR |    |
| 5       | -196,16 | AP | DB |    |
| 6       | -195,98 | DB | IB |    |
| 7       | -195,29 | IL | IR |    |
| 8       | -195,14 | IL | IB |    |
| 9       | -195,13 | AP | IL |    |
| 10      | -194,55 | DB | IL | IB |

El Diámetro Basal (DB) tiene un impacto positivo y significativo en la variable dependiente índice de calidad de Dickson, con un aumento esperado de 0,06 unidades en el valor por cada milímetro que se incremente en diámetro basal, por otro lado, la constante no es estadísticamente significativa, lo que sugiere que no

tiene un impacto relevante (Tabla 6).

Tabla 6

Coeficientes de la relación entre la altura de planta y el índice de lignificación

|       |                |                |       |                |
|-------|----------------|----------------|-------|----------------|
| DB    | 0'06           | 0'05           | 3'98  | 0'0000         |
| const | -0'03          | 0'01           | -0'40 | 0'9530         |
| Cóef  | E <sub>2</sub> | E <sub>1</sub> | L     | b <sub>0</sub> |

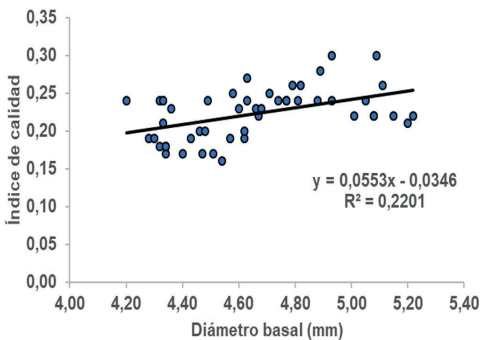
Con la anterior información generamos el siguiente modelo:

IC=-0,03+0,06DB

En la Figura 2, se aprecia, que la relación entre el índice de calidad y el diámetro basal es positiva, así mismo el índice de calidad depende del diámetro basal en un 22,01%.

Figura 2

Regresión lineal simple entre el índice de lignificación y la altura de planta



Los resultados del análisis de regresión indican que el Diámetro Basal (DB) tiene un impacto positivo y significativo en el índice de calidad de Dickson, DB es un factor clave en la explicación de la variabilidad de la variable dependiente.

En cuanto al índice de calidad

de Dickson, el Diámetro Basal (DB) mostró una relación positiva significativa. Este resultado subraya la relevancia del diámetro basal como un indicador clave de la calidad de los plantines. Un mayor diámetro basal, que refleja un crecimiento más robusto y una mayor acumulación de biomasa, está asociado con una mejor calidad de los plantines, lo que es consistente con la teoría de que una mayor masa y desarrollo estructural contribuyen a una mejor adaptación y supervivencia en el campo.

A pesar de las relaciones significativas encontradas, los coeficientes de correlación entre las variables indicaron que algunas relaciones eran débiles o casi inexistentes. Esto puede deberse a factores no considerados en el estudio, como la variabilidad en las prácticas de manejo del vivero, las diferencias en la calidad del sustrato, o factores ambientales no controlados.

### Conclusiones

- El análisis de las variables de crecimiento y calidad de los plantines de kiswara muestra que la mayoría de las características tienen una baja variabilidad, lo que indica que los plantines son bastante homogéneos en términos de altura, diámetro basal, lignificación, biomasa, robustez y calidad según el índice de Dickson.
- La distribución de estas variables es generalmente simétrica o ligeramente sesgada, con una tendencia

a ser más plana que una distribución normal. La mayor variabilidad se observa en el índice de calidad de Dickson, lo que sugiere que la calidad de los plantines tiene más fluctuaciones en comparación con otras características.

- Los coeficientes de correlación varían de positivos bajos a moderados, indicando que en algunos casos hay una relación significativa, aunque en otros la relación es más débil o casi inexistente.
- De los modelos formulados considerando a la altura como variable dependiente, el Índice de Lignificación (IL) influye positivamente en la altura de la planta.
- En el caso del índice de calidad, se pudo apreciar que la relación con el diámetro basal es positiva.

### Referencias bibliográficas

- Aguilar, L., Piepenstock, A., y Burgoa, W. (2009). Especies nativas kewiña (*Polylepis* sp.) y kiswara (*Buddleja* sp.) en barreras vivas: una alternativa para reducir la degradación de suelos y mejorar las condiciones de vida en la zona altoandina de Bolivia. *Acta Nova*, 4(2-3), 425-438. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892009000100021&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892009000100021&lng=es&tlng=es).

- Apaza, L., Siñani, G., Aguilar, F., SánchezC., y Slowing, K. (2022). Anti-inflammatory and anti-arthritis effects of compounds from *Buddleja coriacea*. *Nat Prod Res*, (10), 1-5. 10.1080/1478641
- Caballero, F. (2011). Selección de modelos mediante criterios de información en análisis factorial. Aspectos teóricos computacionales [Tesis Doctoral, Universidad de Granada]. <https://digibug.ugr.es/964808.pdf?sequen>
- Magne, A. (2015). Valoración fitosanitaria de la kiswara (*Buddleja coriacea* Remy) y la queñua (*Polylepis incana* Kunth) especies ornamentales en la ciudad de El Alto – La Paz [Trabajo Dirigido de Pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/12345>
- Mamani, Y. (2022). Determinación de la calidad de plantines de kiswara (*Buddleja coriacea* Remy) con cuatro sustratos a partir del repique en vivero, en la ciudad de Viacha - La Paz [Tesis de Licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés].
- Martínez, M., Balois, R., Alia, I., Cortes, M., Palomino, Y., y López, G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(spe19), 4075-4087. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.674>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2022). Manual viveros forestales. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.proamazonia.org/wp-content/uploads/2023/09/MANUAL-VIVEROS-FORESTALES.pdf>
- Prado, S. (2018, 27 de julio). La kiswara. *GustuBlog*. <https://blog.gustu.bo/?p=552>
- Prieto, J., García, J., Mejía, J., Huchín, S., y Aguilar, J. (2009). Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <http://sivicooff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnicos/Lista%20de%20documentos/Viveros%20forestales/Manual%20Produccion%20de%20planta%20de%20Pinus%20en%20vivero.pdf>
- Quispe, J. (2024). Evaluación del efecto de cuatro tratamientos pregerminativos en semillas de molle (*Schinus molle* L.) en la Estación Experimental de Kallutaca [Tesis de Licenciatura, Universidad Pública de El Alto].
- Rodríguez, A. (2006). Un procedimiento bayesiano para la selección de modelos. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, 39, 427-442. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1465578.pdf>
- Rueda, A., Benavides, J., Saenz, J., Muñoz, H., Prieto, J., y Orozco, G. (2014). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista mexicana de ciencias forestales*,

5(22), 58-73. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322014000200005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322014000200005&lng=es&tlng=es).

Velazquez, C., Orozco, A., Rojas, M., Sánchez, M., y Cervantes, V. (2017). La reproducción de las plantas: Semillas y meristemas. Fondo de Cultura Económica. <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/lcpt157.htm>

# ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA SUPERFICIE QUEMADA POR INCENDIOS FORESTALES Y CHAQUEOS EN LA PAZ - BOLIVIA

*Multitemporal analysis of the surface area by forest fires and burn in La Paz - Bolivia*

Coronel Cortez, René Felipe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Docente Carrera Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, El Alto, La Paz - Bolivia  
rc2020bo@gmail.com cel. 71957708

## Resumen

El artículo analiza el impacto de los incendios forestales y los chaquesos en La Paz - Bolivia, destacando su aumento en las últimas décadas debido al cambio climático y la expansión agrícola. Utilizando imágenes satelitales y análisis multitemporal, se estudia la extensión y frecuencia de estas quemadas, revelando una superficie acumulada de 33 millones de hectáreas quemadas, con los departamentos de Santa Cruz y Beni como los más afectados. El análisis destaca que los incendios no solo destruyen la biodiversidad y alteran los ciclos hidrológicos, sino que también amenazan la seguridad alimentaria y el acceso al agua. Se subraya la necesidad de una intervención estatal para hacer cumplir las leyes ambientales y mitigar estos impactos antes de que causen más daños irreparables al ecosistema y a la sociedad.

## Palabras claves

Chaqueo, Incendio forestal, Cambio climático, Calentamiento global.

## Abstract

The article analyses the impact of forest fires and slash-and-burn operations in La Paz - Bolivia, highlighting their increase in recent decades due to climate change and agricultural expansion. Using satellite images and multitemporal analysis, the extent and frequency of these fires are studied, revealing a cumulative area of 33 million hectares burned, with the departments of Santa Cruz and Beni being the most affected. The analysis highlights that fires not only destroy biodiversity but also alter hydrological cycles. But also threaten food security and access to water. The need for state intervention to enforce environmental laws and mitigate these impacts before they cause further irreparable damage to the ecosystem and society is underlined.

## Keywords

Chaqueo, Forest fire, Climate change, Global warming.

## Introducción

Los incendios forestales son eventos de perturbación que han formado parte de la dinámica de muchos ecosistemas en el mundo, influyendo en su composición, estructura y funcionamiento. Sin embargo, en las últimas décadas se ha visto una alteración de los regímenes históricos de incendios a nivel mundial y regional, comprendido por eventos más frecuentes, intensos y severos, que afectan seriamente el estado de conservación de los bosques, la biodiversidad y los procesos naturales que sostienen.

En Bolivia, los incendios forestales provocados por el cambio climático y el calentamiento global, así como por los chaqueos indiscriminados y no controlados con el fin de ampliar la frontera agrícola son cada vez más recurrentes y tienden a alterar el equilibrio ecológico en diferentes ecosistemas, sin darnos cuenta que estos están afectando incluso a los habitantes en las grandes urbes del país con la contaminación del aire y los recursos hídricos principalmente.

Los incendios forestale y los chaqueos son fenómenos que afectan significativamente los ecosistemas, la biodiversidad y las actividades agrícolas. Estos eventos pueden alterar el suelo, el clima local y los ciclos hidrológicos, impactando negativamente la productividad agrícola. El análisis multitemporal permite estudiar la evolución de estos fenómenos a lo largo del tiempo, facilitando la comprensión de sus impactos en la agricultura (Kuhnell et al., 1998).

Un estudio realizado

por la Fundación Amigos de la Naturaleza contempla los regímenes de fuego histórico señala que la superficie quemada acumulada es aproximadamente de 33 millones de hectáreas en todo el territorio nacional, siendo Santa Cruz y Beni los departamentos con mayor superficie afectada (Rodríguez, 2014).

El procesamiento de imágenes satelitales permite utilizar software GIS para procesar imágenes satelitales y detectar cambios en la cobertura del suelo (Chuvieco et al., 2010).

Aplicar métodos estadísticos para correlacionar la frecuencia y magnitud de los incendios con la productividad agrícola, puede ayudarnos a predecir futuros acontecimientos.

El modelado temporal nos permite desarrollar modelos multitemporales para predecir futuros impactos de incendios en la agricultura (Bastarrika et al., 2011).

Los incendios forestales y los chaqueos son fenómenos recurrentes en diversas regiones del mundo, particularmente en áreas tropicales y subtropicales. Estos eventos no solo afectan la biodiversidad y la calidad del suelo, sino que también tienen un impacto significativo en el balance hídrico de las regiones afectadas. El balance hídrico, que describe la relación entre la entrada y salida de agua en un sistema determinado, puede alterarse considerablemente debido a la deforestación y la modificación de la cobertura vegetal, lo que afecta la infiltración, la escorrentía y la evapotranspiración.

La teledetección se ha convertido en una herramienta

clave para monitorear incendios forestales y cambios en la cobertura vegetal. Mediante el uso de imágenes satelitales y análisis multitemporales, es posible identificar áreas afectadas por el fuego, cuantificar la extensión de la superficie quemada y evaluar la recuperación de la vegetación post-incendio.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue realizar un análisis multitemporal de los incendios forestales y chaqueros del departamento de La Paz por año en los periodos 2019, 2020, 2021 llegando a cartografiar las áreas afectadas. Realizar un análisis multitemporal de incendios forestales y chaqueros ofrece una comprensión profunda de su impacto en la agricultura. Esta investigación busca contribuir a la sostenibilidad agrícola y la preservación del medio ambiente llamando la atención de todos los lectores.

### Materiales y métodos

La metodología empleada fue la siguiente.

#### Selección de la región de estudio

De manera general la región del estudio comprende el territorio boliviano para ver la recurrencia de incendios forestales y chaqueros.

#### Recopilación de datos

- **Adquisición y procesamiento de las imágenes satelitales**

Se utilizaron imágenes satelitales de fuentes como LandSat 8, Sentinel-2 y MODIS para la detección y seguimiento de incendios. Las imágenes serán adquiridas en intervalos de tiempo regulares (mensual) a lo largo de un año.

- **Datos climáticos**

Se recopilaron los datos climáticos históricos, como temperatura, precipitación y humedad, para comprender las condiciones que favorecen los incendios.

#### Análisis multitemporal de las imágenes satelitales

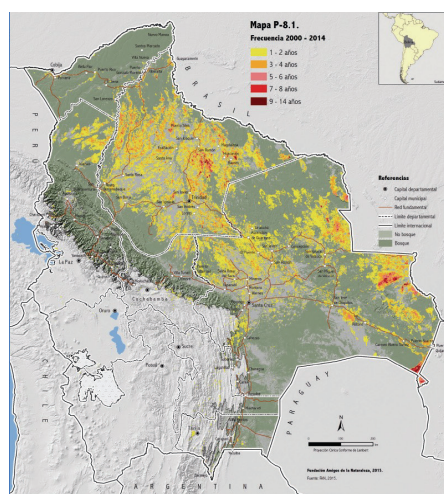
Se realizaron los análisis estadísticos para correlacionar la extensión y la intensidad de los incendios con las variaciones, realizando la comparación temporal por año.

### Resultados y discusión

Los resultados de esta investigación proporcionarán información valiosa para agricultores, formuladores de políticas y organizaciones ambientales. Esto permite la adopción de prácticas agrícolas más resilientes y el desarrollo de políticas efectivas para la prevención y manejo de incendios (Fornacca et al., 2017).

#### Figura 1

*Quemas e incendios forestales en Bolivia 2000 - 2014*



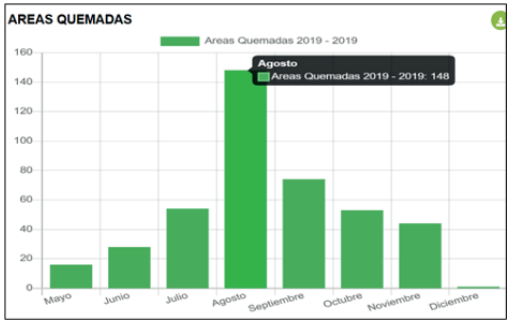
Fuente: FAN y WCS, 2021

Es esta Figura 1, se observa el área quemada durante las gestiones del 2000 al 2014, el color amarillo representa el área quemada con una duración entre 1 a 2 años en frecuencia, mientras que los colores oscuros (café), representan el área quemada con frecuencia de 9 a 14 años, es decir muy recurrentes.

En los años 2004, 2005 y 2010, se registraron la mayor cantidad de áreas quemadas, superando los 3 millones de hectáreas cada año. El 2010 supero la temporada de incendios más extrema con aproximadamente 6 millones de hectáreas quemadas atribuidas a las fuertes sequias y heladas que se registraron durante ese año. (Ibarnegaray et al., 2014)

Figura 2

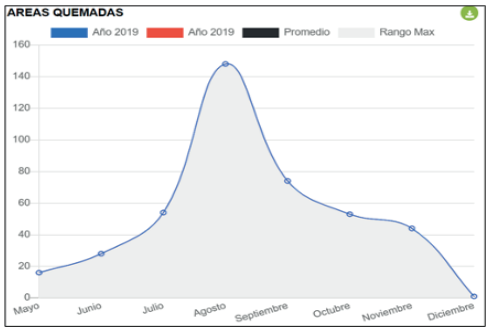
Superficie quemada en La Paz, año 2019



Fuente: SATRIFO, 2024

Figura 3

Curva de la superficie quemada en La Paz, año 2019

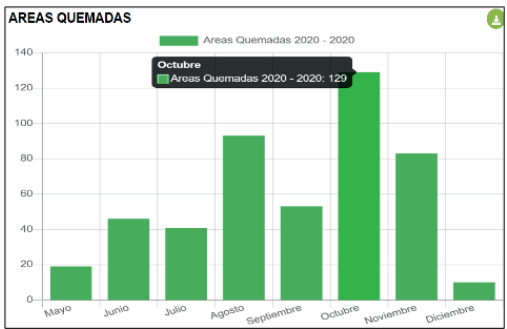


Fuente: SATRIFO, 2024

Tanto la Figura 2, como las 3 muestran las áreas quemadas durante la gestión 2019, siendo el mes de agosto donde se produjo más quemas e incendios, probablemente debido a las sequias prolongadas, seguidas del mes de septiembre, mientras que en julio y octubre casi en la misma proporción de incendios forestales.

Figura 4

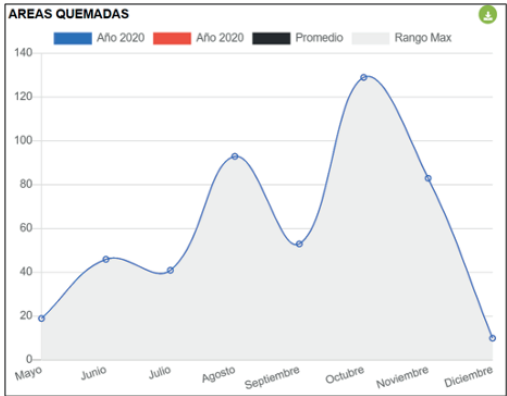
Superficie quemada en La Paz, año 2020



Fuente: SATRIFO, 2024

Figura 5

Curva de la superficie quemada en La Paz, año 2020



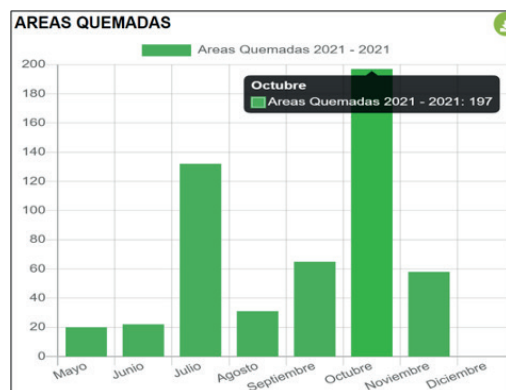
Fuente: SATRIFO, 2024

Como se observa en las Figuras 4 y 5, las quemas durante la gestión 2020 tienen su máxima expresión

de acuerdo al histograma el mes de octubre y de manera general los incendios se fueron incrementando de manera progresiva desde el mes de mayo con picos en junio, agosto y octubre esto debido a las sequías que se produjeron en esa gestión y a las lluvias atrasadas en el año 2020.

**Figura 6**

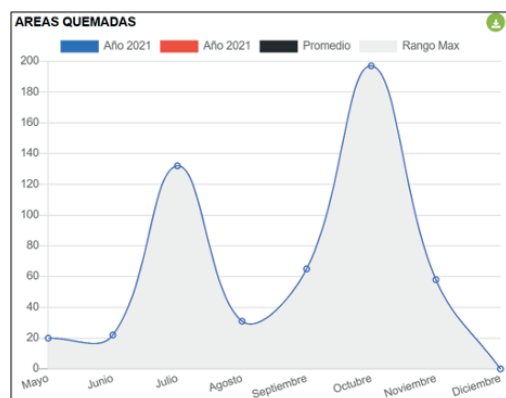
*Superficie quemada en La Paz, año 2021*



Fuente: SATRIFO, 2024

**Figura 7**

*Curva de la superficie quemada en La Paz, año 2021*

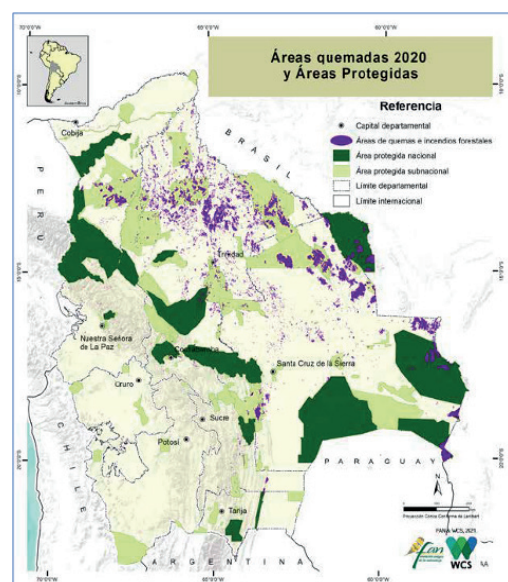


Fuente: SATRIFO, 2024

Por último, en las Figuras 6 y 7, se pueden apreciar el movimiento ascendente de las quemas en el departamento de La Paz, obteniendo dos puntos de mayor quema los meses de julio y octubre llegando a la cúspide el mes de octubre con mayor superficie quemada durante esta gestión con 197 focos de calor.

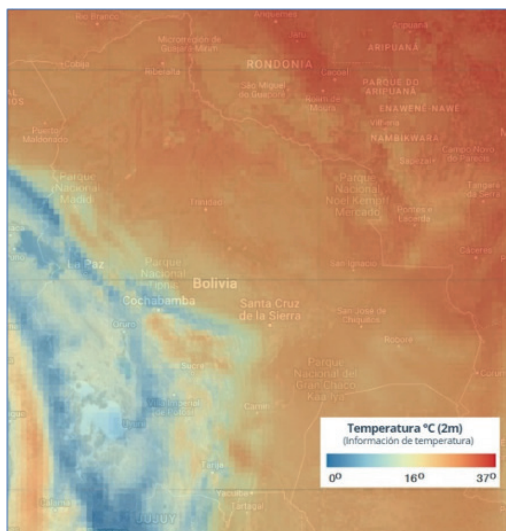
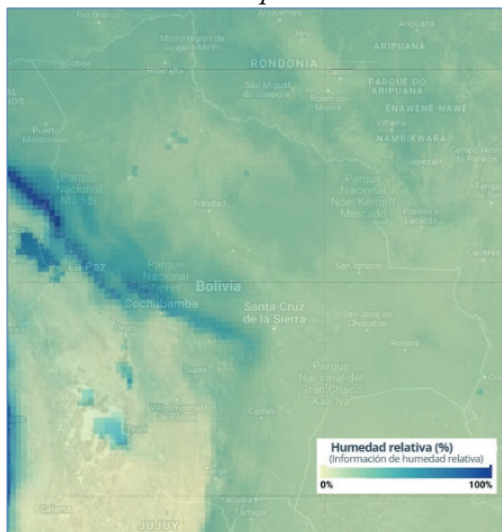
**Figura 8**

*Superficie quemada en año 2020 incluyendo en Áreas protegidas*



Fuente: FAN y WCS, 2021

En la Figura 8, se puede ver que las quemas e incendios ya se localizan en algunas áreas protegidas de toda Bolivia, donde el SERNAP está perdiendo autoridad al no resguardar el área de parques nacionales, áreas de conservación y territorios indígenas, lo cual provocaría un desastre sin precedentes en la biodiversidad de estas regiones.

**Figura 9***Datos de temperatura***Figura 10***Humedad relativa promedio*

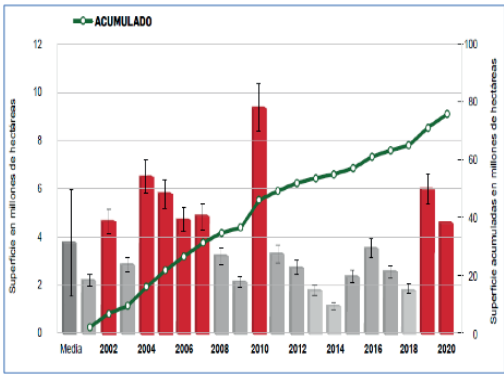
En la Figura 9, se puede apreciar como la temperatura coadyuva a la generación de los focos de calor, además de que a esto se añade una disminución de la humedad relativa a causa de las sequías que incrementan el riesgo de la generación de incendios (Figura 10).

En las siguientes figuras podemos comparar el año 2010 donde se tuvo la mayor superficie quemada (Figura 11) y el año 2019 donde se tiene una disminución de las áreas afectadas por los incendios forestales. Sin embargo, el fenómeno se hace recurrente hasta la fecha debido a la pérdida de bosque, menor concentración de agua en la zona y mayor posibilidad de presentación de sequías y heladas.

**Figura 11***Superficies quemadas el año 2010***Figura 12***Superficie quemada el año 2019*

Figura 13

Histórico anual de áreas quemadas en Bolivia



Fuente: Datos: 2001 a 2018 en base a MCD64A1-MODIS; 2019 y 2020 en base a Sentinel-2.

Según estimaciones del proyecto BOLFOR, la superficie quemada anualmente en Bolivia era de aproximadamente 100 mil hectáreas por año hasta antes de 1999. Esto se incrementó drásticamente en 1999, ya que, sólo entre los meses de agosto y septiembre de ese año, los incendios se habrían extendido sobre más de 12 millones de hectáreas (BOLFOR y CAF 2000).

Desde entonces, las superficies quemadas cada año en el país aumentaron significativamente, habiendo alcanzado entre el 2001 y 2020 un promedio anual (media) de 3,7 millones de hectáreas (Figura 13), pero, con una dinámica temporal y espacial que resulta heterogénea (Coeficiente de variación= 54,9%), existiendo años donde los incendios sobrepasaron el promedio (Figura 13), y otros donde no superaron los 2 millones de hectáreas quemadas FAN y WCS (2021).

Tabla 1

Superficie quemada en Bolivia por tipo de vegetación, año 2022

|    | Tipos de vegetación           | Area quemada (ha) | Tipo de vegetación (%) |
|----|-------------------------------|-------------------|------------------------|
| 1  | Sabana                        | 1.403.628         | 31%                    |
| 2  | Cerrado                       | 1.132.750         | 25%                    |
| 3  | Bosque chiquitano             | 465.824           | 10%                    |
| 4  | Vegetación inundable          | 454.24            | 10%                    |
| 5  | Agropecuaria                  | 225.231           | 5%                     |
| 6  | Sabana y/o pampa arbolada     | 199.281           | 4%                     |
| 7  | Bosque amazónico              | 181.946           | 4%                     |
| 8  | Bosque chiquitano - amazonico | 124.223           | 3%                     |
| 9  | Bosque inundable              | 120.489           | 3%                     |
| 10 | Bosque chiquitano - chaqueño  | 63.456            | 1%                     |
| 11 | Bosque boliviano - tucumano   | 48.393            | 1%                     |
| 12 | Pajonal                       | 42.556            | 1%                     |
| 13 | Arbustal y/o matorral         | 37.735            | 1%                     |
| 14 | Bosque interandino            | 25.692            | 1%                     |
| 15 | bosque chaqueño               | 9.912             | <1%                    |
| 16 | Bosque yungas                 | 4.578             | <1%                    |
| 17 | Bosque andino                 | 453               | <1%                    |
| 18 | Abayoy                        | 58                | <1%                    |
|    | Total                         | 4.540.463         | 100%                   |

Fuente: BOLFOR y CAF, 2000.

En esta Tabla 1, se puede ver el tipo de cobertura vegetal afectado por los incendios forestales en la gestión 2022 a nivel nacional, siendo la mayor presencia de incendios en las sabanas (pasturas) y cerrado, seguidos por el bosque chiquitano del departamento de Santa Cruz.

Conclusiones

De acuerdo con todo lo expuesto llegamos a las conclusiones de que debemos tomar conciencia sobre los incendios forestales provocados de manera natural por el calentamiento global, incremento de temperaturas y las largas épocas de sequía. Sin embargo, también se presentan incendios provocados por gente que tiene el objetivo de asentarse en terrenos fiscales no autorizados, provocando los chaqueos

no controlados con el fin de habilitar nuevas tierras para cultivos u otro tipo de explotación de recursos naturales.

Lamentablemente los incendios provocados conllevan a un mal manejo del fuego al deforestar muchas áreas protegidas e incluso parques nacionales y territorios indígenas. Al mismo tiempo esta gente no tiene conocimiento del manejo del fuego, por lo tanto, se hace necesario educar y prevenir a la gente sobre el uso del fuego para evitar los incendios forestales y preservar nuestro medio ambiente.

Por su parte el estado boliviano debe ajustar las sanciones para la gente que se encuentre en flagrancia provocando incendios forestales, ya que no es un derecho humano chaquear como algún politiquero dijo en algún momento, sino más bien aplicar las leyes que lastimosamente se quedan en simples papeles y deseos.

Debemos tomar en cuenta que al realizar quemas indiscriminadas estamos afectando el hábitat de muchas especies que entraran en fase de extinción sin ni siquiera haber sido estudiadas por los especialistas biólogos, ecologistas, agrónomos y científicos dedicados a la conservación de estas especies.

Con el transcurso de los años los incendios forestales son cada vez más recurrentes y esto afecta el balance hidrológico de la zona e incluso del continente, provocando escases de agua tanto para consumo humano como para la producción agrícola que se ve afectada por el

incremento de sequía en frecuencia y duración, deterioro del suelo por los cambios de cobertura y obviamente afectando la seguridad alimentaria. Tenemos que hacer conciencia de que estamos destruyendo nuestro hogar y lastimosamente es el único que tenemos ¡Nuestro planeta!

### Referencias bibliográficas

- Bastarrika, A., Chuvieco, E., & Martínez, J. A. (2011). "Mapping burned areas from Landsat TM/ETM+ data with a two-phase algorithm: Balancing omission and commission errors." *Remote Sensing of Environment*, 115(4), 1003-1012.
- BOLFOR y CAF. 2000. Bolivia: determinación del daño causado por los incendios forestales ocurridos en los departamentos de Santa Cruz-Beni en los meses de agosto y septiembre de 1999. CAF (Corporación Andina de Fomento) - BOLFOR (Proyecto de Manejo Forestal Sostenible) - GEOSYSTEMS, Santa Cruz. 143 p.
- Chuvieco, E., et al. (2010). "Global burned land estimation in Europe using MODIS data." *Geophysical Research Letters*, 37(1).
- FAN y WCS (2021). Incendios forestales en Bolivia-Análisis de impactos de los incendios forestales sobre los valores de conservación en Bolivia, 2020. Fundación Amigos de la Naturaleza, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Fornacca, D., Ren, G., & Xiao, W. (2017). "Performance of three MODIS fire products (MCD45A1, MCD64A1, and MCD14ML) for burned area detection and the comparison of four global burned area products in a subtropical region." *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(1), 16.

Ibarnegaray, V., Pinto, C., Rodríguez-Montellano, A. 2014. El manejo comunitario del fuego: un enfoque participativo para la gestión de incendios forestales en Bolivia. *Síntesis Ambiental*. Fundación Amigos de la Naturaleza. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Kuhnell, C. A., et al. (1998). "Assessing the impact of fire on the landscape of the wet tropics using Landsat imagery." *Australian Forestry*, 61(3), 213-219.

Rodríguez-Montellano, A. 2014. Reporte de Incendios y Quemadas en Bolivia. Análisis histórico 2000 a 2013. Fundación Amigos de la Naturaleza Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

SATRIFO. 2024. Sistema de monitoreo y alerta temprana de riesgos de incendios forestales. Fundación Amigos de la Naturaleza. FAN. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.



# INTERACCIÓN DE MICORRIZAS CON ABONOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCTIVIDAD DEL TOMATE CHERRY (*Lycopersicon esculentum* Miller) BAJO AMBIENTE ATEMPERADO EN LA COMUNIDAD DE CUNU CUNU

Interaction of micorrhizae with organic fertilizers for the productivity of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* Miller) under a temperate environment in the community of Cunu Cunu

Choque Quispe, Fabiola<sup>1</sup>, López Portugal, Diego Orlando<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Investigador de la carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto, El Alto, La Paz - Bolivia.

Email: fabi.sichochoquequispe@gmail.com

<sup>2</sup> Docente de la Universidad Pública de El Alto, El Alto, La Paz - Bolivia.

Email: die8lopez@gmail.com

## Resumen

La presente investigación se llevó a cabo en un ambiente atemperado (Carpa solar) en la comunidad de Cunu Cunu perteneciente al municipio de Calamarca de la Provincia Aroma del Departamento de La Paz. Con el objetivo de determinar el efecto de la interacción de las micorrizas con abonos orgánicos en la productividad y rendimiento del cultivo de tomate Cherry y analizar el beneficio/costo de los tratamientos. El material genético empleado en la investigación corresponde a la semilla de tomate Cherry y Micorrizas comerciales AEGIS SYM IRRIGA, es un formulado a base de micorrizas (*Glomus intraradices*); (*Glomus musseae*), compuesto de 700 esporas por gramo de cada una. El ensayo fue conducido en un arreglo de tratamientos en DBCA con un arreglo bifactorial, donde el primer factor (A) fue el efecto de la Micorriza con niveles a1= Sin Micorriza y a2= 1 gramo de Micorriza/planta de tomate y el segundo factor (B) fueron los tipos de abonos b1= Sin abono orgánico, b2 = Estiércol de ovino b3 = Vermicompost, el ensayo abarcó una superficie de 46, 44 m<sup>2</sup>, 18 unidades experimentales, 6 tratamientos y 3 réplicas. Los resultados reflejaron que los tratamientos con micorrizas, particularmente en combinación con vermicompost (T6), resultó en un número significativamente mayor de frutos por planta (75 frutos) en comparación con el suelo sin micorrizas (T1, con 21 frutos), realizado el análisis económico (B/C), el tratamiento T6 (Vermicompost + Micorrizas) obtuvo el mayor beneficio neto con 212,41 Bs\*kg y una relación beneficio-costo de 1,86, lo que demuestra que la combinación de micorrizas y vermicompost optimiza la productividad y la rentabilidad del cultivo de tomate cherry bajo ambiente atemperado.

## Palabras claves

Micorrizas, abonos orgánicos, productividad, tomate cherry, ambiente atemperado.

## Abstract

This research was carried out in a temperate environment (solar tent) in the community of Cunú Cunú belonging to the municipality of Calamarca in the Aroma Province of the Department of La Paz. The objective was to determine the effect of the interaction of mycorrhizae with organic fertilizers on the productivity and yield of cherry tomato crops and to analyze the benefit/cost of the treatments. The genetic material used in the research corresponds to cherry tomato seeds and commercial mycorrhizae AEGIS SYM IRRIGA, a formulation based on mycorrhizae (*Glomus intraradices*); (*Glomus musseae*), composed of 700 spores per gram of each. The trial was conducted in a treatment arrangement in DBCA with a bifactorial arrangement, where the first factor (A) under study was the effect of Mycorrhiza with levels a1 = Without Mycorrhiza and a2 = 1 gram of Mycorrhiza / tomato plant and the second factor (B) were the types of fertilizers b1 = Without organic fertilizer, b2 = Sheep manure b3 = Vermicompost, the trial covered an area of 46.44 m<sup>2</sup>, 18 experimental units, 6 treatments and 3 replicates. The results showed that treatments with mycorrhizae, particularly in combination with vermicompost (T6), resulted in a significantly higher number of fruits per plant (75 fruits) compared to soil without mycorrhizae (T1, with 21 fruits). After the economic analysis (B/C), treatment T6 (Vermicompost + Mycorrhizae) obtained the highest net benefit with 212.41 Bs\*kg and a benefit-cost ratio of 1.86, which shows that the combination of mycorrhizae and vermicompost not only optimizes productivity, but also the profitability of cherry tomato cultivation under temperate environment.

## Keywords

Mycorrhizae, organic fertilizers, productivity, cherry tomato, temperate environment.

## Introducción

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), es una de las hortalizas más consumidas y cultivadas a nivel mundial tanto en forma fresca como industrializada, teniendo un valor económico relevante. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento, y en menor proporción al aumento de la superficie (Monardes, 2009).

El tomate es originario de América del Sur, de la región andina más propiamente de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile. Aunque su domesticación fue en México, de ahí se difundió a diferentes partes del mundo. El fruto del tomate es rico tanto en vitamina C como en sales minerales, y bastante contenido de fibra, su aroma estimula el apetito (SAGARPA, 2010).

Así mismo, el origen del tomate cherry se remonta a México azteca, como mínimo al siglo XV DC. Un

tomate pequeño, con forma de pera, redondo, alargado con un tamaño de una cereza, muy aromáticos, hasta hoy, uno de los más populares (Azafrán, 2020)

En Bolivia, la gestión 2015-2016 la producción estuvo concentrada en 4.625 hectáreas, sembradas a nivel nacional con una producción promedio por hectárea de 13,2 t, obteniéndose una producción nacional de 61.434 t, (MDRyT, 2017). El cultivar del tomate es una de las principales actividades en las zonas de los valles.

Dadas las características climáticas Zdelaltiplano, el cultivo de tomate tiene bajo rendimiento, y no abastece los requerimientos de la población de la ciudad de La Paz, por lo que el mercado recurre a abastecerse de proveedores ubicados a largas distancias.

Para aumentar el rendimiento y lograr la subsistencia familiar, los agricultores recurren al uso de una serie de insumos externos, tales como fertilizantes inorgánicos y pesticidas, que aplicados en forma incorrecta y excesiva pueden ocasionar la contaminación de los suelos y las aguas subterráneas. Por otro lado, el uso de estos productos implica riesgos a la salud del agricultor al mismo tiempo de los consumidores y al medio ambiente.

Como respuesta a estos problemas, actualmente se investigan nuevas alternativas para aumentar la fertilidad del suelo y garantizar volúmenes de producción aceptables en cultivos de interés agrícola, a través de estrategias ecológicas. Entre las alternativas propuestas se incluye el uso de biofertilizantes

basados en interacciones biológicas beneficiosas y procesos naturales (Medrano y Xoconostle, 2005).

La micorriza es la asociación entre la raíz de la mayoría de las plantas terrestres, tanto cultivadas como silvestres, y cierto tipo de hongos. La asociación es benéfica, tanto para el hongo, como para la planta. El hongo coloniza el interior de la raíz y por medio de la red externa de hifas, sirve de puente para obtener nutrientes minerales y agua que no están al alcance del sistema radicular de la planta, mejorando así aspectos de desarrollo y crecimiento (Rojas & Ortuño, 2007).

Otra alternativa que se propone con frecuencia es el uso de abonos orgánicos como el vermicompost y el estiércol de ovino que tienen mayores beneficios sobre el crecimiento de los cultivos respecto a otros abonos orgánicos tradicionales (Rojas y Ortuño, 2007).

La presente investigación tiene por objetivo, evaluar la productividad del tomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* Miller) con la interacción de la micorriza (*Glomus intraradices*, y *Glomus mosseae*) y dos tipos de abonos orgánicos bajo ambiente atemperado en la comunidad de Cunu Cunu, provincia Aroma del departamento de La Paz.

## Materiales y métodos

La presente investigación se desarrolló en un ambiente atemperado (Carpa solar) en la comunidad de Cunu Cunu perteneciente al municipio de Calamarca de la Provincia Aroma del Departamento de La Paz, aproximadamente se

encuentra a 50 km de la ciudad de La Paz, geográficamente está situada a 16°50'53,48" de latitud Sur, 68°09'45,23" de longitud Este, y a una altitud de 3.927 msnm.

La semilla utilizada fue de tomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*), adquirida de la semillería clavel que se encuentra en el mercado Rodríguez y la micorriza comercial AEGIS SYM IRRIGA, es un formulado a base de micorrizas (*Glomus intraradices* 700 esp/g *Glomus musseae* 700 esp/g), formulado para ser aplicado por fertirrigación o directamente al suelo, de origen español a través del proyecto PRAAI.

El primer factor (A) en estudio fue el efecto de la aplicación de la Micorriza Comercial con sus niveles a1= Sin micorriza y a2= 1 gramo de Micorriza/planta de tomate y un segundo factor (B) fueron los distintos abonos orgánicos b1 = Sin abono orgánico, b2 = Estiércol de ovino (40 t/ha = 4 kg/m<sup>2</sup>), b3= Vermicompost (30 t/ha = 3 kg/m<sup>2</sup>).

El ensayo se estableció sobre un área de 46, 44 m<sup>2</sup>, 18 unidades experimentales, 6 tratamientos y 3 réplicas bajo un Diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo bi-factorial.

Se realizó las siguientes labores agrícolas:

- Preparación del almácigo: que se efectuó dentro el ambiente atemperado, la preparación del sustrato que fue conformado por suelo del lugar 40%, abono de ovino y arena fina 20 %,
- La siembra fue en surcos

pequeños de 5 cm y a una profundidad de 4 mm, la preparación del terreno, a 30 cm de profundidad, que constó de la remoción del suelo, mullido, incorporación de materia orgánica los cuales fueron estiércol de ovino y vermicompost (tratamientos de estudio), se finalizó con el nivelado y distribución de las unidades experimentales y bloques. Las dimensiones de la unidad experimental fueron 2,0 m x 1,2 m, haciendo un total de 2,4 m<sup>2</sup>,

- La aplicación de tratamientos fueron vermicompost con una dosis de aplicación de 3 kg/m<sup>2</sup> (Condori, 2016), y estiércol de ovino con una dosis de aplicación de 4 kg/m<sup>2</sup> (Machaca, 2007). El testigo no llevó ningún tipo de enmienda orgánica,
- El trasplante fue realizado cuando las plántulas alcanzaron un tamaño de 15 cm y con 5 a 6 hojas verdaderas a los 45 días después de la germinación. La inoculación fue el momento de la apertura de los hoyos se inoculó en la rizosfera de la planta trasplantada.

Los métodos analíticos estadísticos empleados fueron el análisis de varianza, prueba de promedios de rango múltiple de Duncan para variables de comportamiento agronómico: Altura planta, número de frutos por planta, peso de frutos por planta y rendimiento.

Resultados y discusión

Los resultados se describen en función a los objetivos planteados, inicialmente se determina el efecto de las Micorrizas sobre la productividad del tomate cherry con la interacción de dos abonos orgánicos y finalmente se realiza el análisis económico.

Altura planta

El análisis de varianza en la tabla 1, para altura planta, se aprecia que no existe diferencias significativas entre los bloques, ni tratamientos tampoco en la interacción entre la aplicación de micorrizas y abonos orgánicos para la producción del tomate.

Tabla 1

Análisis de varianza de altura planta

| F.V.          | G.L. | SC     | CM    | F   | p-valor |
|---------------|------|--------|-------|-----|---------|
| Bloque        | 2    | 1008,9 | 504,4 |     | 0,2696  |
| Micorriza     | 1    | 614,45 | 614,4 | 1,5 | N.S.    |
| Abon. org.    | 2    | 629,17 | 314,5 | 0,9 | 0,2065  |
| Mic*abon.org. | 2    | 786,87 | 393,4 | 1,1 | N.S.    |
| Error         | 10   | 3366,5 | 336,6 | 7   | N.S.    |
| Total         | 17   | 6406,0 |       |     |         |
| C.V.%         | 10,2 |        |       |     |         |

N.S. = P>0,05

En los promedios del efecto de la aplicación de los distintos tratamientos en altura de planta, solo existe diferencia numérica entre tratamientos, donde la mayor altura en cm lo obtuvo el T1 (Testigo) con 191 cm superando al T4 (Suelo + Micorriza) que logró solo 163 cm, justamente en la misma variable y con abonos como ser estiércol de ovino y humus de lombriz, Blanco (2018), tuvo diferencias significativas, pero

con un promedio en altura de 110 cm aproximadamente lo que es mediadamente bajo, comparando con nuestros datos.

Número de frutos por planta

El análisis de varianza para la variable número de frutos por planta tabla 2, muestra que no existe diferencias significativas entre bloques, no obstante, muestra que, si hubo diferencias significativas por la aplicación de los abonos orgánicos, la aplicación de micorrizas y la interacción entre abonos y micorrizas.

Tabla 2

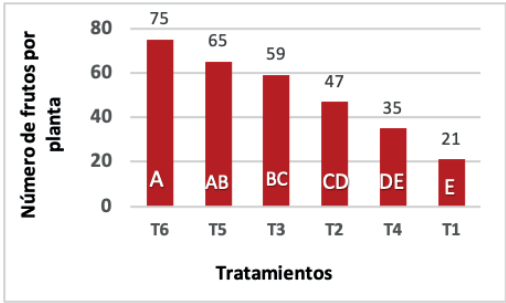
Análisis de varianza de número de frutos por planta

| F.V.          | G.L.  | SC       | CM    | F     | p-valor    |
|---------------|-------|----------|-------|-------|------------|
| Bloque        | 2     | 49,46    | 24,73 | 6,04  | 0,0191 *   |
| Micorriza     | 1     | 72548,97 | 45,34 | 11,07 | 0,0077 **  |
| Abon.org.     | 2     | 104,59   | 52,30 | 12,77 | 0,0018 **  |
| Mic*abon.org. | 2     | 3,67     | 1,84  | 0,45  | 0,651 N.S. |
| Error         | 10    | 40,97    | 4,10  |       |            |
| Total         | 17    | 244,03   |       |       |            |
| C.V.%         | 24,63 |          |       |       |            |

N.S. = P>0,05; \*\* P<0,01

Figura 1

Prueba de Duncan de número de frutos por plantas para interacción



Como se ve en la figura 2, las diferencias son altamente significativas entre A: T6 (Micorriza + Vermicompost) donde el tratamiento muestra un resultado de 75 frutos por planta, y E: T1 (Solo suelo) tratamiento que solo conto con un promedio de 21 frutos por planta, mientras que AB: T5 (Ovino + Micorrizas) con 65 frutos por planta y BC: T3 (Vermicompost) con 59 frutos tuvo una diferencia solamente significativa respecto a CD: T2 (Ovino) con 47 frutos por planta y DE: T4 (Suelo + Micorriza) con 35 frutos.

El mejor comportamiento fue A: T6 (Vermicompost + Micorrizas) tuvo mejor relevancia esto puede deberse a que tanto como el abono de ovino y vermicompost tienen una cantidad considerable de macro y micro nutrientes el vermicompost tiene ciertas cualidades que el abono de ovino no posee, aumenta la vida de los microorganismos del suelo lo que puede ayudar favorablemente a la interacción con las micorrizas puede airear y mejorar la porosidad del suelo.

En estudios similares, Blanco (2007) obtuvo 34 frutos por planta testigo y el mejor tratamiento 40 frutos con un promedio de 38 frutos por planta, estos valores son superados por nuestro estudio con un promedio de 50 frutos por planta.

Peso de frutos por planta

Tabla 3

Análisis de varianza de peso de fruto por planta

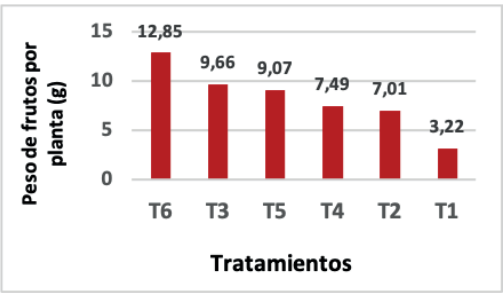
| F.V.          | G.L.  | SC      | CM      | F     | p-valor     |
|---------------|-------|---------|---------|-------|-------------|
| Bloque        | 2     | 295,3   | 147,65  | 2,36  | 0,1447 N.S. |
| Micorriza     | 1     | 1089,93 | 1089,93 | 17,42 | 0,0019 **   |
| Abon.org.     | 2     | 4780,81 | 2390,4  | 38,21 | <0,0001 **  |
| Mic*abon.org. | 2     | 13,9    | 6,95    | 0,11  | 0,00896 **  |
| Error         | 10    | 625,57  | 62,56   |       |             |
| Total         | 17    | 6805,49 |         |       |             |
| C.V.%         | 15,75 |         |         |       |             |

N.S. = P>0,05; \* P<0,05; \*\* P<0,01

En la tabla 3, se observa el análisis de varianza de la variable peso de frutos por planta donde se evidencia diferencias significativas estadísticamente (P<0,05) entre bloques, aplicación de micorrizas y aplicación de abonos orgánicos por otra parte no se evidencia diferencias significativas (P>0,05) en interacción entre la aplicación de micorrizas con abonos orgánicos.

Figura 2

Promedios de peso de fruto por planta para interacción



Respecto a la interacción de los tratamientos figura 2, muestra que no hay diferencias estadísticamente

significativas, pero si se observa diferencias numéricamente donde el T6 (Vermicompost + Micorrizas) mostró mejor resultado obteniendo 12,85 g, el cual se atribuye a la adición de la micorriza y que por ende se podría decir que si se efectuó la colonización de la micorriza ya que se ve resultados positivos en efectividad de la simbiosis ya que el T3 (Vermicompost) obtuvo un dato ligeramente inferior 9,66 g por planta. Los datos favorables comparando con el testigo, se tiene al T5 (Ovino + Micorrizas) con 9,07 g donde se asume que los tratamientos aplicados con micorriza si tuvieron la colonización micorrícica en las raíces, que puede deberse a que las micorrizas se desarrollan mucho mejor en suelos con materia orgánica presente ya que el T4 (Suelo + Micorriza) muestra datos muy inferiores de promedio de 7,49 g por planta respecto a los otros tratamientos, a los cuales también se aplicó las micorrizas.

Según Carchuna citado por Blanco (2007), los rangos recomendados sobre peso de fruto de tomate Cherry varía de 8 – 12 g de acuerdo a la variedad, por lo cual, los datos de esta investigación están dentro de los parámetros establecidos.

Rendimiento

En el análisis de varianza (tabla 4), para variable rendimiento en kg/ha, muestra que no existe diferencias significativas ( $P>0,05$ ), entre la interacción de micorrizas y abonos orgánicos, ni en los bloques, pero si se evidenció diferencias estadísticamente significativas ( $P<0,05$ ) en la aplicación de micorrizas y aplicación de abonos orgánicos para la producción del tomate.

Tabla 4

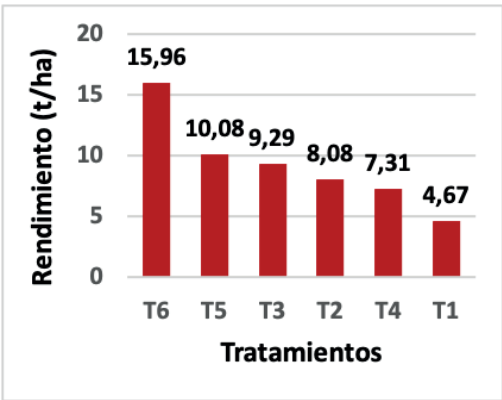
Análisis de varianza para rendimiento

| F.V.              | G.L. | SC            | CM           | F        | p-valor        |
|-------------------|------|---------------|--------------|----------|----------------|
| Bloque            | 2    | 5540334<br>3  | 2770167<br>1 | 2,3<br>6 | 0,1444<br>n.s. |
| Micorriza         | 1    | 6395019<br>6  | 6395019<br>6 | 5,4<br>5 | 0,0417<br>*    |
| Abon.org.         | 2    | 1324377<br>73 | 6621888<br>6 | 5,6<br>5 | 0,0228<br>*    |
| Mic*abon.or<br>g. | 2    | 1923992<br>6  | 9619963<br>2 | 0,8<br>2 | 0,467<br>n.s.  |
| Error             | 10   | 1172349<br>28 | 1172349<br>2 |          |                |
| Total             | 17   | 3882661<br>67 |              |          |                |
| C.V.%             | 35   |               |              |          |                |

N.S. =  $P>0,05$ ; \*  $P<0,05$

Figura 3

Promedios de rendimientos



Las fitohormonas que este posee aparte de los nutrientes que ofrece a la planta, con estos resultados se asume que la interacción de la aplicación de micorrizas y vermicompost tiene mejores resultados en el rendimiento de tomate cherry.

Al respecto Mamani (2021), alcanzó un rendimiento promedio de 12,74 t/ha, en su estudio de biofertilizantes microbianos en tomate cherry superando a esta

investigacion promedio de 9,23 t/ha. Cabe señalar que los rendimientos promedios de los tratamientos aplicados con micorrizas arbusculares de Mamani (2021), alcanzó 13.85 t/ha, en comparación con la presente investigación que mostró resultados similares con un valor de 15.96 t/ha.

Variables económicas

Los costos de producción del presente estudio se basan en la determinación del cálculo de costos variables desarrollados por Riquelme (2011), para efectos de cálculo se estimó un valor definido del peso de frutos 40 Bs/kg.

En la tabla 5, se presentan los beneficios netos y la relación beneficio costo parcial en función a las combinaciones de Micorrizas y abonos orgánicos. De acuerdo a los resultados la combinación de Micorrizas con Vermicompost registró el mayor beneficio neto con 212,41 Bs/kg, seguido de la combinación estiércol de ovino 47,5 Bs/kg.

Los promedios del efecto de la aplicación de los distintos tratamientos en rendimiento, se

observa que existe diferencias numéricas entre tratamientos, donde el mayor rendimiento lo obtuvo el T6 (Vermicompost + Micorriza) con 15964,04 kg/ha superado al T1 (Solamente suelo) que logró solo 4669,14 kg/ha, este comportamiento se asume que se deba al efecto de las micorrizas con la combinación de vermicompost, las propiedades que presentan las micorrizas de suministrar fósforo disponible a la planta complementando a esto las características del vermicompost las enzimas y micorrizas con respecto a los beneficios brutos para la producción de tomate en una carpa solar de 50 m2, donde el tratamiento T6 logró un valor de 3,180.00 Bs, que es el mejor valor entre los tratamientos de estudio, y el tratamiento T1 mostró un valor de 785.96 Bs, estos valores son los márgenes de beneficio bruto en la investigación, lo que indica que los demás tratamientos están inmersos en este margen, esta diferencia de valores está directamente relacionada con la producción en este caso el rendimiento del cultivo y el precio de oportunidad del mercado.

Tabla 5

Análisis económico

| Variable                   | Unidad               | Sin micorriza |              |                     | Con micorriza |              |                     |
|----------------------------|----------------------|---------------|--------------|---------------------|---------------|--------------|---------------------|
|                            |                      | T1=<br>Suelo  | T2=<br>Ovino | T3=<br>Vermicompost | T4=<br>suelo  | T5=<br>Ovino | T6=<br>Vermicompost |
| Rendimiento                | t*ha <sup>-1</sup>   | 3,9           | 7,79         | 9,14                | 6,98          | 10,08        | 15,96               |
| Rendimiento<br>tratamiento | - kg*m <sup>-2</sup> | 3,36          | 5,82         | 6,69                | 5,26          | 7,2          | 11,49               |
| Precio oportunidad         | Bs*kg <sup>-1</sup>  | 40            | 40           | 40                  | 40            | 40           | 40                  |
| Costo variable             | Bs                   | 173,42        | 228,58       | 298,42              | 183,18        | 240,85       | 247,35              |
| Beneficio bruto            | Bs                   | 134,47        | 232,7        | 267,66              | 183,18        | 288          | 459,76              |
| Beneficio neto             | Bs                   | -38,95        | 4,12         | -30,75              | 27,37         | 47,15        | 212,41              |
| Beneficio/costo            | Bs/Bs                | 0,78          | 1,02         | 0,9                 | 1,15          | 1,2          | 1,86                |

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

Respondiendo a los objetivos planteados del presente trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

El análisis de varianza mostró que la interacción entre micorrizas y abonos orgánicos no mostró diferencias estadísticamente significativas en términos de altura de planta ni en el número de frutos por planta. Sin embargo, los tratamientos con micorrizas combinadas con abonos como el vermicompost (T6) demostraron diferencias ligeras en el número de frutos por planta y en el peso promedio de los frutos.

El tratamiento con micorrizas, en combinación con vermicompost (T6), produjo más frutos por planta (75 frutos) en comparación con el suelo sin micorrizas (T1, con 21 frutos). La aplicación de micorrizas mejora considerablemente la productividad del tomate cherry en cuanto al número de frutos.

En la rentabilidad (B/C), el tratamiento T6 (Vermicompost + Micorrizas), obtuvo el mayor beneficio neto con 212,41 Bs\*kg y una relación beneficio-costos de 1,86. Este tratamiento fue más rentable que los sin micorrizas o con otros tipos de abono. Esto sugiere que la aplicación de micorrizas junto con vermicompost es una opción económica viable y altamente recomendable para aumentar la producción y los beneficios económicos en la comunidad de Cunu Cunu.

## Agradecimientos

A la fundación Barceló y proyecto PRAAI, por brindar recursos y herramientas que fueron necesarios

para llevar a cabo el proceso de investigación, en especial a la *Dra. Veriozka Azeñas*.

## Referencias bibliográficas

- Azafrán Bolivia. 2020. 10 tipos de tomate de los más de 10 mil que existen en el Mundo. (en línea). La Paz, Bolivia. Medio de comunicación especializado en el movimiento gastronómico de BO Bolivia. Consultado 02 may.2021. Disponible en: <https://azafranbolivia.com/category/reportajes/>.
- Blanco, M. 2007. Aplicación de abono líquido en el cultivo ecológico de tomate (*lycopersicon esculentum miller*), variedad cherry en condiciones de campo Tesis Lic. Agr. U.M.S.A. La Paz, Bolivia. 67 – 92 p.
- Blanco, P. 2018. Aplicación de diferentes dosis de humus de lombriz en el cultivo de tomate (*lycopersicum esculentum miller*) variedad cherry en ambientes atemperados en el municipio de El Alto. Tesis Lic. Agr. U.M.S.A. La Paz, Bolivia. 49 – 70 p.
- Monardes, H. 2009. Manual de Cultivo de Tomate. Chile. 10 – 11 p.
- Pacasa, F. 2020. Microorganismos del suelo y fertilidad del suelo en el altiplano boliviano. Tesis de Maestría. U.M.S.A. La Paz, Bolivia 8 – 15 p.
- Riquelme, C. 2011. Formulación y evaluación de proyectos. Primera edición. La Paz, Bolivia. 94-104 p.

Rojas, K., Ortuño, N. 2007. Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento en la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba, Bolivia. *RevActaNova*. 3 (4). 1-24.

Xoconostle, B.; Medrano, R. Impacto de la biotecnología agrícola en cultivos: el caso de las micorrizas. En <http://www.cinvestav.mx/publicaciones/avayper/sepoct02/>. (Verificado en agosto 2021).

# EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICO - REPRODUCTIVAS DE LLAMAS MACHOS (*Lama glama*) DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRES DE MACHACA

Evaluation of the morphological-reproductive characteristics of male llamas (*Lama glama*) from the Municipality of San Andres de Machaca

Estaca Quispe, Julia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Investigador de la carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto, El Alto, La Paz - Bolivia.  
Email: juliaestaca245@gmail.com

## Resumen

El presente trabajo de investigación, se realizó en el Municipio de San Andrés de Machaca, con el objetivo de evaluar las características morfológico-reproductivas, como ser medidas del testículo, del pene prepucial y el grado de adherencia del pene prepucial en 60 llamas machos (*Lama glama*), teniendo un enfoque cuantitativo con un alcance descriptivo, el diseño utilizado fue DCA. Los resultados indican que el desarrollo del aparato reproductor de la llama es en función a las distintas categorías dentarias (A-B-C-D) con las siguientes medias LTI = mín. 2.76 y máx., de 4.05; LTD = mín. 2.77 y máx. 3.95; ATI = mín. 1.82 y máx. 2.4; ATD = mín. 1.79 y máx. 2.35 y para el PTI= mín. 4.75 y máx. 6.5; PTD= mín. 4.81 y máx. 6.6; LP = mín. 19.14 y máx. 31.6; DP = mín. 2.07 y máx. 2.55 y para PP =mín. 5.03 y máx. 5.85 cm. Finalmente en la variable de grado de adherencia pene-prepucial y se encontró 34 llamas en Grado 1 de los cuales 31 pertenecen a la categoría A y 3 a la categoría B, para el Grado 2 se encontró 17 llamas de los cuales 7 pertenecen a la categoría A y 10 a la categoría B, para el Grado 3 se encontró 6 llamas de la categoría C y para el Grado 4 se encontró 3 llamas de las cuales 2 pertenecían a categoría D y 1 a C, lo que muestra que la edad influyen en el proceso de liberación del pene-prepucial. Se concluye que el factor edad influye en el desarrollo de las características morfológico-reproductivo de la llama.

## Palabras claves

llamas, adherencia, pene prepucial, testículo, edad.

## Abstract

The present research work was carried out in the Municipality of San Andrés de Machaca, with the objective of evaluating the morphological-reproductive characteristics, determining testicular measurements,

comparing the measurements of the preputial penis and determining the degree of adherence of the preputial penis in 60 male llamas (*Lama glama*), having a quantitative approach with a descriptive scope, the design used was DCA. The results indicate that the development of the reproductive apparatus of the llama is a function of the different dental categories (A-B-C-D) with the following means: LTI=min. 2.76 and max. 4.05; LTD=min. 2.77 and max. 3.95; ATI=min. 1.82 and max. 2.4; ATD=min. 1.79 and max. 2.4; ATD=min. 1.79 and max. 2.4. 1.79 and max. 2.35 and for PTI= min. 4.75 and max. 6.5; PTD= min. 4.81 and max. 6.6; LP= min. 19.14 and max. 31.6; DP= min. 2.07 and max. 2.55 and for PP =min. 5.03 and max. 5.85 cm. Finally, in the variable of degree of penis-preputial adherence, 34 llamas were found in Grade 1 of which 31 belonged to category A and 3 to category B, for Grade 2, 17 llamas were found of which 7 belonged to category A and 10 to category B, for Grade 3, 6 llamas were found in category C and for Grade 4, 3 llamas were found of which 2 belonged to category D and 1 to C, This shows that the age factor influences the penis-preputial release process. It is concluded that the hypothesis is rejected and it is demonstrated that the age factor influences the development of the morphological-reproductive characteristics of the llama.

## Keywords

Llama, preputial, adherence, ages, testicular.

## Introducción

El país de mayor importancia en la producción de llamas en el mundo es Bolivia, posee el 64% de llamas, 12% de alpacas y 18% de vicuñas a comparación de los países vecinos (Pro-camelidos, 2016). Existen 2.737.582 de cabezas con una distribución porcentual en los departamentos de Oruro con 38.8%, Potosí 29.1%, La Paz 27.1% y Cochabamba 4.1% (INE, 2017).

La importancia de conocer los órganos reproductivos del macho es porque está involucrado en el proceso de la reproducción, esta información es necesaria para identificar un futuro reproductor, así como algunas medidas de manejo a tomar durante el empadre (FAO, 2011).

En el Altiplano boliviano, la ganadería llamera es fundamental

para la seguridad y soberanía alimentaria de las poblaciones rurales, por la cual continúa siendo una alternativa económica porque proporciona carne (una de las más nutritivas), fibra, pieles y estiércol, este último utilizado como fertilizante y combustible. Estas especies se desarrollaron en condiciones climáticas extremas, adaptándose sin problemas donde otras especies no tienen tanto éxito. La selección natural ha desempeñado su función, logrando que los genes y sus combinaciones, hayan desarrollado aptitudes sobresalientes en cuanto a resistencia a enfermedades y parásitos, con una alimentación basada en los recursos forrajeros naturales (Condori, 2019).

Es muy indispensable enfocar en el aumento de producción de

llamas, para ello es necesario conocer el estado de los órganos reproductivos de los machos, por tanto, el presente estudio tiene por objetivo: Evaluar las características morfológico - reproductivas de llamas machos (*Lama glama*) del Municipio de San Andrés de Machaca.

### **Materiales y métodos**

El presente trabajo fue realizado en el Municipio de San Andrés de Machaca, en la

Provincia Ingavi del Departamento de La Paz – Bolivia, geográficamente se encuentra entre 16° 43' 60" latitud sur y 69° 1' 0" longitud oeste, cuenta con una superficie de 1.575,91 km<sup>2</sup>, a una altitud de 3 817 msnm (SIG-UDAPE, 2006). Los materiales biológicos utilizados fueron 60 llamas machos de tipo intermedio y el material de campo utilizado fue la regla vernier, cinta métrica, regla, sogá, spray, lapicero, entre otros.

Para el levantamiento de datos, se utilizó la técnica de observación, utilizando instrumentos como el cuaderno de registro:

- a. Se seleccionó las llamas de tipo intermedio. Para estimar la edad, se categorizó según cronología dentaria (A=DL; B=2D; C=4D y D=BLL), para ello se sujetó al animal y se realizó la categorización revisando la presencia de los dientes incisivos.
- b. Posteriormente se procedió con el derribe en posición decúbito ventral. Los datos testiculares se tomaron con mucha delicadeza con la ayuda

de una regla vernier y una cinta métrica.

- c. En posición decúbito lateral, se tomó datos del pene prepucial con la ayuda de una cinta métrica y posteriormente observar el grado de adherencia.

Los datos obtenidos se analizaron con el diseño completamente al azar (DCA); empleando el software InfoStat, para la comparación de medias, se ha empleado Duncan ( $p < 0.05$ ).

### **Resultados y Discusiones**

A continuación, se describen los resultados de investigación en función a las variables.

#### **Características del testículo**

##### **Largo de testículo izquierdo**

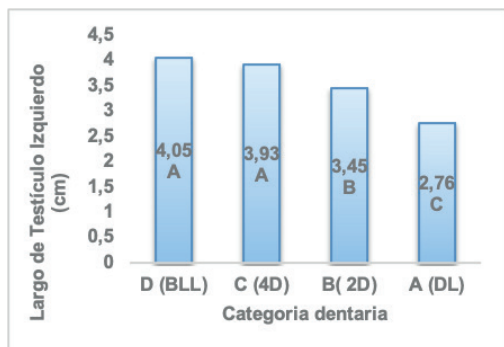
De acuerdo al ANVA, hubo diferencias entre las categorías dentarias ( $p < 0.0001$ ). El coeficiente de variación para esta variable fue de 9.13 %, lo que indica que los datos obtenidos y analizados son confiables.

La Figura 1 muestra la comparación de medias por Duncan con un nivel de significancia de 5%, que indica que el largo de testículo izquierdo de la categoría D (BLL) y C (4D) fueron 4.05 y 3.93 cm respectivamente, siendo estadísticamente similares pero diferentes y superiores respecto a las categorías B (2D) y A (DL). El largo de testículo izquierdo de la categoría B (2D) fue de 3.45 cm, siendo estadísticamente inferior respecto a las categorías D (BLL) y C (4D), pero superior respecto a la categoría A (DL). El largo de testículo izquierdo

de la categoría A (DL) fue de 2.76 cm, siendo estadísticamente inferior respecto a las demás categorías.

### Figura 1

*Prueba Duncan para largo de testículo izquierdo (cm) por categoría dentaria*



Según Eduardo (1999), el testículo izquierdo está recubierto por el escroto cuya piel es muy flácida y que el largo testicular en llamas de las categorías C y D son mayores a 4 cm. Al respecto Carrillo et al. (2016), obtuvieron los siguientes promedios del largo del testículo izquierdo en función a las edades: 3.52, 4.42, 4.62 y 4.75 cm para llamas de 1, 2, 3 y 4 años de edad respectivamente.

### Largo de testículo derecho

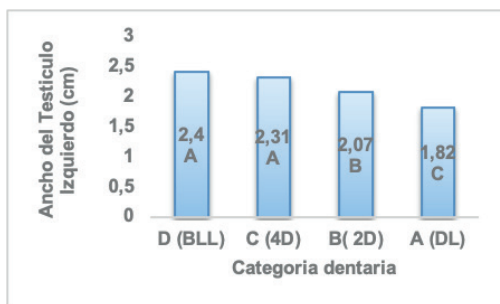
El ANVA indica que hubo efecto entre las categorías dentarias ( $p < 0.0001$ ). El coeficiente de variación fue de 9.9%, lo que indica los datos son confiables, estando dentro del margen de aceptación.

Realizando la comparación de medias por Duncan con un nivel de significancia de 5%. La figura 2, muestra que el largo del testículo derecho de la categoría D (BLL) y C (4D) fueron 3.95 y 3.86 cm respectivamente, siendo estadísticamente similares pero

superiores respecto a las categorías B (2D) y A (DL). El largo de testículo derecho de la categoría B (2D) fue de 3.45 cm, siendo estadísticamente inferior respecto a las categorías D (BLL) y C (4D), pero superior respecto a la categoría A (DL). El largo de testículo derecho de la categoría A (DL) fue de 2.77 cm, siendo estadísticamente inferior respecto a las demás categorías.

### Figura 2

*Prueba Duncan para largo del testículo derecho (cm) por categoría dentaria*



Carrillo et al. (2016), reportan que el aparato reproductor que la edad 1 tuvo 3.59 cm, la edad 2 con 4.5 cm, seguido de 3 con 4.69 cm, y finalmente la edad 4 con el largo testicular superior a los demás con un promedio de 4.77 cm, estos son superiores a los encontrados en el presente trabajo. Sin embargo Oscanoa et al. (2017), indican que el promedio del largo testicular en llamas de categorías C y D fue de 29.79 mm y 30.06 mm respectivamente lo que muestra datos inferiores al presente trabajo.

### Ancho de testículo izquierdo

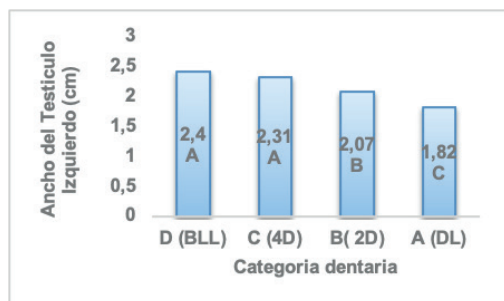
De acuerdo al ANVA hubo efecto entre las categorías dentarias ( $p < 0.0001$ ). El coeficiente de variación fue de 9.56 %, lo que indica

el grado de confiabilidad de los datos obtenidos y analizados.

La figura 3, muestra la comparación de medias Duncan para el ancho del testículo izquierdo en llamas, se observa que la categoría D (BLL), obtuvo una media de 2.4 cm y la categoría C (4D) una media de 2.31 cm, siendo estadísticamente similares pero diferentes y superiores respecto a las categorías B (2D) y A (DL). El ancho del testículo izquierdo de la categoría B (2D) fue de 2.07 cm, siendo estadísticamente inferior respecto a las categorías D (BLL) y C (4D), pero superior a la categoría A (DL). El ancho de testículo izquierdo de la categoría A (DL) fue de 1.82 cm, siendo estadísticamente inferior respecto a las demás categorías.

### Figura 3

*Prueba Duncan para ancho del testículo izquierdo (cm) por categoría dentaria.*



Los resultados obtenidos en el presente estudio, muestran que las categorías D y C con 2.4 y 2.31 cm, son las llamas adultas que indica que son aptas para el empadre. Datos que son superiores en comparación a los reportados por Oscanoa et al. (2017), indican que el ancho testicular promedio fue de 13.74 mm y 14.29 mm, esto podría atribuirse que ellos trabajaron con alpacas debido que

son de menor tamaño, sin embargo Carrillo et al. (2016), reportan promedios similares al presente estudio con las siguientes medias del ancho testicular izquierdo de 2.09, 2.42 y 2.60 cm para llamas de 2, 3 y 4 años de edad respectivamente. Lo que muestra que el desarrollo del ancho testicular incrementa a medida que avanza la edad.

### Ancho de testículo derecho

El ANVA indica que existen diferencias estadísticas altamente significativas a efecto de las categorías dentarias ( $p < 0.0001$ ). El coeficiente de variación fue de 8.16%, lo que da confiabilidad en los datos tomados en el proceso de evaluación de esta variable.

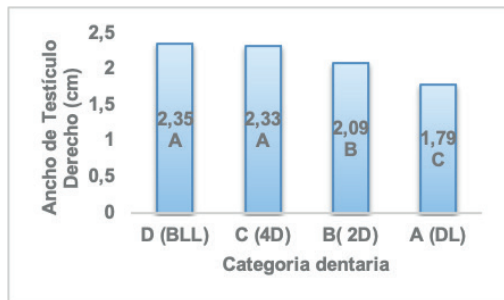
La Figura 4, muestra la comparación de medias por Duncan con un nivel de significancia de 5 % para el ancho testicular derecho. Se aprecia que en las categorías D (BLL) y C (4D) fueron de 2.35 y 2.33 cm respectivamente, siendo estadísticamente similares pero diferentes y superiores respecto a las categorías B (2D) y A (DL). El ancho del testículo derecho de la categoría B (2D) fue de 2.09 cm, siendo estadísticamente inferior respecto a las categorías D (BLL) y C (4D), pero superior respecto a la categoría A (DL). El ancho del testículo derecho de la categoría A (DL) fue de 1.79 cm, siendo estadísticamente inferior respecto a las demás categorías.

Oscanoa et al. (2017), muestran que el ancho testicular fue de 13.89 mm y 14.18 mm, datos inferiores a presente estudio, sin embargo Carrillo et al. (2016), obtuvieron promedios del ancho testicular de 2.11, 2.82, 2.1, 2.82 cm,

para llamas de 1, 2, 3 y 4 años de edad respectivamente, lo que muestra su incremento del desarrollo testicular a medida que avanza los años.

#### Figura 4

*Prueba de Duncan para ancho del testículo derecho (cm) por categoría dentaria*



#### Perímetro de testículo izquierdo

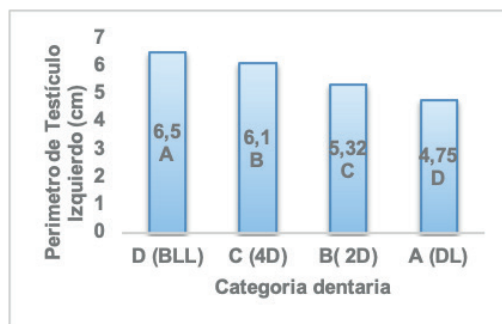
De acuerdo al ANVA hubo efecto entre las categorías dentarias ( $p$ -valor=0.0001). El coeficiente de variación es de 5.67%, lo que indica que los datos analizados son confiables, debido se encuentra dentro del rango permitido.

La Figura 5, muestra la comparación de medias Duncan con un nivel de significancia de 5%, indica que el perímetro del testículo izquierdo de la categoría D (BLL) fue de 6.5 cm, siendo estadísticamente superior respecto a la categoría C (4D). El perímetro de testículo izquierdo de la categoría C (4D) fue de 6.1 cm, siendo estadísticamente superior respecto a la categoría B (2D) e inferior a la categoría D (BLL). El perímetro de testículo izquierdo de la categoría B (2D) fue de 5.32 cm, siendo estadísticamente inferior respecto a las categoría D (BLL) y C (4D) pero superior a la categoría

A (DL). El perímetro de testículo izquierdo de la categoría A (DL) fue de 4.75 cm, siendo estadísticamente inferior a las demás categorías, esto muestra que el desarrollo del perímetro del testículo izquierdo está influenciada por las categorías dentarias.

#### Figura 5

*Prueba Duncan para perímetro de testículo izquierdo (cm) por categoría dentaria*



Mújica et al. (2015), el promedio del perímetro testicular en llamas de 36 meses son de 6.9 cm, seguida de llamas de 24 meses con 6.2 cm, y llamas de 18 meses con promedios de 4.7 cm y finalmente con las llamas de 10 a 12 meses de edad con 3.1 cm.

#### Perímetro de testículo derecho

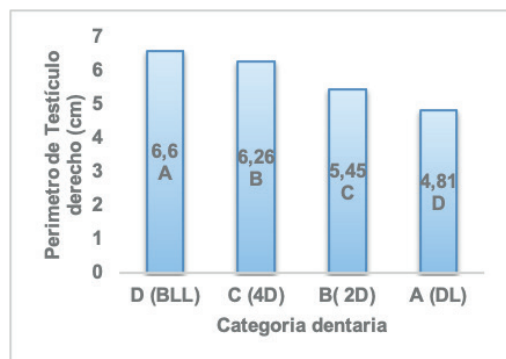
De acuerdo al ANVA, hubo efecto entre las cuatro categorías dentarias ( $p < 0.0001$ ). El coeficiente de variación es de 5.26%, lo que determina el grado de confiabilidad de los datos y resultados en el manejo del experimento estando en el rango aceptable.

La figura 6, muestra la comparación de medias por Duncan con un nivel de significancia de 5%, indica que el perímetro del testículo derecho de la categoría D (BLL),

presenta una media de 6.6 cm, siendo estadísticamente superior respecto a la categoría C (4D). El perímetro de testículo derecho de la categoría C (4D) fue de 6.26 cm, siendo estadísticamente superior a la categoría B (2D) e inferior a la categoría D (BLL). El perímetro de testículo derecho de la categoría B (2D) fue de 5.45 cm, siendo estadísticamente inferior respecto a las categorías D (BLL) y C (4D), pero superior a la categoría A (DL) con una media de 4.81 cm, siendo estadísticamente inferior a las demás categorías.

**Figura 6**

*Prueba de Duncan para perímetro de testículo derecho (cm) por categoría dentaria*



### Características del pene prepucial

Las llamas adultas (categorías D y C), han logrado su desarrollo corporal completo en el perímetro de testículo derecho, siendo aptas para el empadre, y se observa que existe simetría entre ambos testículos.

### Largo de pene

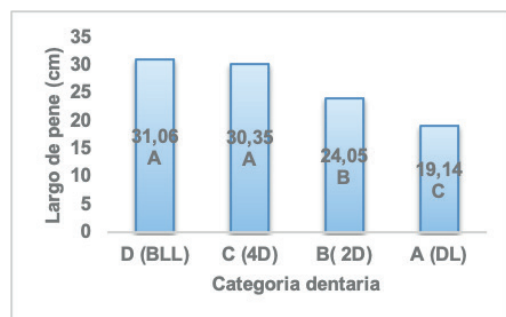
El análisis de varianza para la variable largo del pene, hubo efecto entre las distintas categorías

dentarias ( $p < 0.0001$ ). El coeficiente de variación fue de valor de 15.29 %, que indica que los datos obtenidos y analizados son confiables.

La Figura 7, muestra la comparación de medias por Duncan a un nivel de significancia de 5%, indica que el largo del pene de la categoría D (BLL) y C (4D) fueron de 31.06 y 30.35 cm respectivamente, siendo estadísticamente similares y superiores respecto a las categorías B (2D) y A (DL). El largo del pene de la categoría B (2D) fue de 30.35 cm, siendo estadísticamente inferior respecto a las categorías D (BLL) y C (4D), pero superior respecto a la A (DL). El largo del pene de la categoría A (DL) fue de 19.14 cm, siendo estadísticamente inferior respecto a las demás categorías. El desarrollo y crecimiento del largo del pene es dependiente de la edad.

**Figura 7**

*Prueba Duncan para largo de pene (cm) por categoría dentaria*



Carrillo et al. (2016), muestran los siguientes promedios del largo de pene, en función a la edad fueron de 29.25 cm, 33.47, 33.32 y finalmente 34.39 cm, en llamas de 1, 2, 3 y 4 años de edad respectivamente y un promedio general de 32.18 cm, resultado relativamente similares a la presente investigación.

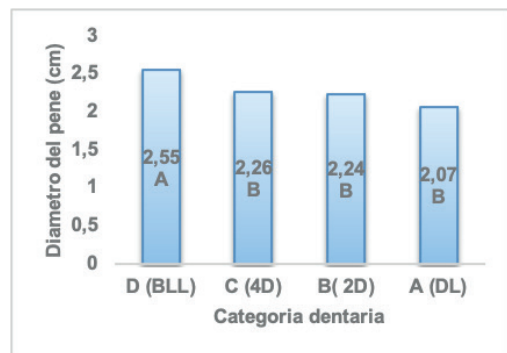
## Diámetro del pene

El ANVA muestra que hubo diferencias altamente significativas entre las categorías dentarias ( $p < 0.0029$ ). El coeficiente de variación para la variable fue de 10.57%, lo que muestra que los datos son confiables.

La figura 8 muestra la comparación de medias Duncan con un nivel de significancia de 5%. El diámetro del pene prepucial de llamas de la categoría D (BLL) fue de 2.55 cm siendo estadísticamente superior y respecto a las categorías C (4D), B (2D) y A (DL). El diámetro de pene de las llamas de las categorías C (4D), B (2D) y A (DL) con 2.26, 2.24 y 2.07 cm respectivamente, son estadísticamente similares pero inferiores respecto a la categoría D (BLL), atribuido que estos animales están en la etapa de creciendo y desarrollo corporal.

**Figura 8**

Prueba de Duncan para diámetro de pene (cm) por categoría dentaria



Carrillo et al. (2016), indican que los promedios del diámetro del pene fue de 3.27 cm a 3.88 cm de 1 a 4 años de edad respectivamente, con el promedio general de 3.52 cm, sin embargo Galina (2021), encontró que el promedio del perímetro fue 13.74 mm en llamas.

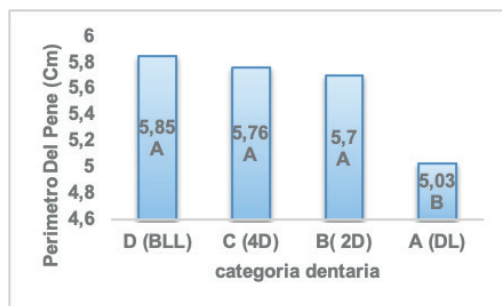
## Perímetro del pene prepucial

De acuerdo al ANVA, hubo efecto entre las categorías dentarias ( $p < 0.0001$ ). El coeficiente de variación para la variable fue de 4.54%, lo que indica la confiabilidad con los datos.

La Figura 9, muestra la comparación de medias por Duncan, con un nivel de significancia de 5%. El perímetro del pene prepucial muestra que las categorías D, C y B, obtuvieron promedios de 5.7, 5.76 y 5.85 cm respectivamente, siendo estadísticamente similares, pero superiores respecto a la categoría A (diente de leche). El perímetro del pene prepucial para la categoría A (diente de leche) fue de 5.3 cm, siendo estadísticamente diferente e inferior respecto a las categorías D, C y B.

**Figura 9**

Prueba de Duncan para perímetro del pene (cm) por categoría dentaria



Se aprecia que el desarrollo del perímetro de pene es ligeramente influyente por el factor edad (categorías dentarias).

Evaluación del grado de adherencia del pene prepucial

## Grado de adherencia pene-prepucial

En la tabla 1, muestra el porcentaje

del grado de adherencia pene prepucial de llamas por categorías. De las 38 llamas. de la categoría A, 31 (81%) presentaron adherencia grado 1 y 7 (19%) presentaron adherencia grado 2. De las 13 llamas de la categoría B, 3 (23%) presentaron adherencia grado 1 y 10 (77%) presentaron adherencia grado 2. De las 7 llamas de la categoría C, 6 (86%) presentaron adherencia grado 3 y 1 (14%) presentaron adherencia grado 4, finalmente de las 2 llamas de la categoría D las 2 (100%) presentaron adherencia grado 4 (libre de adherencia).

De acuerdo al valor de significación de Chi-cuadrado de Pearson fue de <0.01 (0.0001), es decir el Grado de adherencia pene-prepucial esta significativamente relacionada a la categoría dentaria, el coeficiente de contingencia fue de 0.88, lo que muestra asociación muy fuerte del grado de adherencia con las categorías dentarias.

**Tabla 1**  
*Porcentaje del grado de adherencia pene-prepucial por categoría dentaria*

| Categoría dentaria |       | GRAD O 1 | GRAD O 2 | GRAD O 3 | GRAD O 4 | Tota l |
|--------------------|-------|----------|----------|----------|----------|--------|
| A                  | N°    | 31       | 7        | 0        | 0        | 38     |
|                    | %     | 81%      | 19%      | 0%       | 0%       | 100 %  |
|                    | fil a |          |          |          |          |        |
| B                  | N°    | 3        | 10       | 0        | 0        | 13     |
|                    | %     | 23%      | 77%      | 0%       | 0%       | 100 %  |
|                    | fil a |          |          |          |          |        |
| C                  | N°    | 0        | 0        | 6        | 1        | 7      |
|                    | %     | 0%       | 0%       | 86%      | 14%      | 100 %  |
|                    | fil a |          |          |          |          |        |
| D                  | N°    | 0        | 0        | 0        | 2        | 2      |
|                    | %     | 0%       | 0%       | 0%       | 100%     | 100 %  |
|                    | fil a |          |          |          |          |        |
| Total              |       | 34       | 17       | 6        | 3        | 60     |

En la investigación se aprecia que las llamas de categoría C y D, son machos capaces de copular, atribuido que alcanzaron la liberación completa del pene prepucial. Mientras que las categorías A y B aún tienen el glande adherido al pene, lo que impide el apareamiento.

Carrillo et al. (2016), reporta que las llamas de 1 año de edad el 33%, presenta adherencia completa Grado 1, en cuanto Grado 2 reportó que el 4% presenta adherencia parcial en llamas de 2 años, en el grado 3, encontró que el 63% presenta libre de adherencia, en llamas 3 y 4 respectivamente, muestran el 100%, presentan libres de adherencia pene-prepucial.

Conclusiones

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, permite sustentar las siguientes conclusiones:

Las características de los testículos, en llamas tipo intermedio, muestran que el factor edad (categorías dentarias) influye en el desarrollo de los testículos, las categorías C y D (BLL y 4D), alcanzaron su desarrollo fisiológico, morfológico-reproductivamente observándose cierta asimetría entre ambos testículos.

El desarrollo pene prepucial de llamas tipo intermedios es dependiente de las categorías dentarias. Las categorías C y D (BLL y 4D) tienen el pene prepucial más desarrollado fisiológicamente respecto a las demás categorías.

El grado de adherencia del

pene-prepucial, en llamas tipo intermedio, es dependiente de las distintas categorías, lo que muestra que las categorías C y D (BLL y 4D) no tienen adherencia (Grado 4) C, llamas adultas aptas para la cópula y la reproducción respecto a las demás categorías.

### Referencias bibliográficas

- Bustinza, V. (2001). La alpaca, fenotipo y biometría. Instituto de Investigación y promoción camélidos sudamericanos. UNA, Puno-Peru.
- Carrillo, M., Murguía, G., & Delgado, P. (2016). Caracterización del aparato reproductor de llamas (Lama glama, Linnaeus 1758 machos en Turco Provincia Sajama Departamento de Oruro. SciELO, 3.
- Condori, G. (2019). Clasificación del recursozoogenéticollama (Lama glama Linnaeus) respecto a la aptitud productiva de fibra o carne en el altiplano xerofítico y mesofítico de Bolivia. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 6.
- FAO. (2011). Manual de prácticas de manejo de alpacas y llamas. Estudio fao producción y sanidad animal.
- Galina, C. (2021). Reproducción de los animales domésticos-anatomía del aparato reproductor del macho reproducción de animales domésticos Retrieved from uccion anomesticos.fmvz. nam. mx/lib ro/capitulo20/anatomia-aparato-reproductor-macho. html
- INE. (2017). Encuesta Agropecuaria. Instituto Nacional de Estadística.
- Mujica, F., Fidel, R., Bautista, T., Saturnino, M., Zamora, R., & Garcia, A. (2015). Características biométricas testiculares e incidencia de anormalidades genitales en alpacas Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga Ayacucho- Perú Retrieved from <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1068>
- Navarro, C., & Nuñez, M. (2020). Cómo influyen los alimentos en las hormonas. Cuerpamente.
- Pro-camélidos. (2016). Pro-camélidos programa de fortalecimiento integral del complejo de camelidos en el altiplano (Pro-camélidos).
- SIG-UDAPE (Cartographer). (2006). San Andrés Machaca Retrieved from [https://www.udape.gob.bo/portales\\_html/portalSIG/atlasUdape1234567/atlas10\\_2009/maps/20805C.htm](https://www.udape.gob.bo/portales_html/portalSIG/atlasUdape1234567/atlas10_2009/maps/20805C.htm)

# EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE FIBRA DE ALPACA (*Vicugna pacos*) ENTRE SEXOS, CATEGORÍAS Y COLORES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL QUIMSACHATA DEL INIA, PUNO – PERÚ

*Evaluation of Physical Characteristics of Alpaca Fiber (*Vicugna pacos*) between sexes, Categories and Colors at the Quimsachata Experimental Station of the INIA, Puno - Peru*

Quispe Chambi, Edgar<sup>1</sup>, Ochoa Torrez, Ramiro Raúl<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Investigador de la carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto, El Alto, La Paz - Bolivia.

<sup>2</sup> Docente de la carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto, La Paz - Bolivia.

ochoatr@gmail.com

## Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental Quimsachata del INIA, Puno, sede del PNIC (Programa Investigación Nacional en Camélidos). El objetivo fue: Caracterizar Físicamente la Fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*) entre sexos, Categorías y Colores en la Estación Experimental Quimsachata del INIA, Puno – Perú. Se utilizó el diseño completo al azar (DCA) con arreglo factorial 2x2x4, el factor A (sexo), B (edad) y C (color), tomando un total de 80 muestras. Para las muestras se evaluaron las variables: diámetro de fibra DF ( $\mu\text{m}$ ), coeficiente de variación del diámetro de fibra CVDF (%), factor confort FC (%), índice de curvatura IC ( $^{\circ}/\text{mm}$ ), y longitud de mecha (mm). El mejor resultado para el diámetro de fibra fue DL con 17,24 $\mu\text{m}$ , seguido de 2D con 18,80  $\mu\text{m}$ , 4D con 18,87  $\mu\text{m}$ , son consideradas finas. El coeficiente de variación del diámetro, en el color café fue de 22,84 % y el color blanco 21,85 %, por tanto, el blanco es mejor. Para el factor de confort los DL obtuvieron un 99,31 %, la categoría 2D con un 98,71 %, los cuales tiene valores mayores al 95 % los cuales son requeridos por las industrias textiles. Para el índice de curvatura, todas las categorías (2D, 4D y 6D), tienen una curvatura media. La longitud de mecha varía entre las diferentes categorías, siendo 6D la que tiene más larga, seguida por DL, 4D y 2D, por lo tanto, la longitud de mecha incrementa con la edad.

## Palabras claves

Diámetro, fibra, factor de confort, índice de curvatura, longitud de mecha

## Abstract

The present research work was carried out at the Quimsachata Experimental Station of INIA, Puno, headquarters of the PNIC (National Camelid Research Program). The objective was: To Physically Characterize the Alpaca Fiber (*Vicugna pacos*) between Sexes, Categories and Colors at the Quimsachata Experimental Station of INIA, Puno - Peru. A completely

randomized design (CRD) with a 2x2x4 factorial arrangement was used, factor A (sex), B (age) and C (color), taking a total of 80 samples. For the samples, the following variables were evaluated: fiber diameter FD ( $\mu\text{m}$ ), fiber diameter coefficient of variation FDCV (%), comfort factor CF (%), curvature index CI ( $^{\circ}/\text{mm}$ ), and staple length (mm). The best result for fiber diameter was DL with  $17.24\mu\text{m}$ , followed by 2D with  $18.80\mu\text{m}$ , 4D with  $18.87\mu\text{m}$ , which are considered fine. The coefficient of variation of the diameter, in the brown color was 22.84% and the white color 21.85%, therefore, the white is better. For the comfort factor, the DL obtained 99.31%, the 2D category with 98.71%, which have values greater than 95% which are required by the textile industries. For the curvature index, all the categories (2D, 4D and 6D) have a medium curvature. The staple length varies between the different categories, with 6D being the longest, followed by DL, 4D and 2D, therefore, the staple length increases with age.

### Keywords:

Diameter, fiber, comfort factor, curvature index, staple length

### Introducción

La población mundial de alpacas, supera los 6 millones de unidades de los cuales están distribuidos en más de 60 países de los 5 continentes del mundo; siendo Perú con mayor población (71,7%), seguido de Bolivia con (8,6%), Australia (8,2%), Estados Unidos (5,8%) y los países europeos (2,5%) (Contreras, 2019).

En Bolivia se produce aproximadamente 500 toneladas/año de fibra de alpaca, sin embargo, la mayoría de los productores de camélidos desconocen la calidad de fibra que producen, las mismas que son comercializadas a un bajo precio en ferias locales a intermediarios (Aruquipa, 2015).

Quispe et al. (2008), considera edades menores a 1,5 años (diente de leche); 1,5 a 3 años (dos incisivos permanentes); 3 y 4 años (cuatro incisivos permanentes) y mayores a 4 años (incisivos permanentes completos). Sánchez (2004),

categoriza los rebaños identificando por edad y sexo: crías de ambos sexos (hasta 8 meses), tuis menores de ambos sexos de 8 a 12 meses y tuis mayores de ambos sexos (12 a 24 meses de edad), padres y madres (más de 3 años) y capones de 1 a 2 años.

Por lo tanto, evaluar las características físicas de fibra de alpaca llega a ser muy importante, ya que con estos valores se define la calidad y el precio de la fibra. Con la finalidad de brindar un aporte a las familias que se dedican a la crianza de alpacas el objetivo del presente estudio fue Comparar las características físicas de la fibra de alpaca según sexo, color y edad.

### Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se realizó en el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de la Estación Experimental Quimsachata – Puno,

ubicada en el distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa, Región Puno, con coordenadas geográficas de 70° 39' 00" de la longitud Oeste de Greenwich y el paralelo 15° 46' 00" de latitud Sur, a una altura promedio de 4,300 msnm, (INIA, 2010).

El material biológico que se utilizó fue la fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*), de colores blanco, café, de machos y hembras, de diferentes edades del centro experimental del INIA.

El equipo de laboratorio fue OFDA: Instrumento que permite medir las características físicas de fibras, mechas sucias y limpias en tiempo real aplicando factor de corrección por grasa y es útil en programas de mejoramiento genético en alpacas.

Los materiales para el trabajo de campo y de gabinete fueron una tijera, marcador, bolsitas de polietileno, marbetes, cámara fotográfica y el programa estadístico InfoStat.

### Metodología

La metodología de investigación es de tipo exploratorio, la población, fue conformada por N = ochenta, muestras de fibra de alpaca. Para tomar la muestra, se empleó el muestreo no probabilístico, realizándose en función al criterio del investigador, considerando el 20% (n = 20 muestras de fibra de alpaca por unidad experimental).

Primero se identificó la ubicación de las tamas (madres, machos, hembras, tuis) de alpacas a trabajar ya que cada tama se encuentra bajo la supervisión de sus

respectivos pastores.

Se muestreó la fibra del costillar medio, realizando un corte casi al ras de la piel del animal. Almacenándolo en las bolsitas de polietileno, se etiquetó debidamente con los datos del animal muestreado.

Para el análisis de las muestras, se procedió con el equipo OFDA 2000, realizando primeramente una calibración, la cual reguló automáticamente la humedad relativa actual del ambiente, se introdujo el factor de grasa, que en alpaca es de un tenor graso de 0.6% dato que no viene en el software.

Para comenzar con la lectura de datos, se ordenaron todas muestras por categorías colores y sexo, se acomodó la rejilla sobre el ventilador invertido, una vez lista la rejilla se cierra contra luz para observar que no existan fibras muy juntas, posteriormente se coloca en el OFDA, introducir los datos de identificación: código del arete, sexo, color y categoría.

### Diseño experimental

El trabajo de investigación se estableció bajo un diseño Completo al Azar con Arreglo factorial de 2x4x2, el factor A (sexo), factor B (edad) y factor C (color) (Ochoa, 2009):

Los factores de estudio fueron:

#### Factor A: Sexo

a1 = Macho

a2 = Hembra

#### Factor B: Categorías

b1 = DL (dientes de leche)

b2 = 2D (2 dientes)

b3 = 4D (4 dientes)

b4 = BLL (boca llena)

#### Factor Colores

c1 = Café

c2 = Blanco

Resultados y discusión

Diámetro de Fibra

Tabla 1

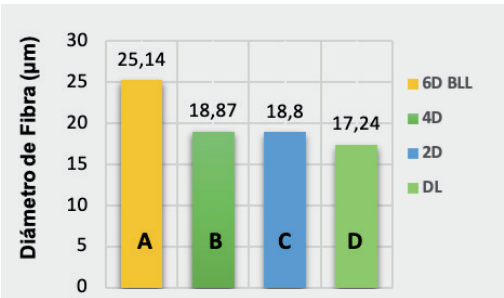
Análisis de varianza para el diámetro de fibra

| F.V.                     | GL | SC      | CM     | F     | p-valor | Sig. |
|--------------------------|----|---------|--------|-------|---------|------|
| Categoría                | 3  | 736,10  | 245,37 | 23,98 | <0,0001 | **   |
| Color                    | 1  | 70,50   | 70,50  | 6,89  | 0,0108  | NS   |
| Sexo                     | 1  | 2,08    | 2,08   | 0,20  | 0,6536  | NS   |
| Categoría * Color        | 3  | 35,52   | 11,84  | 1,16  | 0,3331  | NS   |
| Color * Sexo             | 3  | 69,50   | 23,17  | 2,26  | 0,0895  | NS   |
| Categoría * Sexo         | 1  | 7,75    | 7,75   | 0,76  | 0,3874  | NS   |
| Categoría * Color * Sexo | 3  | 57,50   | 19,17  | 1,87  | 0,1430  | NS   |
| Error                    | 64 | 654,96  | 10,23  |       |         |      |
| Total                    | 79 | 1633,90 |        |       |         |      |

Se presenta el análisis de varianza (ANVA), utilizando un nivel de significancia al 5%, existe diferencia altamente significativa en el efecto categoría. El coeficiente de variación fue de 15.98 %, indicador de confiabilidad.

Figura 1

Prueba de Duncan para el Diámetro de fibra por efecto categoría (µm)



El diámetro de fibra para el efecto de categoría, fue influenciado significativamente ( $p\text{-valor} < 0.0001$ ) en la prueba de Duncan (Figura 1), se observa que el diámetro menor fue en dientes de leche con 17,24 µm, seguido de dos dientes con 18,80 µm, cuatro dientes con 18,87 µm y boca llena con 25,14 µm. Por su parte Barco

(2021), obtuvo 18,6 µm para dientes de leche; 18,74 µm, para dos dientes; 19,6 µm, para cuatro dientes y 20,07 µm para boca llena en la comunidad de Hichocollo del cantón de Ulla Ulla municipio de Pelechuco, La Paz, similares a la presente investigación.

Coeficiente de variación para el diámetro de fibra

Tabla 2

Análisis de varianza para el coeficiente de variación del diámetro de fibra

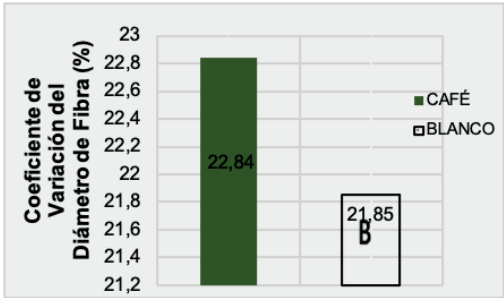
| F.V.                     | GL | SC     | CM    | F    | p-valor | Sig. |
|--------------------------|----|--------|-------|------|---------|------|
| Categoría                | 3  | 25,66  | 8,55  | 2,08 | 0,1113  | NS   |
| Color                    | 1  | 19,50  | 19,50 | 4,75 | 0,0330  | *    |
| Sexo                     | 1  | 6,44   | 6,44  | 1,57 | 0,2151  | NS   |
| Categoría * Color        | 3  | 19,51  | 6,50  | 1,58 | 0,2021  | NS   |
| Color * Sexo             | 1  | 1,04   | 1,04  | 0,25 | 0,6174  | NS   |
| Categoría * Sexo         | 1  | 1,62   | 0,54  | 0,13 | 0,9412  | NS   |
| Categoría * Color * Sexo | 3  | 28,26  | 9,42  | 2,29 | 0,0864  | NS   |
| Error                    | 64 | 262,92 | 4,11  |      |         |      |
| Total                    | 79 | 364,94 |       |      |         |      |

El análisis de varianza (ANVA), con un nivel de significancia al 5 %, muestra diferencia significativa en el efecto categoría. El coeficiente de variación fue de 9,07 %, que indica confiabilidad.

El coeficiente de variación del diámetro de fibra por efecto color en la Figura 2, muestra que el color café tuvo un coeficiente de variación del diámetro de fibra de 22,84 % y el color blanco 21,85 % (Canaza, 2009), quien menciona que obtuvo un CVDF de 15,03 % en fibra de alpacas de la región de Puno y Huancavelica, al igual que Mamani (2008), quien encontró diámetros con coeficiente de variación de 15,18 % en alpacas del distrito de Maranganí de la región de Cusco.

Figura 2

Prueba de Duncan para el coeficiente de variación del diámetro de fibra por efecto categoría (%).



Factor de Confort

Tabla 3

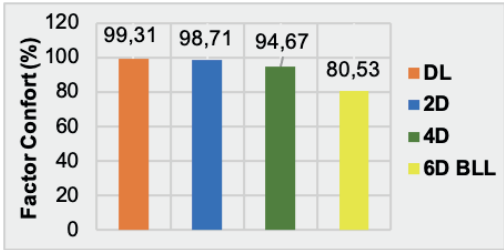
Análisis de varianza para el factor de confort

| F.V.                     | GL | SC       | CM      | F     | p-valor | Sig. |
|--------------------------|----|----------|---------|-------|---------|------|
| Categoría                | 3  | 4603,00  | 1534,33 | 13,44 | <0,0001 | **   |
| Color                    | 1  | 253,47   | 253,47  | 2,22  | 0,1411  | NS   |
| Sexo                     | 1  | 197,82   | 197,82  | 1,73  | 0,1927  | NS   |
| Categoría * Color        | 3  | 509,29   | 169,76  | 1,49  | 0,2284  | NS   |
| Color * Sexo             | 3  | 787,79   | 262,60  | 2,30  | 0,0856  | NS   |
| Categoría * Sexo         | 1  | 49,61    | 49,61   | 0,43  | 0,5121  | NS   |
| Categoría * Color * Sexo | 3  | 155,24   | 51,75   | 0,45  | 0,7158  | NS   |
| Error                    | 64 | 7304,98  | 114,14  |       |         |      |
| Total                    | 79 | 13861,20 |         |       |         |      |

El análisis de varianza (ANVA), a un nivel de significancia al 5%, muestra diferencia altamente significativa en el efecto categoría. El coeficiente de variación fue de 15.98%, valor que indica estar dentro los límites de aceptación.

Figura 3

Prueba de Duncan para el factor de confort por efecto categoría (%)



Para el factor de confort según categorías (Figura 3), los dientes de leche obtuvieron un 99,31 %, la categoría 2 dientes con 98,71 %, los cuales tiene valores mayores al 95 %, en cambio los 4 dientes 94,67 % y para boca llena de 80,53 %, son inferiores al 95 %. Ramos y Mamani (2019), mencionan que conforme se incrementa la edad en alpacas, la variable factor confort disminuye debido al engrosamiento la de fibra en alpacas conforme avanza la edad.

Índice de curvatura

Tabla 4

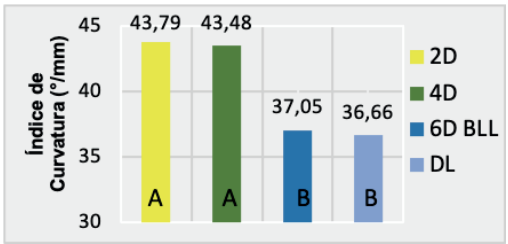
Análisis de varianza para el Índice de curvatura

| F.V.                     | GL | SC    | CM     | F     | p-valor | Sig |
|--------------------------|----|-------|--------|-------|---------|-----|
| Categoría                | 3  | 921,1 | 307,02 | 7,79  | 0,0002  | **  |
| Color                    | 1  | 714,6 | 714,61 | 18,13 | 0,0001  | **  |
| Sexo                     | 1  | 167,9 | 167,91 | 4,26  | 0,0431  | *   |
| Categoría * Color        | 3  | 361,7 | 120,58 | 3,06  | 0,0344  | *   |
| Color * Sexo             | 3  | 135,8 | 45,26  | 1,15  | 0,3364  | NS  |
| Categoría * Sexo         | 1  | 41,9  | 41,91  | 1,06  | 0,3063  | NS  |
| Categoría * Color * Sexo | 3  | 282,8 | 94,28  | 2,39  | 0,0767  | NS  |
| Error                    | 64 | 2522  | 39,41  |       |         |     |
| Total                    | 79 | 5148  |        |       |         |     |

El análisis de varianza (ANVA) (Tabla 4), muestra diferencias altamente significativas según categoría. El coeficiente de variación fue de 15.60%, lo que se encuentra dentro del rango de límites de aceptación

Figura 4

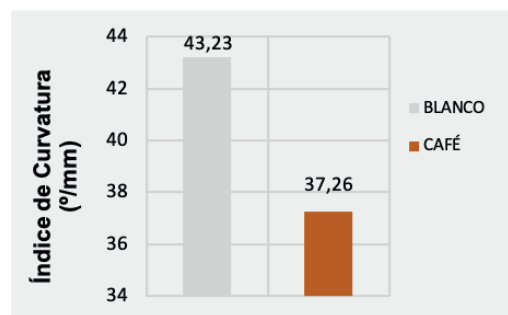
Prueba de Duncan, para el efecto de categoría en el índice de curvatura (°/mm)



Para el índice de curvatura (Figura 4), presentan: 2D 43,79 (°/mm), 4D 43,48 (°/mm), 6DBLL 37,05 (°/mm) y DL 36,66 (°/mm); por lo tanto, 2D tiene el más alto índice de curvatura y DLL siendo el más bajo, por lo que las cuatro categorías son consideradas como curvatura media. De acuerdo a Holt (2006), la curvatura del rizo está relacionada con la frecuencia del número de rizos, cuando la curvatura es menor a 20 grad/mm, es la baja; si esta se encuentra en un rango de 40 – 50 grad/mm es considera media y cuando sobrepasa los 50 grad/mm, es alta.

### Figura 5

*Prueba de Duncan, para el efecto de color en el índice de curvatura (°/mm)*

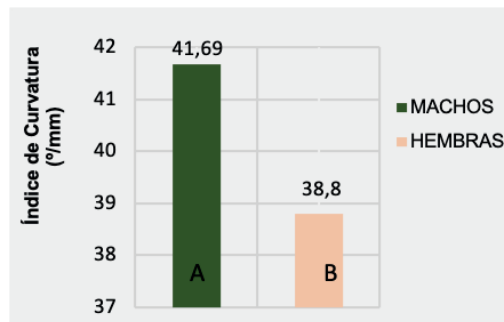


Para el índice de curvatura ya que hubo una diferencia altamente significativa entre los colores blanco y café dando resultados: blanco 43,23 (°/mm), café 37,26 (°/mm), por lo tanto, los de color más claro tienen a elevar su índice de curvatura sobre los oscuros (Figura 5).

Para el índice de curvatura según sexo, existe diferencia. En la prueba Duncan al 5%, se obtuvo un 41,69 (°/mm) en machos, y 38,80 (°/mm), en hembras, por lo tanto, los machos poseen un índice superior al de las hembras (Figura 6).

### Figura 6

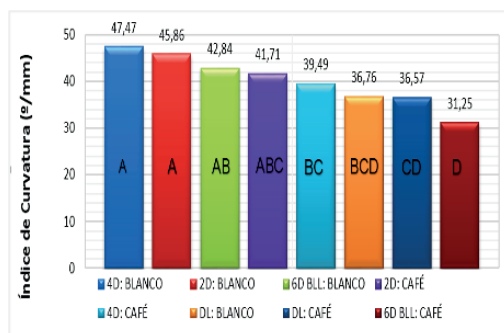
*Prueba de Duncan, para el efecto de sexo en el índice de curvatura (°/mm)*



Para el índice de curvatura según sexo, existe diferencia. En la prueba Duncan al 5%, se obtuvo un 41,69 (°/mm) en machos, y 38,80 (°/mm), en hembras, por lo tanto, los machos poseen un índice superior al de las hembras (Figura 6).

### Figura 7

*Prueba de Duncan, para la interacción categoría\*color en el índice de curvatura (°/mm)*



Para el efecto de interacción entre (categoría\*color) hubo una significancia para lo cual se realizó una prueba de Duncan al 5%, la Figura 7 muestra diferencia significativa; 4D blanco 47,47 °/mm, 2D blanco 45,86 °/mm, 6DBLL: blanco 42,84 °/mm, 2D café 41,71 °/mm, 4D café 39,49 °/mm, DL blanco 36,76 °/mm, DL café 36,57

%mm, y 6DBLL café 31,25(°/mm.

Longitud de mecha

Tabla 4

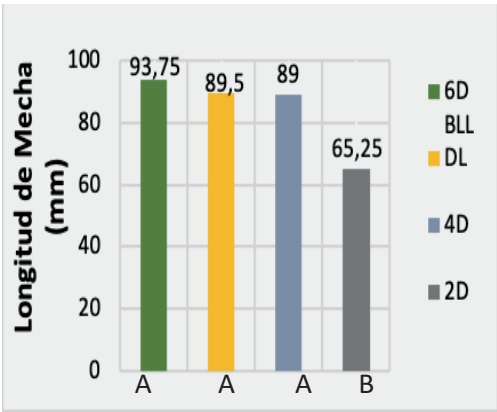
Análisis de varianza para el Índice de curvatura

| F.V.                     | GL | SC       | CM       | F    | p-valor | Sig. |
|--------------------------|----|----------|----------|------|---------|------|
| Categoría                | 3  | 10026,25 | 3342,080 | 8,23 | 0,0001  | **   |
| Color                    | 1  | 180,00   | 180,000  | 0,44 | 0,5080  | NS   |
| Sexo                     | 1  | 211,25   | 211,250  | 0,52 | 0,4735  | NS   |
| Categoría * Color        | 3  | 707,50   | 235,830  | 0,58 | 0,6299  | NS   |
| Color * Sexo             | 3  | 346,25   | 115,420  | 0,28 | 0,8367  | NS   |
| Categoría * Sexo         | 1  | 605,00   | 605,000  | 1,49 | 0,2268  | NS   |
| Categoría * Color * Sexo | 3  | 1542,50  | 514,170  | 1,27 | 0,2937  | NS   |
| Error                    | 64 | 26000,00 | 406,250  |      |         |      |
| Total                    | 79 | 39618,75 |          |      |         |      |

Se presenta el análisis de varianza (ANVA) para la longitud de mecha (Tabla 4), utilizando un nivel de significancia al 5%, donde expresa diferencia altamente significativa en el efecto categoría. Con un coeficiente de variación fue de 23,89%, lo que se encuentra dentro del rango de límites de aceptación.

Figura 8

Prueba de Duncan, para el efecto de categoría para longitud de mecha SL (mm)



En la Figura 8 se observa que 6DBLL: tiene una longitud de mecha de 93,75 SL mm, DL: tiene una longitud de mecha de 89,50 SL mm, 4D: tiene una longitud de mecha de 89,00 SL mm, y 2D: tiene una longitud de mecha de 65,25 SL mm. Mamani, (2011), menciona que encontró de 10, 2 a 12,7 cm de longitud de mecha, las mismas son ideales para el proceso de peinado, asimismo refiere que menores a 7 cm de longitud de fibra deben ser destinado al proceso de cardado. Holt (2013) menciona que cuanto más larga es la longitud, mayor es la resistencia al aumentar la adhesión de las fibras durante el hilado.

Conclusiones

Los diámetros de fibra de alpacas en machos y hembras, se incrementan conforme avanza la edad del animal, las fibras de color blanco son más finas que la fibra de color café, además los machos poseen una fibra más fina. En el coeficiente de variación del diámetro de fibra para el efecto color, las alpacas cafés fueron superiores estadísticamente a las blancas, sin embargo, son ideales para las industrias textiles.

Los machos poseen un factor de confort superior, el factor confort va disminuyendo conforme avanza la edad del animal y los colores claros son mejores que los oscuros.

En el Índice de Curvatura es superior los machos. El color el blanco es superior sobre el café, por tanto, son consideradas como curvaturas medias.

Las alpacas de seis dientes tuvieron mecha más larga, seguida

de dientes de leche y cuatro dientes estas dos últimas casi con longitudes similares, y dos dientes con una longitud más menor.

### Referencias bibliográficas

- Aruquipa, M. 2015. Evaluación de la calidad de fibra de alpaca huacaya (Vicugna pacos) en dos localidades del municipio de Catacora, departamento de La Paz. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés 138 p.
- Barco, F. 2021. Comparación de calidad en fibra, alpaca huacaya (Vicugna pacos) en dos regiones Perú y Bolivia. Tesis Ing. Agr. Universidad Pública de El Alto. 77 p.
- Canaza, A. 2009. Evaluación cuantitativa y cualitativa de la fibra de Alpaca mediante el Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS), (Tesis de Magíster), Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 59 p.
- Contreras, S. T. 2019. Potencial productivo y comercial de la alpaca. Lima - Perú. MINAGRI-DGPA-DEEIA. 52 p.
- Holt, C. 2006. A survey of the relationships of crimp frequency, micron, aracter and. to the Australian alpaca association.
- INIA. N. 2010. Informe de prioridades del Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima-Perú: oficina de planeamiento.
- Mamani, A. 2008. Correlación entre el diámetro, densidad y rizo de la fibra de alpaca Huacaya hembra según región corporal. (Tesis), Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Puno, Perú. 54 p.
- Mamani, R. H. 2011. Situación actual y las perspectivas de los camélidos Sudamericanos del distrito de Torata región de Moquegua, Perú. 106 p.
- Ochoa, R. 2009. Diseños Experimentales. Primera edición La Paz Bolivia. 263 p.
- Quispe, E.C.; Alfonso, L.; Flores, A.; Guillen, H.; Ramos Y. 2008. Bases to an improvement program of the alpacas in highland region. Huancavelica, Perú. 716 p. en <http://www.produccion-a-nimal.com.ar>.
- Ramos, V., & Mamani, R. 2019. Caracterización fenotípica de la fibra de alpaca en region Apurimac. revista de Investigación de la Escuela de Posgrado Universidad Nacional del Altiplano, 14 p.
- Sanchez, C. 2004. Crianza y producción de alpacas” Editorial. RIPALME. Lima, Perú. 35

# CARACTERIZACIÓN DE 50 ACCESIONES DE CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE KALLUTACA

Characterization of 50 actions of cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), at the  
Kallutaca experimental center

Quispe, Maria Eugenia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> investigadora de la carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto.

## Resumen

La caracterización de 50 accesiones de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), en el Municipio de Laja – La Paz, en la Estación Experimental de Kallutaca de la Universidad Pública de El Alto, tuvo el propósito de caracterizar la cañahua desde el punto vista agronómico. Se evaluó la caracterización de 50 accesiones de cañahua en la campaña agrícola 2021 – 2022, se evaluó un total de 15 variables cualitativas y 20 variables cuantitativas. Con el análisis de varianza se encontró que las variables fenológicas presentan una correlación significativa, asociándose de forma negativa a estas variables de índice de cosecha y rendimiento de grano por planta, indicando que su comportamiento es inversamente proporcional a las variables fenológicas. El análisis estadístico descriptivo demostró que hay una amplia variabilidad genética de acuerdo al ciclo fenológico y al tamaño de las cañahuas de acuerdo al análisis de correlación simple, donde los valores van presentando asociaciones significativas es decir que, a medida que aumente o disminuya la duración del periodo fenológico de una variable, también hay cambios en otra variable fenológica. El análisis de conglomerados, permitió clasificar y caracterizar a las accesiones de cañahua en tres grupos, esta agrupación proporcionó una descripción útil y permitió visualizar características particulares en cada grupo. Los análisis obtenidos de índice de cosecha y rendimiento de grano por planta indican que la accesión con hábito de crecimiento Saihua presenta un índice de cosecha de 29,96 g, Lasta 34,7 g, y Pampalasta de 28,32 g. Los rendimientos de grano por planta más altos alcanzado por las accesiones fueron 75,5 y 68,2 g (*Saihua*) con 85,2 y 83,5 g (*Lasta*) 69,2 y 40,5 g (Pampalasta).

## Palabras claves

Correlación, cuantitativas, accesiones, fenológicas, conglomerado.

## Abstract:

The characterization of 50 accessions of cañahua (*Chenopodium pallidicaule*), in the Municipality of Laja - La Paz, at the Kallutaca

Experimental Station of the Public University of El Alto, had the purpose of characterizing cañahua from the agronomic point of view. The characterization of 50 cañahua accessions was evaluated in the 2021 - 2022 agricultural season, a total of 15 qualitative variables and 20 quantitative variables were evaluated. With the analysis of variance it was found that the phenological variables present a significant correlation, being negatively associated to these variables of harvest index and grain yield per plant, indicating that their behavior is inversely proportional to the phenological variables. The descriptive statistical analysis showed that there is a wide genetic variability according to the phenological cycle and the size of the cañahua according to the simple correlation analysis, where the values show significant associations, that is to say, as the duration of the phenological period of one variable increases or decreases, there are also changes in another phenological variable. Cluster analysis made it possible to classify and characterize the cañahua accessions into three groups; this grouping provided a useful description and made it possible to visualize particular characteristics in each group. The analyses obtained for harvest index and grain yield per plant indicate that the accession with growth habit *Saihua* presents a harvest index of 29.96 g, *Lasta* 34.7 g, and *Pampalasta* 28.32 g. The highest grain yields per plant achieved by the accessions were 75.5 and 68.2 g (*Saihua*) with 85.2 and 83.5 g (*Lasta*) 69.2 and 40.5 g (*Pampalasta*).

### Key words:

Correlation, quantitative, accessions, phenological, clúster.

## Introducción

La cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es una especie originaria de la región alrededor del Lago Titicaca, compartida entre Bolivia y Perú. Las principales áreas de producción de cañahua en Bolivia se encuentran en los departamentos de La Paz, específicamente en las provincias de Pacajes, Ingavi y las zonas altas de la provincia de Omasuyos; en Oruro, en el Altiplano Norte y la zona de los Chipayas; y en Cochabamba, en las provincias de Independencia, Bolívar y Tapacaré (Gandarillas y Miranda, 1979).

El cultivo de cañahua está adaptado a las condiciones agroecológicas que prevalecen entre los 3,000 y 4,400 metros sobre el

nivel del mar. Se desarrolla mejor en suelos francos arcillosos con buen drenaje, y además muestra tolerancia a la salinidad. La cañahua tolera períodos prolongados de sequía, pero es susceptible a la humedad en las primeras etapas de su desarrollo. Una vez establecida, es muy resistente al frío, soportando temperaturas bajas de hasta -4°C, y también puede tolerar temperaturas cálidas de hasta 28°C. Estas características de adaptación a condiciones climáticas adversas y de tolerancia a diferentes rangos de temperatura, despiertan un gran interés en el cultivo, mejoramiento genético y producción de cañahua, lo que constituye ventajas económicas para los productores (Hurtado, 2008).

## Materiales y métodos

### Material biológico

El material biológico utilizado en la presente investigación corresponde a 50 accesiones de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), que forman parte del Banco de germoplasma del departamento de Cochabamba, que está a cargo del programa granos andinos del Centro de Investigación (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal) INIAF (Toralapa).

### Metodología

#### Desarrollo del ensayo experimental

La preparación del terreno se realizó aproximadamente con un mes de anticipación (23 de septiembre de 2021), para la siembra. Labor que consistió en la roturación del terreno con un tractor agrícola con arado de disco, a una profundidad de 20 a 25 cm, con el objetivo de voltear y preparar el suelo para un mejor asentamiento y desarrollo de la semilla.

Una vez preparado el terreno se procedió a la delimitación del área experimental con la ayuda de una cinta métrica de 50 m, cordeles y estacas. El área que se delimitó tuvo una dimensión de 17.5 x 39 m, dando un total de 682.5 m<sup>2</sup>, misma que se dividió en 5 bloques de 13 accesiones 2 x 1.5 m y pasillos de 1.5 m de ancho que separan de un bloque de otro.

Se realizó la siembra en 3 surcos de 2 m de longitud espaciadas a 0.50 m. se trazó 5 bloques de 13 accesiones cada uno separados por pasillos de 1.5 m. una vez hecha

la apertura de los surcos se aplicó fertilizante (fosfato di amónico), la proporción fue de 10 gramos por bloque, posteriormente se colocó las semillas en forma manual a chorro continuó para garantizar la emergencia de un número adecuado de plantas por acesión.

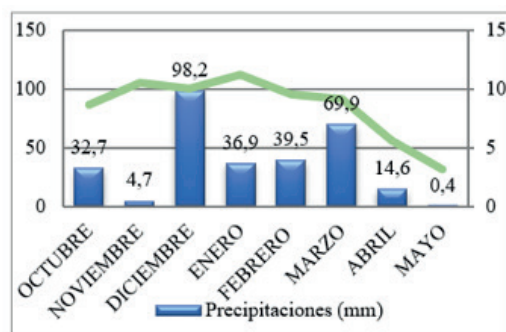
## Resultados y discusión

### Clima

Las especies vegetales cultivables necesitan de ciertas condiciones ecológicas y climáticas para poder desarrollarse y producir. En el caso de la cañahua, esta se desarrolla en la zona Puna, aproximadamente entre los 3,800 y 4,200 metros sobre el nivel del mar. En esta región, la precipitación fluctúa entre los 250 a 300 mm, y la temperatura predominante es fría, pudiendo tolerar hasta 6 grados Celsius bajo cero sin que esto altere su producción (Cuba, 2005).

### Figura 1

#### Precipitaciones



Yapu (2020), alude en su investigación que el clima en la estación experimental de Kallutaca se caracteriza por ser frío y seco, al existir una división entre época seca

y época húmeda (lluvias) que abarca de 8 a 4 meses, respectivamente; la temperatura promedio es de 14 °C, una humedad relativa promedio de 35% y una precipitación pluvial de 600 a 650 mm/año.

Suelo

Los terrenos en los que se cultiva la cañahua pueden ser de “rompe” o “purumas”, es decir, suelos de color oscuro con pendientes moderadas y una textura que va de franca a franco arenosa, con un pH que oscila entre 5.5 y 8.0. La cañahua no es un cultivo exigente en términos de suelos, y puede ser cultivada en terrenos que se encuentran en rotación después del cultivo de la papa amarga (Bravo et al., 2010).

Tabla 1

Análisis de varianza para los días a emergencia

| Fv                                                                             | Df | SC     | CM     | F        | Pr(>F)     | SIG |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|--------|--------|----------|------------|-----|
| Bloques                                                                        | 4  | 1,600  | 0,400  | 1,000    | 0,46091    | NS  |
| Testigo                                                                        | 2  | 46,800 | 23,400 | 58,5000  | 0,00001687 | *** |
| Accesiones                                                                     | 49 | 82,500 | 1,684  | 4,2092   | 0,01828    | *   |
| Testigo vs Accesiones                                                          | 1  | 41,654 | 41,654 | 104,1346 | 0,00007295 | *** |
| Error experimental                                                             | 8  | 3,200  | 0,400  |          |            |     |
| NS = No significativo      * = Significativo      ** = Altamente significativo |    |        |        |          |            |     |

Días a ramificación

En la etapa de número de días a ramificación vemos que hay diferencia significativa en las accesiones por lo tanto el cultivo de cañahua en estudio tuvo un número de días similares en promedio hasta esta etapa, esto se debe que las precipitaciones durante esta fase no fue la adecuada y tampoco fue contraste por lo observado en campo.

Variables cuantitativas

Días a emergencia

Como se observa en la tabla 1, existen diferencias altamente significativas del testigo y testigo vs accesiones sobre el tiempo de emergencia de todas las cañahuas en estudio y un similar número de días promedio a la emergencia en las accesiones, donde el testigo vs accesiones y el testigo parece tener un efecto positivo en presentar diferencias altamente significativas sobre el tiempo que tardan las plantas de cañahua en emerger.

Los días a ramificación, muestra un coeficiente de variación de 1.8%, lo que indica una baja variabilidad en el número de días a ramificación. Esto significa que las plantas de cañahua en el experimento son bastante uniformes del momento en que comienzan a ramificarse.

Tabla 2

Análisis de varianza para días a ramificación

| Fv                    | Df | SC     | CM      | F        | Pr(>F)   | SIG |
|-----------------------|----|--------|---------|----------|----------|-----|
| Bloques               | 4  | 1,067  | 0,2667  | 1        | 0,460905 | NS  |
| Testigo               | 2  | 34,533 | 17,2667 | 64,75    | 1,15E-05 | *** |
| Accesiones            | 49 | 82,5   | 1,6837  | 6,3138   | 0,004768 | **  |
| Testigo vs Accesiones | 1  | 30,782 | 30,7821 | 115,4327 | 4,96E-05 | *** |
| Error experimental    | 8  | 2,133  | 0,2667  |          |          |     |

NS = No significativo      \* = Significativo      \*\* = Altamente significativo

Días a 50% de floración

Los días a floración se caracteriza por la presencia de flores en actividad sin interrumpir la continuidad del proceso reproductivo. Se considera que la planta se encuentra en esta fase cuando el 50% de las plantas presentan sus flores abiertas. El tiempo promedio

para esta característica fue de 75.90 días, con un desvío estándar de 1.60, con un mínimo de 74 días, y un máximo de 80 días y un coeficiente de variación de 0.8%. Esto significa que las plantas de cañahua en el experimento son excepcionalmente uniformes en cuanto al momento en que la mitad de la población alcanza la floración.

Tabla 3

Análisis de varianza para los días a 50% de floración

| Fv                    | Df | SC     | CM     | F       | Pr(>F)     | SIG |
|-----------------------|----|--------|--------|---------|------------|-----|
| Bloques               | 4  | 1,600  | 0,400  | 1,000   | 0,46091    | NS  |
| Testigo               | 2  | 40,133 | 20,067 | 50,1667 | 0,00002974 | *** |
| Accesiones            | 49 | 82,500 | 36,013 | 4,2092  | 0,01828    | *   |
| Testigo vs Accesiones | 1  | 36,013 | 36,013 | 90,0321 | 0,00001254 | *** |
| Error experimental    | 8  | 3,200  | 0,400  |         |            |     |

NS = No significativo      \* = Significativo      \*\* = Altamente significativo

Variables cualitativas

La información registrada se realizó en función a los descriptores propuestos por los autores Rojas y Pinto (2003). Cada valor numérico asignado a los descriptores se denomina como una categoría. Los estados de los descriptores cualitativos utilizados para la caracterización y evaluación del germoplasma de

cañahua se calificaron de acuerdo a las categorías propuestas por los autores mencionados anteriormente. Además, el registro de los colores se hizo utilizando la tabla de colores Munsell (Muñoz et al., 1993), donde los valores numéricos fueron recodificados. Esto permitió explicar el comportamiento de cada accesión

INEAP - UPEA

dentro del germoplasma de cañahua.

Hábito de crecimiento

En la tabla 5, muestra la variación para el hábito de crecimiento, se reporta como resultado que de las 65 accesiones evaluadas 22 accesiones corresponden al hábito de crecimiento saihua, que representa el 33,8% del total de las accesiones, mientras 36 accesiones son de hábito de crecimiento lasta con un 55,4%, así mismo, 7 accesiones con hábito

de crecimiento pampalasta con un 10,8% a través de esta característica se llega a diferenciar accesiones de una misma especie y mediante este se conoce la variabilidad sobre la base de las escalas reportadas.

Según los autores Rojas et al. (2002), se han identificado tres hábitos de crecimiento principales en la cañahua: Lastas, saihuas y postrado.

Tabla 5

Descripción de la variable habito de crecimiento

| Hábito de crecimiento | Accesiones                                                                                                                                                                                               | Frecuencia | Categoría | Porcentaje, % |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|---------------|
| Saihua                | 3183, 3253, T3, 3458, 3535, 3655, T3, T2, 3492, 3538, T3, 3531, 3784, 3878, T2, 3881, 3885, T3, 3882, 3948, T2, 15843                                                                                    | 22         | 1         | 33,8          |
| Lasta                 | T1, 3197, 3247, T2, 3228, 3260, 3293, 3319, 3335, 3401, 3462, 3581, 3603, T1, 3662, 3670, 3694, 3485, 3417, T1, 3696, 3697, 3709, T3, 3795, 3921, 3884, T1, 3900, 3905, 3907, T1, 3824, 3954, 3968, 3969 | 36         | 2         | 55,4          |
| Pampalasta            | 3355, 3366, T2, 3586, 3698, 3858, 15831                                                                                                                                                                  | 7          | 3         | 10,8          |

Elaboración propia: Datos en función a descriptores (Quispe, 2024)

Color de tallo a la madurez fisiológica

Tabla 6

Descripción de la variable color de tallo a la madurez fisiológica

| Color de tallo a la madurez fisiológica | Accesiones                                                                                                                                    | Frecuencia | Categoría | Porcentaje % |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|--------------|
| Amarillo                                | T1, 3183, T3, 3458, 3401, 3462, T1, 3662, 3485, 3492, 3538, T3, T1, 3696, 3531, 3698, 3697, 3709, 3795, 3858, 3878, T1, 3824, 3948, T1, 15843 | 26         | 2         | 40           |
| Anaranjado                              | 3228, T3, 3366, T2, 3694, T3, T2, 3900, T3, 3905, T2,                                                                                         | 11         | 12        | 16,9         |
| Café rojizo                             | 3319                                                                                                                                          | 1          | 17        | 1,5          |
| Pajizo                                  | 3355                                                                                                                                          | 1          | 9         | 1,5          |
| Purpura pálido                          | T2, 3293, 3535, 3581, 3655, 3417, 3784, 3921, 3884, 3885,                                                                                     | 10         | 18        | 15,4         |
| Rojo                                    | 3260, T2                                                                                                                                      | 2          | 13        | 3,1          |
| Rosado oscuro                           | 3197, 3247, 3335, 3603, 3586, 3881, 3968                                                                                                      | 7          | 10        | 10,8         |
| Verde claro                             | 3253, 3670, 3907, 3882, 3954, 3969, 15831                                                                                                     | 7          | 5         | 10,8         |

Elaboración propia: Datos en función a descriptores (Quispe, 2024)

De acuerdo a la información registrada 10,8% de la población del germoplasma presentan estados de verde claro y rosado oscuro en el tallo durante la madurez fisiológica, porcentaje que equivale ambas a 7 accesiones; también se observa a un grupo de 11 accesiones que presentan colores de tallo anaranjado que presenta 16,9%, y 10 accesiones son de color purpura pálido. Y los grupos conformados por 1 y 2 accesiones presentan estados de color café rojizo, pajizo y rojo corresponden a los porcentajes más bajos de la población con 1,5 y 3,1% respectivamente; mientras el 40,0% constituye al

estado de color amarillo con 26 accesiones con el mayor porcentaje en la población del germoplasma.

En estudios previos sobre la cañahua, algunos autores han reportado variaciones en el color del tallo de las plantas, las cuales van desde verde, amarillo, rojo, rosado, morado, anaranjado y guindo, observadas en la madurez fisiológica del cultivo (Arteaga, 1996). De manera similar, Carrasco (1988) también reportó que los tallos de la cañahua pueden presentar coloraciones que van desde verde, amarillo, rojo, hasta anaranjado y púrpura, durante la

INEAP - UPEA

etapa de madurez fisiológica de la planta.

Color de planta a la madurez fisiológica

En la tabla 6, se muestra la variación de esta característica

y sobre la base de los descriptores publicados por los autores (Rojas y Pinto, 2003), se registró diferentes tonos de color presentes en las 116 accesiones de germoplasma en la madurez fisiológica.

Tabla 7

Descripción de la variable forma de grano

| Forma de grano | Accesiones                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Frecuencia | Categoría | Porcentaje (%) |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|----------------|
| Sub cilíndrico | 3183, 3197, 3247, 3253, T2, 3228, 3293, 3319, 3355, 3335, 3458, 3366, 3401, 3462, T2, 3535, 3581, 3603, 3655, 3662, 3670, 3694, 3586, 3485, T2, 3492, 3538, 3417, 3531, 3698, 3697, 3709, 3784, 3795, 3921, 3858, 3878, T2, 3881, 3885, 3900, 3905, 3882, 3824, 3948, 3954, 3968, 3969, T2, 15831, 15843 | 51         | 1         | 78,5           |
| Cónico         | T1, 3260, T3, T1, T3, T1, T3, 3696, T3, 3884, T1, T3, 3907, T1                                                                                                                                                                                                                                           | 14         | 2         | 21,5           |

Elaboración propia: Datos en función a descriptores (Quispe, 2024)

En el Tabla 7, se registra los datos existentes, donde se observa un grupo formado por 51 accesiones que presenta la forma de grano sub cilíndrico porcentaje que equivale a 78,5% a la escala de valor 1, mientras, el 21,5% presenta la forma cónica que corresponde a 14 accesiones a la escala de valor 2.

Análisis de conglomerados

Con el método de la distancia Euclidiana se procedió a realizar el análisis de aglomeración de las accesiones de cañahua, Donde la distancia entre dos conglomerados es la suma de los cuadrados entre dos conglomerados sumados para

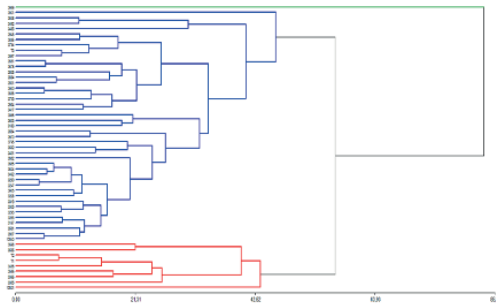
todas las variables así mismo, para minimizar las diferencias dentro de los conglomerados se muestra el dendrograma de las 53 accesiones, el cual muestra a partir de la línea de corte tres grupos claramente definidos, lo que permite inferir la presencia de dos grupos diferentes de cañahua.

Una vez identificados los grupos en estudio, y con el fin de diferenciar las características sobre salientes de cada una de las variables en cada grupo, se realizó la caracterización de grupo, el cual se basa en la descripción de las características de los grupos y de las características que difieren

significativamente entre los grupos. Tomando en cuenta la cantidad de accesiones se procedió a la identificación de cada uno de los grupos clasificados en las accesiones de cañahua.

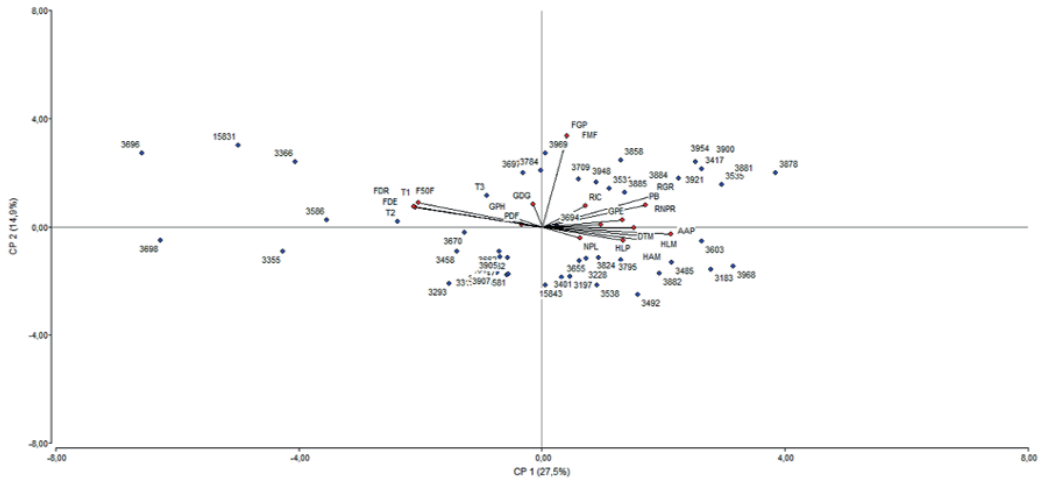
## Figura 2

### *Análisis de conglomerados (Dendograma)*



### Figura 3

### Representación gráfica de las accesiones respecto a los componentes principales (BIPLOT)



## Conclusiones

Se reporta como resultado que, de 50 accesiones evaluadas, 22 accesiones corresponden al hábito de crecimiento saihua, que presenta el 33,8% del total de las accesiones, mientras, 36 accesiones son de hábito de crecimiento lasta con un 55,4%,

# Análisis de componentes principales

El análisis de la matriz de componentes con rotación ortogonal se utiliza como un instrumento de discusión e interpretación de los resultados obtenidos, donde la participación de cada componente principal indica el grado de contribución de cada variable original y su asociación a cada componente principal. A mayor valor de los coeficientes, mayor será su contribución en la discriminación de las accesiones; así mismo, dentro de cada componente principal las variables están correlacionadas.

así mismo, 7 accesiones con hábito de crecimiento pampalasta con un 10,8%, a través de esta característica se lleva a diferenciar accesiones de una misma especie y mediante este se conoce la variabilidad sobre la base de las escalas reportadas.

Las variables número de ramas primarias, cobertura foliar, altura de planta, diámetro de tallo central se encuentran asociadas entre sí y tienen influencia directa con el rendimiento de grano por planta e índice de cosecha, lo cual indica mayor desarrollo de la planta con altos rendimientos de grano por planta es de 75,5 a 85,2 g e índice de cosecha de 28,3 a 34,7 g.

La mayoría de las accesiones presentan regular vigor a la emergencia seguido de la categoría bueno y malo; de las 50 accesiones, 36 son lasta, 22 son saihua y 7 accesiones pampalasta; sin embargo, estos hábitos de crecimiento se encuentran distribuidos en los grupos.

### Referencias bibliográficas

- Arteaga, Y. (1996). Caracterización preliminar y evaluación agronómica de 480 accesiones de germoplasma de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en Patacamaya. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Bravo, R; Valdivia, R; Andrade, K; Palulosi, S. (2010). Granos andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañihua y kiwicha 104 en Perú. Puno, Roma, Italia: CIRNMA.
- Carrasco, R. (1988). Cultivos andinos, importancia nutricional y posibilidades de procesamiento en Centros rurales "Bartolomé de las Casas". Cuzco, Perú.
- Cuba, R. (2005). Proceso productivo del cultivo de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en comunidades del Ayllu Majasya Mujlli. Cochabamba, Bolivia: Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Gandarillas, E & Miranda, L. (1979). estudio y conservación del banco de germoplasma de cañahua. Estación Experimental de Patacamaya: IBTA - MACA.
- Hurtado. (2008). Elaboración de una bebida láctea enriquecida con harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Trujillo, Perú: Tesis de grado. Universidad Nacional de Trujillo.
- Muñoz, G; Giraldo, G; y Fernández de Soto J. (1993). Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. Cali., Colombia: CIAT.
- Quispe, M. (2024). Caracterización de 50 accesiones de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), en el Centro Experimental de Kallutaca. La Paz, Bolivia: Universidad Pública de El Alto. Carrera de Ingeniería Agronómica.
- Rojas y Pinto. (2003). Descriptores de cañahua y quinua, estandarizados para la región andina. FUNDACION PROINPA, La Paz, Bolivia.
- Rojas, W; Pinto, M y Camargo, A. (2002). Caracterización y evaluación preliminar de la colección de germoplasma de cañahua. PROINPA - SIBTA, Bolivia. Y de kallutaca. el alto, Bolivia: UPEA

# EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE CUATRO VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) CON LA APLICACIÓN DE MULCH DE COCA (*Erythroxylum coca*) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA UPEA

## Evaluation of seed production of four varieties quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) mulching with coca (*Erythroxylum coca*) in experimental station Kallutaca UPEA

Condori Tinta, Isaac Elias <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Docente de la Universidad Pública de El Alto, El Alto La Paz - Bolivia.

### Resumen

El estudio de la producción de semilla de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con la aplicación de mulch de coca (*Erythroxylum coca*) se realizó en el Centro Experimental de Kallutaca UPEA en municipio de Laja - La Paz. El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de semilla de cuatro variedades de quinua (*Kurmi*, *Blanquita*, *Chucapaca* y *Jacha Grano*) con la aplicación de mulch de coca (0, 20, 30 y 40 t/ha) y con cuatro repeticiones de cada tratamiento. Se utilizó el diseño jerárquico bifactorial con bloques anidados en el factor mulch. Los resultados fueron: con 40 t/ha de mulch se observó buenos resultados en fase de emergencia, inicio de floración y fin de floración; en fase de madurez fisiológica resultó con 30 t/ha en 159 días, la variedad Jacha Grano entró en esta etapa en 141 días. Los variables agronómicos que se tomaron son: diámetro de la panoja se obtuvo 7.48 cm con 20 t/ha de mulch; longitud de la panoja se llegó hasta 29.10 cm, con 105.98 cm de altura y 16.12 mm de diámetro de tallo principal todos con 40 t/ha de mulch; la variedad Kurmi fue sobresaliente con 104.57 cm de altura y 16.12 mm de diámetro de tallo. Con 40 t/ha de mulch se llegó hasta 4.18 gr (peso de mil semillas) y para las variedades, la variedad Jacha Grano fue superior con 4.19 gr. El rendimiento por hectárea fue para 40 t/ha de mulch, con 1.92 t/ha en la variedad Blanquita con 1.83 t/ha de rendimiento.

### Palabras claves

Variedad, mulch, coca, quinua, semilla y parcelas.

### Abstract

The study of seed production of four varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Mulching with coca (*Erythroxylum coca*) was performed at the Experimental Center Kallutaca UPEA in municipality of Laja - La Paz. The aim of this study was to evaluate the seed production of four varieties of quinoa (*Kurmi*, *Blanquita*, *Chucapaca* and *Jacha Grano*) with

Mulching coca (0, 20, 30 and 40 t/ha) and four repetitions each treatment. the bivariate hierarchical design was used with nested blocks in the mulch factor. The results were: 40 t/ha of mulch good results were seen in the emergency phase, flowering beginning and end of flowering; under physiological maturity turned out with 30 t/ha in 159 days variety Jacha Grano entered this stage in 141 days. Agronomic variables that were taken are: panicle diameter of 7.48 cm was obtained with 20 t/ha of mulch; panicle length came to 29.10 cm, 105.98 cm and 16.12 mm in diameter of main stem all with 40 t/ha of mulch; Kurmi variety was outstanding with 104.57 cm and 16.12 mm diameter stem. 40 t/ha of mulch came to 4.18 gr (thousand seed weight) and for varieties, the variety Jacha Grano was higher with 4.19 gr. The yield per hectare was for 40 t/ha of mulch, with 1.92 t/ha in variety Blanquita with 1.83 t/ha yield

### Keywords:

Variety, mulch, coca, quinoa, seed and plots.

### Introducción

La producción de quinua en Bolivia está siendo situada en la prioridad a nivel exportación de forma orgánica ya que durante miles de años el principal alimento de las culturas antiguas del altiplano; que está distribuida en diferentes zonas agroecológicas de la región. En la actualidad, la quinua se encuentra en franco proceso de expansión y exportación porque representa un gran potencial para mejorar las condiciones de vida de la población del país, del altiplano y del mundo moderno (Rojas y Pinto, 2009).

INIAF (2015), menciona 19 semilleristas existente en La Paz entre ellos individuales y asociaciones ubicadas en las provincias de Ingavi, Aroma, Pacajes, Omasuyos y Los Andes que producen las semillas de las variedades Jacha Grano y Kurmi.

Los agricultores siembran la quinua en extensiones de tierra; pero estos terrenos no recuperan su fertilidad por falta de cobertura natural, también por un factor muy importante

que es el componente agua, ya que la mayoría de los agricultores siembran a secano. Por otro lado, en nuestro país la hoja de coca incautada no tiene un destino hacia la producción agrícola, menos para incorporar al suelo como mulch.

Frente a esta situación nace la idea de incorporar la hoja de coca en forma de mulch, a lo que mencionamos que la hoja de coca absorbe y retiene la humedad impidiendo la pérdida de agua mediante la evaporación en el suelo; a la vez, la hoja de coca llega a la descomposición y aporta con nutrientes para el desarrollo de las plantas.

El presente trabajo de investigación muestra el rendimiento de la quinua en producción de la semilla con la aplicación de mulch de la hoja de coca como una cobertura natural; el mulch evita fundamentalmente la perdida de agua, la erosión de suelo y otros factores que provocan la fragilidad al suelo. Posteriormente la hoja de coca

se convierta en nutrientes para las plantas en el suelo.

Por tal razón se diseñó este trabajo de investigación con el siguiente objetivo: evaluación de la producción de semilla de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con la aplicación de mulch de coca (*Erythroxylum coca*) en la estación experimental de Kallutaca UPEA.

## **Materiales y métodos**

### **Ubicación**

El presente estudio se realizó en los campos del Centro Experimental de Kallutaca UPEA, municipio de Laja, ubicado en altiplano norte de La Paz a 26 km de la ciudad de La Paz. La zona geográficamente está situada entre las coordenadas 16°32'27" Latitud Sur y 68°18'32" Longitud Oeste, a una altitud de 3908 m.s.n.m (SENAMHI, 2010).

### **Material vegetal**

Se utilizó cuatro variedades de quinua: Variedad Kurmi, Blanquita, Jacha Grano y Chucapaca; también se utilizó hojas de coca.

### **Material de campo**

Tractor agrícola, wincha métrica, estacas de madera, chontillos, venteadora, bolsas de yute, marbetes, etc.

### **Material de laboratorio**

Balanza analítica de precisión (0.01 g)

### **Metodología**

Se realizó las siguientes labores en fase de establecimiento de las parcelas experimentales:

### **Preparación del terreno**

Se realizó con maquinaria agrícola (tractor) el roturado y rastrado.

### **Siembra**

La siembra se llevó un solo día, se sembró en 6 surcos de 6 m de longitud espaciados a 0.50 m entre surcos y 0.30 m entre plantas.

### **Raleo**

Se efectuó dejando 3 plantas en un primer raleo y 1 planta en segundo raleo, esta actividad se realizó cuando las plantas han emergido totalmente fuera del suelo.

### **Cosecha**

Se efectuó manualmente con la ayuda de un hoz y posteriormente mantenerlos en sobres de papel evitando de ésta forma la pérdida de grano. La trilla se realizó en forma manual e individual de cada material genético, separándola broza del grano, a través del venteo.

### **Diseño experimental**

Se aplicó el diseño jerárquico o anidado bifactorial con bloques anidados en factor mulch.

Factor A: aplicación de mulch: a1 = mulch 0 t/ha, a2 = mulch 20 t/ha, a3 = mulch 30 t/ha y a4 = mulch 40 t/ha.

Factor B: variedades de quinua: b1 = Variedad Kurmi, b2 = Variedad Blanquita, b3 = Variedad Jacha grano y b4 = Variedad Chucapaca.

### **Tratamientos**

Se distribuye de la siguiente manera (Tabla 1).

Tabla 1

Formulación de tratamientos

| Nro . | TRATA<br>MIENT<br>OS | VA<br>R.       | MULC<br>H      | COMBINACI<br>ÓN DE<br>FACTORES  |
|-------|----------------------|----------------|----------------|---------------------------------|
|       | T1                   |                |                |                                 |
| 1     | (testigo)            | b <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> | b <sub>1</sub> x a <sub>1</sub> |
| 2     | T2                   | b <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> | b <sub>1</sub> x a <sub>2</sub> |
| 3     | T3                   | b <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> | b <sub>1</sub> x a <sub>3</sub> |
| 4     | T4                   | b <sub>1</sub> | a <sub>4</sub> | b <sub>1</sub> x a <sub>4</sub> |
|       | T5                   |                |                |                                 |
| 5     | (testigo)            | b <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> | b <sub>2</sub> x a <sub>1</sub> |
| 6     | T6                   | b <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> | b <sub>2</sub> x a <sub>2</sub> |
| 7     | T7                   | b <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> | b <sub>2</sub> x a <sub>3</sub> |
| 8     | T8                   | b <sub>2</sub> | a <sub>4</sub> | b <sub>2</sub> x a <sub>4</sub> |
|       | T9                   |                |                |                                 |
| 9     | (testigo)            | b <sub>3</sub> | a <sub>1</sub> | b <sub>3</sub> x a <sub>1</sub> |
| 10    | T10                  | b <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> | b <sub>3</sub> x a <sub>2</sub> |
| 11    | T11                  | b <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> | b <sub>3</sub> x a <sub>3</sub> |
| 12    | T12                  | b <sub>3</sub> | a <sub>4</sub> | b <sub>3</sub> x a <sub>4</sub> |
|       | T13                  |                |                |                                 |
| 13    | (testigo)            | b <sub>4</sub> | a <sub>1</sub> | b <sub>4</sub> x a <sub>1</sub> |
| 14    | T14                  | b <sub>4</sub> | a <sub>2</sub> | b <sub>4</sub> x a <sub>2</sub> |
| 15    | T15                  | b <sub>4</sub> | a <sub>3</sub> | b <sub>4</sub> x a <sub>3</sub> |
| 16    | T16                  | b <sub>4</sub> | a <sub>4</sub> | b <sub>4</sub> x a <sub>4</sub> |

Variables de respuesta:

Variables fenológicas

- Días a la emergencia, días al inicio de floración, días al fin de floración y días a la madurez fisiológica.

Variables agronómicas

- Diámetro de la panoja, longitud de la panoja, altura de planta, diámetro de tallo y peso de mil semillas.

Rendimiento

- Rendimiento de grano por planta y rendimiento de grano.

Resultados y discusión

Días a la emergencia

El análisis de varianza realizado expresa que existe diferencias altamente significativas

para factor mulch donde  $Pr > F = <0.0001$  es menor a 0.01. Las variedades son similares. El análisis comparativo de Duncan muestra evidencias significativas de 2 grupos diferentes A y B, entre ellos con una diferencia de 2 días en promedio (Tabla 2).

Tabla 2

Análisis comparativo del rango múltiple de Duncan

| Mulch   | Media | Duncan<br>Agrupamiento |
|---------|-------|------------------------|
| 30 t/ha | 11.00 | A                      |
| 20 t/ha | 11.00 | A                      |
| 0 t/ha  | 9.69  | A B                    |
| 40 t/ha | 9.06  | B                      |

Al respecto, Mujica et al. (2004), señalan que la fase de germinación es más sensible a la humedad, si es baja, no germina, si excede, se asfixia y muere; de la misma manera, Romero (1990), señala que la velocidad de emergencia se reduce conforme a la humedad del suelo.

Días al inicio de floración

En esta variable el análisis de varianza, indica que existe diferencias significativas para la aplicación de mulch y como para variedades al 0.01 de Pr. para comparar las diferencias, existen 3 clases A, B y C con vales de 92, 82 y 75 días este último corresponde a 40 t/ha de mulch, entre A y C existen diferencias altas de 17 días en promedio; para las variedades la variedad Jacha Grano entró en esta etapa en 79 días, seguida por variedad Chucapaca, Blanquita y como último Kurmi en 87 días.

Al respecto, Quino (2000),

Menciona que el comportamiento entre variedades, está determinada por el carácter genético propio de cada variedad y por las condiciones medio ambientales del lugar.

Días al fin de floración

En esta etapa el análisis de varianza indica que existe diferencias significativas para factor mulch y factor variedad. El análisis comparativo de Duncan para factor mulch destaca tres clases A, B y C, el ultimo con 40 t/ha de mulch entró en esta etapa en 142 días, con 0 t/ha entró en 151 días A. Para las variedades también existen tres clases A, B y C, entre A y C existen diferencias de 10 días entre 151 días y 141 días.

Días a la madurez fisiológica

El análisis de varianza para esta variable señala diferencias en factor mulch, factor variedad y como variedad por mulch, al 0.01 Pr. Mediante el análisis comparativo de Duncan tenemos 2 clases A y B (Tabla 3)

Tabla 3

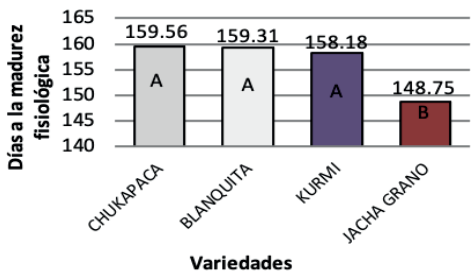
Análisis comparativo del rango múltiple de Duncan

| Mulch   | Media  | Duncan Agrupamiento |
|---------|--------|---------------------|
| 20 t/ha | 158.75 | A                   |
| 40 t/ha | 158.62 | A                   |
| 0 t/ha  | 154.43 | B                   |
| 30 t/ha | 154.00 | B                   |

Con respecto a las variedades la variedad Jacha Grano fue prematuro, que entró en esta etapa en 148 días que las de más variedades (Figura 1)

Figura 1

Comparación de distribución de media variedades

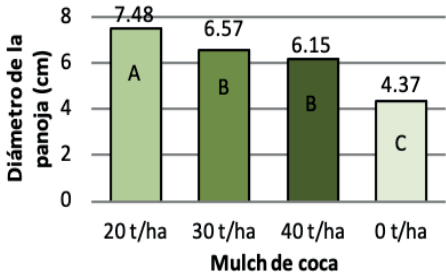


Al respecto, Mújica et al. (2004), indican que la madurez fisiológica del cultivo de quinua ocurre entre los 160 a 180 días después de la siembra, donde el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%, y se presenta un amarillamiento completo de la planta. Las variedades estudiadas son similares a estos datos.

Diámetro de la panoja

Figura 2

Comparación de distribución de media mulch



Para esta variable existe diferencias significativas para factor mulch, según análisis de varianza, estos al 0.01 de Pr. Comparando la distribución de medias (Figura 2), resalta 7.48 cm de diámetro de panoja para 20 t/ha de mulch.

Al respecto, PROINPA (2005), menciona que el diámetro máximo de panoja es de 4.8 cm. Asimismo, Rojas (1998), menciona que entre las variedades las panojas con menor y mayor diámetro varía en un rango de 2.9 a 19.4 cm. Los tratamientos estudiados son corroborados por los autores.

### Longitud de la panoja

El análisis de varianza para esta variable menciona diferencias significativas para factor mulch; para las variedades son no significativos. Realizado la distribución de media, indica dos clases A y B, los más desiguales son entre 40 t/ha de mulch y 0 t/ha de mulch, haciendo una diferencia de 12.89 cm entre 29.10 cm y 16.21 cm respectivamente A y B.

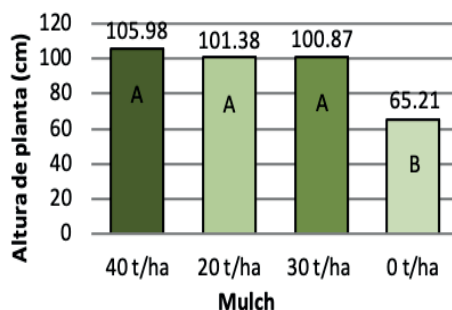
Al respecto, Alanoca y Mamani (2013), obtuvieron resultados similares, en promedio la longitud de la panoja de 22.45, 21.7 y 20.6 cm.

### Altura de planta

Con respecto a esta variable existen evidencias significativas para factor mulch y variedades, según el análisis de varianza. Con respecto a la aplicación de mulch la distribución de media (Figura 3) muestra dos clases A y B; las diferencias entre 40 t/ha de mulch y 0 t/ha de mulch son resaltantes cuya diferencia es de 40.77 cm de altura.

### Figura 3

*Comparación de distribución de media altura de planta*



Para las variedades existen dos clases A y B, en clase A conformada por variedad Kurmi con 104.57 cm de altura. Al respecto, Vargas (2013), señala que la mayor altura de la planta obtenido fué de 78.73 cm.

Al respecto; Gandarillas y Bonifacio (1991), indican que la altura de planta en la quinua es un carácter muy variable donde es posible encontrar altas y enanas según las características variando estos de 0.70 a 1.40 m de altitud. Los resultados se asemejan a los autores mencionados.

### Diámetro de tallo

El análisis de varianza para esta variable indica diferencias significativas para factor mulch y variedades al 0.01. así mismo la distribución de media presenta dos clases A y B, de 40 a 0 t/ha de mulch de coca, de 1.62 cm a 1.03 cm de diámetro. Con respecto a las variedades la variedad Kurmi fue sobresaliente con 1.61 cm de diámetro.

Al respecto, Alanoca (2014), menciona que obtuvo el diámetro de tallo un mínimo y máximo de 0.60

y 2.77 cm. Los datos obtenidos se encuentran entre estos rangos.

Peso de mil semillas

Para esta variable según el análisis de varianza indica diferencias significativas para factor mulch y varieades, cuyo Coeficiente de Variación es de 8.51. En cuanto a la aplicación de mulch, muestra tres clases diferentes A, B y C entre ellos de 4.18, 3.73 y 3.36 g con 40, 20 y 0 t/ha de mulch.

En cuanto a las variedades con buen peso de mil semillas corresponde a Jacha Grano, seguida por Chucapaca, Kurmi y Blanquita (Tabla 4).

Tabla 4

Análisis comparativo del rango multiple de Duncan

| Variedad    | Media | Duncan Agrupamiento |
|-------------|-------|---------------------|
| Jacha Grano | 4.19  | A                   |
| Chucapaca   | 3.78  | B                   |
| Kurmi       | 3.70  | B                   |
| Blanquita   | 3.62  | B                   |

Al respecto, Rojas (1998), indica que la variable peso de grano alcanza un promedio de 3.50 a 4.60 g; con un rango de variación entre 1.36 a 5 g entre las variedades que formaron los granos con menor y mayor tamaño, respectivamente.

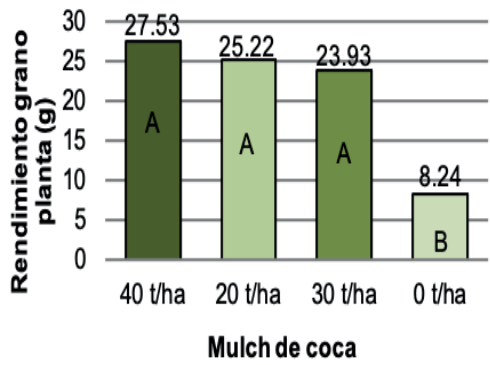
Rendimiento de grano por planta

El análisis de varianza muestra evidencias significativas para mulch y variedades al 0.01. en tal sentido la comparación de la distribución de media indica, ben rendimiento en planta para 40 t/ha

de mulch con 27.53 g seguida por 20 y 30 t/h; para 0t/ha de mulch se tiene el rendimiento de grano planta 8.24 g (Figura 4).

Figura 4

Comparación de distribución de media rendimiento grano/planta



Para las variedades la variedad Blanquita superó a otras variedades con 26.25 g planta, la variedad Chucapaca y Jacha Grano alcanzaron hasta 22.60 g planta y la variedad Kurmi estuvo entre 15.38 g. Estos resultados son similares, al reporte de Rojas (2013), menciona que los rendimientos de grano por planta en su estudio registraron hasta 25 g.

Rendimiento de grano

De la misma forma el análisis de varianza muestra diferencias para factor mulch y factor variedad; para la comparación de Duncan en cuanto a las diferentes niveles de mulch, el mejor rendimiento se obtuvo con 40 t/ha de mulch con 1.92 t/ha en rendimiento, mientras tanto con 0 t/ha de mulch se llegó hasta 0.57 t/ha. Así mismo la variedad con mayor rendimiento nos muestra a la variedad Blanquita con 1.83 t/ha (tabla 5).

Tabla 5

*Análisis comparativo del rango múltiple de Duncan para rendimiento*

| Variedad  | Media   | Duncan Agrupamiento |   |
|-----------|---------|---------------------|---|
| Blanquita | 1837.85 | A                   |   |
| Chucapaca | 1587.77 | A                   |   |
| Jacha     | 1442.17 | A                   | B |
| Grano     |         |                     |   |
| Kurmi     | 1076.42 |                     | B |

Al respecto, Tapia (1990), alude que el rendimiento está relacionado con el nivel de fertilidad del suelo, abono químico, época de siembra, el control de enfermedades y plagas, la presencia de heladas; granizadas y entre otras pero generalmente se obtiene de 600 a 800 kg/ha.

Asimismo, nuestros resultados son superiores al autor mencionado a causa del incremento de nitrógeno en el suelo según análisis químico de suelo. Uno de los claros ejemplos en el suelo es que el pH del suelo sube, sin mulch y con 20 t/ha tenemos 6.3 de pH, con 30 t/ha el pH del suelo sube a 6.5 y con 40 t/ha el pH llega a ser ácido teniendo 7.5. De la misma forma el nitrógeno sube hasta 0.17% con 40 t/ha y sin mulch llega a 0.14%. Son estos componentes que han hecho diferenciar entre las aplicaciones de mulch.

Conclusiones

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

El tiempo de producción en diferentes fases de crecimiento, con

los diferentes tratamientos de mulch de coca para las cuatro variedades, con mejor comportamiento fue 40 t/ha para la fase de emergencia, inicio de floración y fin de floración. Para la fase de madurez fisiológica, resultó mejor con 30 t/ha en 159 días y en variedades la variedad Jacha Grano fue la superior con 141.12 días.

Las cuatro variedades de semilla de quinua, con mejor comportamiento a las diferentes aplicaciones de mulch de coca, para la producción de semilla, tenemos a: diámetro de la panoja a 20 t/ha con 7.48 cm de diámetro. En cuanto a las variedades son similares. Al respecto de la longitud de panoja, el principal resultado obtenido, fue con 40 t/ha con 29.10 cm de longitud. La altura de planta para la aplicación de mulch fue con 40 t/ha con 105.98 cm, al respecto de las variedades en cuanto a la altura de planta, fue para la variedad Kurmi 104.57 cm. El mejor diámetro de tallo obtenido con mulch de coca, fue para 40 t/ha 16.12 mm, la variedad Kurmi fue la superior de todas las variedades con 16.09 mm de diámetro.

Con respecto a la calidad de semilla, con 40 t/ha se llegó hasta 4.18 gr como peso de mil semillas, para las variedades la variedad Jacha Grano llegó hasta 4.19 gr las mil semillas. Con referente al rendimiento de grano por planta, el superior fue para 40 t/ha de mulch de coca con un rendimiento de 27.53 gr/planta, con respecto a las variedades fue para la variedad Blanquita con un rendimiento de 26.25 gr/planta. En cuanto al rendimiento por hectárea con mejor resultado obtenido fue con 40 t/ha de mulch, con 1926.4

kg/ha (1.9 t/ha), con referente a las variedades, con superior rendimiento fue para la variedad Blanquita con 1837.85 kg/ha (1.8 t/ha).

### Agradecimientos

- A la Carrera de Ingeniería Agronómica UPEA.
- A Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y Forestal INIAF.
- A Viceministerio de Coca del MDRyT.
- A mis asesores Ing. PhD. Victor Hugo Mendoza Condori, Ing. Ramiro Raul Ochoa Torrez e Ing. Pedro Mamani Mamani.
- A mis tribunales revisores Ing. Laoreano Coronel Quispe, Ing. Gabriel Pari Flores e Ing. M. Sc. Victor Paye Huaranca.

### Referencias bibliográficas

- Alanoca, QC. 2014. Diversidad Morfológica, Fenológica y Calidad de Semilla de Ecotipos de *Chenopodium quinoa* Willd. Conservadas en la Comunidad Irpani, Altiplano Sur. Tesis para optar el grado de Maestría en "Manejo y Conservación en Recursos Fitogenéticos y Biotecnología Vegetal Aplicada" Universidad Mayor de San Simón. 113 p.
- Alanoca, C; Mamani, A. 2013. Introducción de tres variedades de quinua en dos comunidades del municipio de Patacamaya, Altiplano Central, Bolivia. Revista Científica de Investigación INFO - INIAF.

1(1): 47 - 53.

- Gandarillas, H; Bonofacio, A. 1991. Herencia de tiempo de madurez, altura de planta y tamaño del grano en la quinua. VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. La Paz, BO. p. 3-10.

INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, BO). 2015. Directorio de productores y comercializadores de semillas [www.iniaf.gob.bo](http://www.iniaf.gob.bo)

- Mujica, A; Jacobsen, S; Izquierdo, J; Marathe, JP. 2004. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. 2da edición. Santiago, CH. 361 p.

PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos, BO). 2005. Variedad de quinua "kurmi". Ficha Técnica. no. 12: 1-4.

Quino, E. 2000. Comportamiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con abonamiento de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y su efecto sobre las propiedades físicas del suelo en el Altiplano Central. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 98 p.

Rojas, W. 1998. Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

de Bolivia, mediante métodos multivariados. Tesis de Magíster en Ciencias Vegetales. Valdivia, CH. Escuela de graduados. Universidad Austral de Chile. 209 p.

Rojas W. (2013) Diversidad Genética de quinua de Bolivia. Fundación PROINPA. Publicado: Congreso Científico de la Quinua (Memorias), 14 y 15 de junio 2013. La Paz, Bolivia pp. 77 - 91.

Rojas, W., M. Pinto y E. Mamani. 2009. Logro e impactos del Subsistema Granos Alto andinos, periodo 2003 – 2008. En Encuentro Nacional de Innovación Tecnológica, Agropecuaria y Forestal. INIAF. Cochabamba, 29 y 30 de junio de 2009. pp 58-65.

Romero, B. 1990. Semillas, biología y tecnología. España. Ediciones Mundi - Prensa. s.p.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, BO). 2010. Información meteorológica anual. La Paz, BO. s.p.

Tapia, ME. 1990. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Perú. FAO y INIAA. p. 40 - 58.

Vargas, M. (Ed). 2013. Congreso científico de la quinua. (Memorias). La Paz, BO. 682 p.

# **EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE FACTORES ADVERSOS EN TRES ÉPOCAS DE SIEMBRA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE CULTIVOS ANDINOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

**Evaluation of the incidence of adverse factors in three seasons of planting on the productivity of andean crops at the Experimental station of Kallutaca**

**Paco Enríquez, Graciela.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Investigadora de la carrera Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto, El Alto La Paz – Bolivia

## **Resumen**

El presente trabajo de investigación se llevó en los predios de la Estación Experimental de Kallutaca durante la campaña agrícola 2020-2021. El objetivo general fue Evaluar la incidencia de factores adversos en tres épocas de siembra en la productividad de cultivos andinos en la Estación Experimental de Kallutaca. La investigación se realizó en una parcela de 180 m<sup>2</sup>. Se evaluaron tres épocas de siembra con quince días de diferencia, la primera fue el 15, la segunda el 30 de octubre y la tercera el 15 de noviembre. Los cultivos con los que se trabajaron fueron: quinua, cañahua, trigo, cebada y papa. Las variables que se determinaron para la productividad fueron: días a emergencia (DE), altura de planta (AP), días a floración (DF), días a madurez (DM) y rendimiento (Rdto). Asimismo, se evaluó el efecto de los factores bióticos y abióticos en la productividad de los cultivos mencionados, bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (heladas, granizadas, precipitaciones y temperaturas máximas), (% de severidad e incidencia de daños ocasionados al cultivo), que se presentaron en las fases fenológicas de las especies. Respecto a la productividad de las especies en las tres épocas de siembra, la primera siembra presentó mayor rendimiento en la mayoría de las especies cultivadas. El factor adverso abiótico que más afectó fue la helada afectando a la papa en diferentes fases fenológicas, y el factor adverso biótico con mayor incidencia fue el Mildiu en la quinua.

## **Palabras claves**

Épocas de siembra, bióticos, abióticos, rendimiento

## **Abstract**

This research work was carried out on the premises of the Kallutaca Experimental Station during the 2020-2021 agricultural campaign. The general objective was to evaluate the incidence of adverse factors in three planting seasons on the productivity of Andean crops at the Kallutaca Experimental Station. The research was carried out on a 180 m<sup>2</sup> plot. Three sowing periods were evaluated fifteen days apart, the first was on

the 15th, the second on October 30 and the third on November 15. The crops that were worked with were: quinoa, Cañahua, wheat, barley and potato. The variables that were determined for productivity were: days to emergence (DE), plant height (AP), days to flowering (DF), days to maturity (DM) and yield (Rdto). Likewise, the effect of biotic and abiotic factors on the productivity of the aforementioned crops, biotic (pests and diseases) and abiotic (frosts, hailstorms, precipitation and maximum temperatures), (% severity and incidence of damage caused to the crop) was evaluated. ), which occurred in the phenological phases of the species. Regarding the productivity of the species in the three sowing seasons, the first sowing presented higher yields in most of the cultivated species. The abiotic adverse factor that most affected was frost, affecting potatoes in different phenological phases, and the biotic adverse factor with the highest incidence was Downy Mildew in quinoa.

### Keywords:

Planting seasons, biotics, abiotics, yield.

### Introducción

La agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático, ya que las temperaturas más altas tienen un impacto directo sobre los rendimientos de cultivos y las mayores precipitaciones podrían generar más hierbas y plagas. Por lo anterior, los cambios en los patrones de las precipitaciones a corto plazo representarían pérdidas de cosechas y en largo plazo, una disminución en la producción (Mora, 2010). Bolivia tiene múltiples climas, desde el tropical en los llanos hasta el polar en la Cordillera de los Andes, determinadas por la combinación de la posición geo astronómica, latitud, altitud, relieve de la Cordillera de los Andes, ubicación en los trópicos, vientos alisios, surazos y el fenómeno de El Niño, factores que determinan la temperatura, la precipitación, la humedad, el viento, la presión atmosférica, la capacidad de retención de humedad del suelo y la evapotranspiración, dando lugar a climas diferentes (Salamanca &

Condori, 2012).

En la época de siembra de invierno, las bajas temperaturas pueden retrasar la germinación de los cultivos y afectar su crecimiento, en la época de siembra de verano, las altas temperaturas y la falta de lluvia pueden generar estrés hídrico en las plantas y disminuir la producción, además de otros factores que afectan como heladas, granizadas, sequías etc.

Para esta investigación, se seleccionó granos, cereales y tubérculos por ser cultivos de gran importancia en el Altiplano cuyo objetivo fue evaluar la incidencia de estos factores adversos y determinar el efecto en la productividad en tres épocas.

### Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental de Kallutaca de la Carrera de Ingeniería

Agronómica, de la Universidad Pública de El Alto, ubicado en la provincia Los Andes Municipio de Laja, encontrándose al oeste del departamento de La Paz. Situada a 68° 29' 49.81 LS, y 16° 46' 15.11 LO, con una altitud de 3800 msnm y a una distancia de 20 km de la ciudad de La Paz (Google Earth, 2020).

Se utilizó el material genético de cinco cultivos seleccionadas por su alta productividad y resistencia a factores adversos las cuales fueron provenientes del banco de semillas de la Estación Experimental de Kallutaca como ser: Quinua, Cañahua, Trigo, Cebada, Papa Bol 5118 y Papa amarga. La siembra se realizó manualmente y de forma escalonada con intervalos de quince días, la primera siembra fue en la fecha 15 de octubre, la segunda el 30 de octubre y la tercera el 15 de noviembre.

Las variables evaluadas fueron: días a emergencia (DE), días a floración (DF), días a maduración (DM), altura de planta (AP), y rendimiento (Rdto). Para los análisis se utilizó paquetes estadísticos SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

## Resultados y discusiones

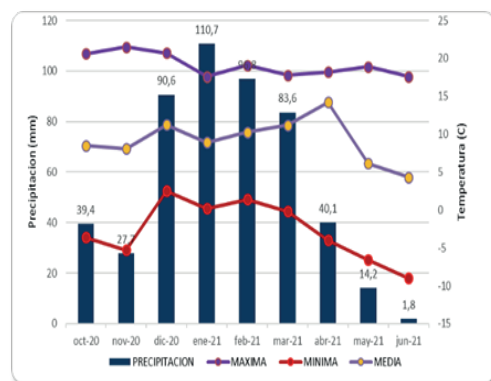
### Condiciones climáticas

Los datos provienen de la Estación Meteorológica de la Carrera de Ingeniería Agronómica-UPEA, donde se realizó la presente ubicación. se observa que el régimen de las precipitaciones fue regular, donde la mayor precipitación se presentó en el mes de enero con 110,7 mm, la mínima en el mes de junio con 1,8

mm y un promedio relativo de 56,10 mm. En cuanto a la temperatura fue relativa en todos los meses siendo el promedio de la máxima temperatura de 19,11 °C, la mínima -2,73 °C y la media 10,62 °C, siendo la máxima temperatura en el mes de noviembre con 21,5 °C, y la mínima de 0,2 °C en el mes de enero.

### Figura 1

*Datos de precipitación, temperaturas máximas, media y mínima de la Estación Experimental de Kallutaca durante el ciclo de los cultivos, campaña agrícola (2020-2021)*



## Factores bióticos en la productividad de cultivos Andinos

### Incidencia de plagas

En la tabla 1, se observa las plagas que se presentaron durante la campaña agrícola 2020-2021, el porcentaje de incidencia de daños ocasionados en las fases fenológicas de los cultivos está en la tabla 1:

### Tabla 1

*Daños causados por plagas en:*

quinua, cañahua, trigo, cebada, papa, Bol 5118 y papa amarga en tres épocas de siembra

| Especie       | Plaga                   | Fase Fenológica     | % de incidencia |             |             |
|---------------|-------------------------|---------------------|-----------------|-------------|-------------|
|               |                         |                     | 1ra Siembra     | 2da Siembra | 3ra Siembra |
| Quinua        | Patagioenas maculosa    | Grano pastoso       | 35              | 25          | 0           |
|               |                         | Madurez fisiológica | 30              | 25          | 0           |
| Cañahua       | Myzus persicae          | Grano pastoso       | 10              | 5           | 0           |
|               |                         | Emergencia          | 10              | 10          | 0           |
| Papa Bol 5118 | Premnotrypes vorax      | Maduración          | 20              | 15          | 8           |
|               | Phthorimaea operculella | Maduración          | 0               | 0           | 8           |
|               | Epitrix spp             | Emergencia          | 10              | 10          | 0           |
| Papa amarga   | Premnotrypes vorax      | Maduración          | 10              | 15          | 5           |
|               | Phthorimaea operculella | Maduración          | 0               | 0           | 8           |

La quinua

fue afectada por la paloma (Patagioenas maculosa) en dos fases fenológicas grano pastoso y madurez fisiológica, afectando en inicio al grano pastoso dificultando la madurez del grano. Carpio et al., (2016), mencionan que la mayoría de aves granívoras concurren a los campos de quinua al finalizar el período fenológico de grano pastoso e inicio de madurez fisiológica, los cuales se evidencias con los resultados encontrados.

La cañahua

se observó que fue afectada por el pulgón verde (Myzus persicae), en la primera época de siembra en la fase fenológica de grano pastoso. Flores (2008), menciona que los pulgones se alimentan de la savia de la hoja, se encuentran en el envés de la hoja y que generalmente se presenta en todas las fases de desarrollo del cultivo de la cañahua.

Papa Bol 5118

Como se observa en la tabla 1, la presencia de tres plagas: pulguilla saltona (Epitrix spp.), gusano blanco (Premnotrypes vorax) y la polilla de papa (Phthorimaea operculella).

Rodriguez (2018), menciona que (Epitrix spp.), se presenta durante todo el período vegetativo del cultivo y son más abundantes en la primera etapa, especialmente en épocas de calor, bajo clima seco y en ausencia de lluvias.

Bástidas et al., (2005), mencionan que las larvas causan daño económico al cultivo de papa al perforar los tubérculos en el campo reduciendo así su valor comercial, las larvas forman túneles en los tubérculos que pueden alcanzar una profundidad de 3 a 4 cm e inclusive llegan a atravesar la papa.

Enfermedades

En la tabla 2, se observa las enfermedades que se presentaron durante la campaña agrícola 2020-2021. El cultivo de papa presentó más enfermedades en las tres épocas de siembra.

Tabla 2

Daños causados por enfermedades en: quinua, cañahua, trigo, cebada, papa, Bol 5118 y papa amarga

| Especie       | Enfermedad             | Fase Fenológica            | Severidad % |             |             |
|---------------|------------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
|               |                        |                            | 1ra Siembra | 2da Siembra | 3ra Siembra |
| Quinua        | Peronospora variabilis | Inicio de Panojamiento     | 10          | 20          | 40          |
|               |                        | Floración                  | 40          | 25          | 0           |
|               | Phoma exigua           | Ramificación               | 0           | 0           | 30          |
|               |                        | Floración                  | 0           | 0           | 70          |
| Cebada        | Mancha foliar          | Espigamiento               | 0           | 0           | 20          |
| Trigo         | Tizón bacteriano       | Espigadura                 | 5           | 0           | 0           |
|               | Achatamiento           | Inicio de floración        | 15          | 15          | 0           |
|               |                        | Inicio de llenado de grano | 0           | 0           | 30          |
| Papa Bol 5118 | Alternaria solani      | Floración                  | 25          | 35          | 0           |
|               |                        | Maduración                 | 35          | 10          | 10          |
| Papa amarga   | Alternaria solani      | Floración                  | 30          | 30          | 0           |
|               |                        | Maduración                 | 20          | 30          | 0           |

### La quinua

Se vio afectada por el mildiu (*Peronospora variabilis*) y podredumbre marrón del tallo en tres fases fenológicas. Kumar et al., (2006), observó que el pico más alto de severidad se da a los 65 días del cultivo.

### El trigo

Afectada por tizón bacteriano de la hoja, en dos fases fenológicas, la primera en el espigamiento e inicio de floración. Alberione et, al. (2018), mencionan que su desarrollo epidémico se ve favorecido por condiciones ambientales particulares: abundante humedad (alta humedad relativa y/o lluvias), bajas temperaturas (heladas) y acción del viento que hacen que se provoquen daños en los tejidos foliares, permitiendo el ingreso de la bacteria al tejido vegetal que dará lugar al inicio de la infección con la posterior manifestación de síntomas.

### Papa bol 5118

Se vio afectada por tizón temprano (*Alternaria solani*) en dos fases fenológicas de floración y maduración. Acuña, (2011), menciona que los primeros síntomas se observan en la parte basal de las plantas, en las hojas más viejas. Las lesiones ascienden gradualmente alcanzando los follajes altos.

### Papa amarga

Fue afectada en dos fases fenológicas floración y maduración por *Alternaria solani*. Acuña,2011), menciona que esta enfermedad producirá mayores pérdidas cuando se presenta después de floración o durante la tuberización.

### Factores abióticos

### Heladas

El porcentaje de plantas afectadas por heladas en los meses de noviembre, enero marzo y abril se determinó mediante la escala de cuantificación de daños causados por heladas, se hizo la estimación visual directa del porcentaje de plantas afectadas.

Se observó que el cultivo de papa de la primera y segunda época de siembra, durante la fase fenológica de floración fueron las más afectadas.

Tabla 3

*Daños causados por heladas en: quinua, cañahua, trigo, cebada, papa Bol 5118 y papa amarga en tres épocas de siembra*

| Especie       | Fase fenológica        | % de daño de Helada |           |           |
|---------------|------------------------|---------------------|-----------|-----------|
|               |                        | 1ra época           | 2da época | 3ra época |
| Quinua        | Inicio de Panojamiento | 20                  | 10        | 5         |
|               | Inicio de floracion    | 15                  | 10        | 0         |
|               | Grano pastoso          | 10                  | 0         | 0         |
| Cañahua       | Ramificación           | 5                   | 0         | 0         |
|               | Inflorescencia         | 0                   | 0         | 5         |
|               | Floracion              | 0                   | 0         | 10        |
| Trigo         | Inicio foliar          | 10                  | 10        | 0         |
|               | Espigamiento           | 5                   | 0         | 5         |
|               | Inicio de floracion    | 8                   | 0         | 0         |
| Cebada        | Inicio foliar          | 10                  | 10        | 0         |
|               | Espigamiento           | 8                   | 0         | 8         |
|               | Inicio de floracion    | 8                   | 0         | 0         |
| Papa Bol 5118 | Emergencia             | 70                  | 0         | 0         |
|               | Tuberización           | 0                   | 60        | 60        |
|               | Floracion              | 90                  | 80        | 0         |
|               | Madurez fisiológica    | 10                  | 10        | 40        |
| Papa amarga   | Emergencia             | 70                  | 0         | 0         |
|               | Tuberización           | 0                   | 55        | 50        |
|               | Floración              | 90                  | 60        | 0         |
|               | Madurez fisiológica    | 5                   | 20        | 30        |

En los resultados se observan que la tercera siembra (15 de noviembre) presentó bajo porcentaje de daño por la helada, en particular del cultivo de papa Bol 5118 y papa amarga en comparación con las primera y segunda siembra. PROINPA (2009), menciona que el daño por heladas es un problema grande en la producción de papa en latitudes altas y en áreas de latitudes bajas. Las pérdidas por las heladas

en los Andes (-3°C a -4°C) causan una reducción estimada de la producción anual de 30% en promedio; ocurre cuando se forman cristales de hielo dentro del protoplasma de las células.

Granizadas

En cuanto a granizadas, la época que más se vio afectada fue la tercera siembra, seguidamente de la segunda y por último la primera siembra, principalmente a cuatro especies.

Tabla 4

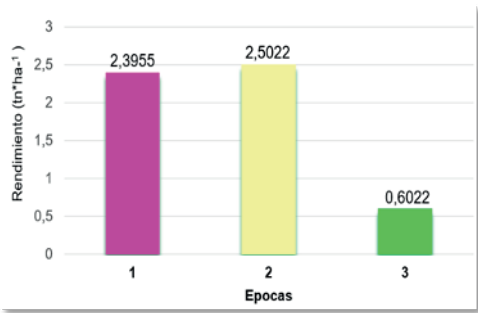
*Daño ocasionado por la granizada*

| Especie | Fase fenológica     | % de daño de granizada |             |             |
|---------|---------------------|------------------------|-------------|-------------|
|         |                     | 1ra siembra            | 2da siembra | 3ra siembra |
| Quinua  | Inicio de floración | 0                      | 0           | 20          |
| Cañahua | Grano pastoso       | 0                      | 10          | 0           |
| Trigo   | Floración           | 0                      | 0           | 30          |
|         | Madurez fisiológica | 30                     | 30          | 10          |
| Cebada  | Inicio foliar       | 10                     | 0           | 0           |
|         | Madurez fisiológica | 30                     | 0           | 10          |

Estadística descriptiva para Rendimiento (tn\*ha<sup>-1</sup>)

Figura 2

*Rendimiento del cultivo de quinua en tres épocas de siembra*



De acuerdo a los resultados obtenidos en la figura 2, el rendimiento de la quinua presentó diferencias en las tres épocas la segunda época de

siembra tiene mayor rendimiento con 2, 5022 tn\*ha<sup>-1</sup>, seguidamente de la primera con 2,3955 tn\*ha<sup>-1</sup> y por último la tercera siembra con mínimo rendimiento de 0, 6022 tn\*ha<sup>-1</sup>. La diferencia de la tercera época, se debe a la presencia de enfermedades como el mildiu y podredumbre de raíz en sus fases fenológicas principales.

Rendimiento de cañahua

Se observa con mayor producción la primera época de siembra con 611 kg\*ha<sup>-1</sup> seguidamente la segunda con 486 kg\*ha<sup>-1</sup> y por último la tercera siembra con 375 kg\*ha<sup>-1</sup>.

Figura 3

*Rendimiento del cultivo de Cañahua en tres épocas de siembra*

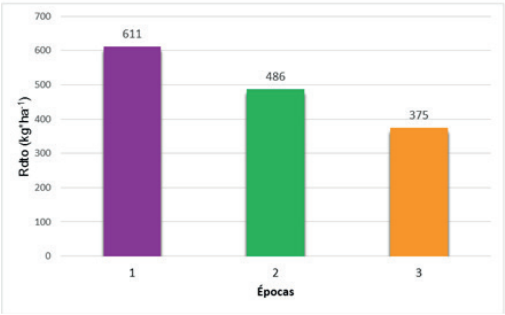
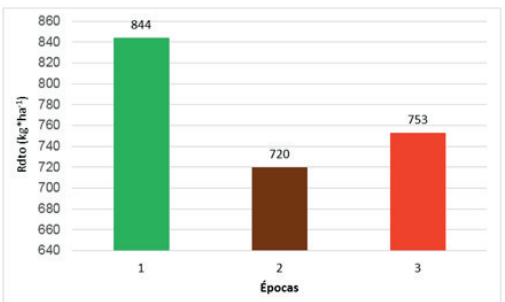


Figura 4

*Rendimiento del cultivo de trigo en las tres épocas de siembra.*

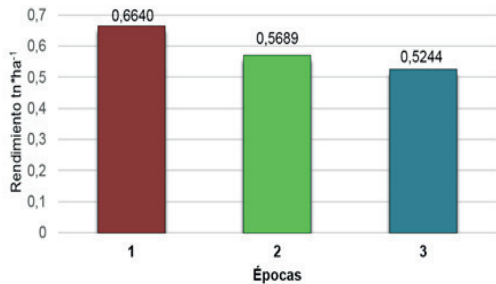


Se observa el rendimiento del cultivo de trigo, donde la primera época presentó mayor rendimiento con 844 kg\*ha<sup>-1</sup>, seguido de la tercera siembra con 753 kg\*ha<sup>-1</sup> y por último con 720 kg\*ha<sup>-1</sup> la segunda época de siembra.

Rendimiento de la cebada

Figura 5

Rendimiento del cultivo de cebada en tres épocas de siembra

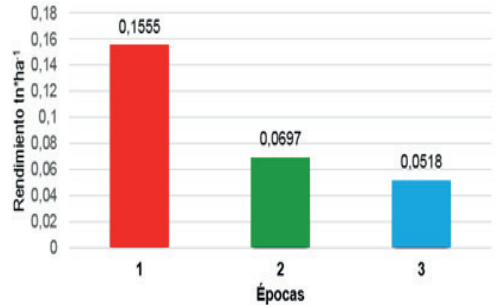


Rendimiento mayor obtuvo la primera época de siembra con 0,6640 tn\*ha<sup>-1</sup>, seguido por la segunda época con 0,5689 tn\*ha<sup>-1</sup> por último con 0,5244 tn\*ha<sup>-1</sup> la tercera siembra.

Rendimiento de papa Bol 5118

Figura 6

Rendimiento del cultivo de papa Bol 5118 en tres épocas de siembra



El rendimiento mayor presentó la primera época de siembra con 0,1555 tn\*ha<sup>-1</sup>, seguido por la segunda época con 0,0697 tn\*ha<sup>-1</sup> por último con 0,0518 tn\*ha<sup>-1</sup> la tercera.

Rendimiento de papa amarga

Figura 7

Rendimiento del cultivo de papa amarga en tres épocas de siembra

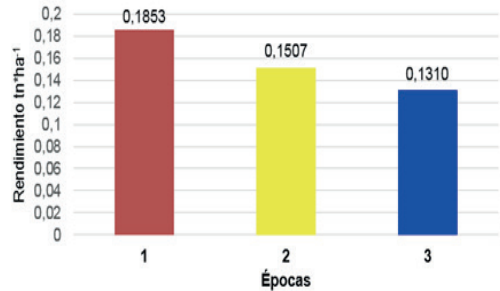


Tabla 5

Días de emergencia en tres épocas de siembra para diferentes cultivos

| Epocas | Cultivos        | Variable  | Media | Minimo | Maximo |
|--------|-----------------|-----------|-------|--------|--------|
| 1      | Quinua          | DE (días) | 13    | 13     | 13     |
|        | Cañahua         |           | 13    | 13     | 13     |
|        | Trigo           |           | 24    | 24     | 24     |
|        | Cebada          |           | 24    | 24     | 24     |
|        | Papa Bol 5118   |           | 33    | 33     | 33     |
|        | Papa Bola Lucki |           | 40    | 40     | 40     |
| 2      | Quinua          | DE (días) | 16    | 16     | 16     |
|        | Cañahua         |           | 25    | 25     | 25     |
|        | Trigo           |           | 30    | 30     | 30     |
|        | Cebada          |           | 30    | 30     | 30     |
|        | Papa Bol 5118   |           | 33    | 33     | 33     |
|        | Papa Bola Lucki |           | 33    | 33     | 33     |
| 3      | Quinua          | DE (días) | 14    | 14     | 14     |
|        | Cañahua         |           | 14    | 14     | 14     |
|        | Trigo           |           | 27    | 27     | 27     |
|        | Cebada          |           | 27    | 27     | 27     |
|        | Papa Bol 5118   |           | 37    | 37     | 37     |
|        | Papa Bola Lucki |           | 37    | 37     | 37     |

Se muestra la variable Días a Emergencia obtenidos de las tres épocas de siembra de las especies cultivadas, en el cual se observa que la primera época de siembra emergió en menos días en comparación con las demás épocas y la última en emerger fue la segunda siembra.

Tabla 6

Análisis estadístico en cinco especies, para la variable Altura de Planta en tres épocas de siembra

| Epocas | Cultivo         | Variable | Media | Varianza | Desv.    |        |
|--------|-----------------|----------|-------|----------|----------|--------|
|        |                 |          |       |          | Estandar | Minimo |
| 1      | Quinua          |          | 105,8 | 63,7     | 7,981    | 93     |
|        | Cañahua         |          | 36,2  | 1,7      | 1,304    | 35     |
|        | Trigo           | AP (cm)  | 89,6  | 48,8     | 6,986    | 82     |
|        | Cebada          |          | 91    | 30       | 5,477    | 85     |
|        | Papa Bol 5118   |          | 57,4  | 51,3     | 7,162    | 47     |
| 2      | Papa Bola Lucki |          | 62,4  | 98,8     | 9,94     | 50     |
|        | Quinua          |          | 110,2 | 70,2     | 8,379    | 100    |
|        | Cañahua         |          | 53,8  | 22,2     | 4,712    | 48     |
|        | Trigo           | AP (cm)  | 86,4  | 14,8     | 3,847    | 80     |
|        | Cebada          |          | 101,2 | 28,7     | 5,357    | 92     |
| 3      | Papa Bol 5118   |          | 36,6  | 98,8     | 9,94     | 26     |
|        | Papa Bola Lucki |          | 59,8  | 36,2     | 6,017    | 52     |
|        | Quinua          |          | 49,2  | 213,7    | 14,618   | 33     |
|        | Cañahua         |          | 37,2  | 28,7     | 5,357    | 32     |
|        | Trigo           | AP (cm)  | 82,2  | 36,2     | 6,017    | 76     |
|        | Cebada          |          | 89,4  | 67,3     | 8,204    | 80     |
|        | Papa Bol 5118   |          | 29,6  | 67,3     | 8,204    | 20     |
|        | Papa Bola Lucki |          | 50,8  | 51,7     | 7,19     | 41     |

Para la variable altura de planta, se observa en general la segunda, seguidamente la primera y por último la tercera época de siembra como se detalla en la tabla mencionada anterior.

Tabla 7

Análisis estadístico de cinco especies cultivadas: para la variable Días a Floración en tres épocas de siembra.

| Epocas | Cultivos        | Variable  | Media | Minimo | Maximo |
|--------|-----------------|-----------|-------|--------|--------|
| 1      | Quinua          |           | 77    | 77     | 77     |
|        | Cañahua         |           | 104   | 104    | 104    |
|        | Trigo           | DF (dias) | 113   | 113    | 113    |
|        | Cebada          |           | 113   | 113    | 113    |
|        | Papa Bol 5118   |           | 98    | 98     | 98     |
| 2      | Papa Bola Lucki |           | 98    | 98     | 98     |
|        | Quinua          |           | 75    | 75     | 75     |
|        | Cañahua         |           | 104   | 104    | 104    |
|        | Trigo           | DF (dias) | 104   | 104    | 104    |
|        | Cebada          |           | 113   | 113    | 113    |
| 3      | Papa Bol 5118   |           | 98    | 98     | 98     |
|        | Papa Bola Lucki |           | 101   | 101    | 101    |
|        | Quinua          |           | 97    | 97     | 97     |
|        | Cañahua         |           | 118   | 118    | 118    |
|        | Trigo           | DF (dias) | 104   | 104    | 104    |
|        | Cebada          |           | 104   | 104    | 104    |
|        | Papa Bol 5118   |           | 99    | 99     | 99     |
|        | Papa Bola Lucki |           | 99    | 99     | 99     |

Para esta variable de días a floración, se observa en general con menos días a floración la segunda época, seguidamente la primera y por último la tercera época de siembra.

Días a Madurez

Tabla 8

Análisis estadístico para la variable Días a Maduración en tres épocas de siembra

| Epocas | Cultivos        | Variable  | Media | Minimo | Maximo |
|--------|-----------------|-----------|-------|--------|--------|
| 1      | Quinua          |           | 157   | 157    | 157    |
|        | Cañahua         |           | 157   | 157    | 157    |
|        | Trigo           | DM (dias) | 198   | 198    | 198    |
|        | Cebada          |           | 198   | 198    | 198    |
|        | Papa Bol 5118   |           | 189   | 189    | 189    |
| 2      | Papa Bola Lucki |           | 189   | 189    | 189    |
|        | Quinua          |           | 120   | 120    | 120    |
|        | Cañahua         |           | 169   | 169    | 169    |
|        | Trigo           | DM (dias) | 193   | 193    | 193    |
|        | Cebada          |           | 198   | 198    | 198    |
| 3      | Papa Bol 5118   |           | 189   | 189    | 189    |
|        | Papa Bola Lucki |           | 173   | 173    | 173    |
|        | Quinua          |           | 165   | 165    | 165    |
|        | Cañahua         |           | 165   | 165    | 165    |
|        | Trigo           | DM (dias) | 184   | 184    | 184    |
|        | Cebada          |           | 184   | 184    | 184    |
|        | Papa Bol 5118   |           | 165   | 165    | 165    |
|        | Papa Bola Lucki |           | 165   | 165    | 165    |

Para la variable días a madurez, se observa diferencias entre épocas de siembra los cultivos de la tercera siembra, que tendieron a madurar en menos días, esto debido a los factores adversos que se presentaron, seguidamente la segunda siembra y por último la primera época de siembra culminó su madurez fisiológica.

Conclusión

Se concluye que las fechas de siembra influyen en los cultivos de los diferentes parámetros: días a emergencia, altura de planta, días a floración, días a madurez y rendimiento.

La época más afectada por plagas fue la primera y la más afectada por enfermedades fue la tercera época.

El cultivo de quinua fue la más afectada por plagas y enfermedades

La helada afectó a la papa Bol 5118 y papa Bola Lucki) en las tres épocas de siembra y en sus diferentes fases

fenológicas ocasionando su bajo rendimiento.

El cultivo menos afectado por heladas fue la cañahua sin causar bajos rendimientos.

Los cultivos de trigo y cebada en la fase de grano pastoso y maduración fueron las más afectadas por el granizo.

### Referencia bibliográfica

Acuña Ivette, C. F. 2011. Reconocimiento y manejo del tizón temprano de la papa. Place Published, (informativo): 4.

Alberione, E. et.al., 2018. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) Control químico de tizon bacteriano en trigo. Experiencia II.

Bastidas, S.;Morales, P.;Pumisacho, M.;Gallegos, P.;Heredia, G. y Benítez, J. 2005. El catzo o adulto del gusano blanco de la papa y alternativas de manejo: Guía de aprendizaje para pequeños agricultores. Place Published.

Carpio, L.-D.; Clavitea, J. y Delgado, P. J. B. 2016. Incidencia de aves granívoras y su importancia como plagas en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano peruano. Place Published, (3): 139-150.

Flores Juana, A. C., Mamani Eliseo,Pinto Milton,Rojas Wilfredo. 2008. Labores de cultivo, controlde insectos y enfermedades. Place Published,

18.

Google hearth. 2020. Estación Experimental de Kallutaca. Consultado 20 de Noviembre de 2020

Kumar, A.;Bhargava, A.;Shukla, S.;Singh, H. y Ohri, D. J. C. P. 2006. Screening of exotic *Chenopodium quinoa* accessions for downy mildew resistance under mid-eastern conditions of India. Place Published, (8): 879-889.

Mora, J.;Ordaz, J. L.;Acosta, A.;Serna Hidalgo, B. y Ramírez, D. 2010. Panamá: efectos del cambio climático sobre la agricultura. Place Published.

Promocion e Investigacion de Productos Andinos (PROINPA). 2009. Informe Compendio de la conservacion de la riqueza genetica de los cultivos andinos. Cochabamba, Bolivia,12 p.

Rodriguez Garate, V. S. 2018. Evaluación de la incidencia de plagas y enfermedades en el rendimiento de 100 entradas de papas nativas (*Solanum spp*) en la comunidad campesina de Llullucha distrito de Ocongate-Quispicanchi-Cusco. Place Published.



**DICyT UPEA**

Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología

**Dirección:**

**Av. Sucre (Villa Esperanza) S/N**

**Tel: (591-2) 2844177**

**Tel: (591-2) 2845800**

**Sitio Web: [www.upea.edu.bo](http://www.upea.edu.bo)**