



PERFIL DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



CULTIVO DE TRES ECOTIPOS DE QUINUA CON DIFERENTES NIVELES DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTES A TRAVÉS DE FERTIRRIEGO PARA EVALUAR LA TOLERANCIA A LAS HELADAS Y RENDIMIENTO EN GRANO, EN LA COOPERATIVA AYAMAYA RL DEPARTAMENTO LA PAZ

COMPONENTE

INVESTIGACION Y DESARROLLO

Centro Internacional de la Quinoa

Oruro, Abril de 2023

CULTIVO DE TRES ECOTIPOS DE QUINUA CON DIFERENTES NIVELES DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTES A TRAVÉS DE FERTIRRIEGO PARA EVALUAR LA TOLERANCIA A LAS HELADAS Y RENDIMIENTO EN GRANO, EN LA COOPERATIVA AYAMAYA RL DEPARTAMENTO LA PAZ

INTRODUCCION

La Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), catalogado como un pseudocereal, se constituye en una alternativa a corto y mediano plazo para cubrir el déficit de alimentos que ya afecta a nuestro planeta y se prevé que en las próximas décadas el déficit de alimentos será mayor. Desde el punto de vista nutricional y alimentario la Quinoa es fuente natural de proteína vegetal y de alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales (AAE), que le confieren un valor biológico comparable solo con la leche, la carne y el huevo. Como fuente de proteína vegetal, la Quinoa ayuda al desarrollo y crecimiento del organismo, conserva el calor y la energía del cuerpo, de fácil digestión y combinada con otros alimentos forma una dieta completa y balanceada que puede sustituir alimentos de origen animal.

Los suelos de la zona del altiplano norte en su generalidad no mantienen humedad suficiente hasta el momento de siembra. Es así que en esta zona muchos productores siembran la quinoa en seco y esperan las lluvias para que se establezca el cultivo en sus parcelas, pero esta esperanza echada a la suerte puede dar resultados, como también no, en la mayoría de los casos se ha fracasado siempre debido a que la lluvia esperada fue mucho o poco y por mas que cada productor conozca bien sus terrenos terrenos (*Wirgina Tayka*) y su lugar (Medio ambiente), no surtirá efecto porque además que el Altiplano es y está siendo cada vez altamente susceptible al cambio climático, **las proyecciones regionales prevén un aumento de la temperatura de por lo menos 3 °C para el 2100, y una reducción del 10-30% de la precipitación, hacia fines de este siglo (Boulanger et al., 2014).** Por lo tanto, es más que seguro que reducirá la humedad del suelo al momento de la siembra.

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

En la Cooperativa Ayamaya, el problema más grave dentro la producción primaria que afecta a los productores en la actualidad, son los “**BAJOS RENDIMIENTOS DEL CULTIVO DE QUINUA**” a causa del cambio climático (vientos, heladas, sequías) y la baja fertilidad del suelo.

En la actualidad, en el altiplano, no existen investigaciones en sistemas de riego y fertirriego de alta eficiencia en la producción de quinua, sin embargo el factor climatológico viene incidiendo de manera negativa en el rendimiento del cultivo de quinua como es caso de sequía, helas y los vientos, en el primer factor se tienen deficiente humedad, por un lado, esta situación de escasa disponibilidad de humedad en suelo, se debe al efecto del movimiento del agua por efecto de la capilaridad, donde los suelos no son labrados en su debida época y son labrados superficialmente que impide el almacenamiento de la humedad, por otro lado las condiciones de textura y estructura del suelo también influyen en la retención de humedad adecuada para el momento de la siembra, asimismo las condiciones de clima influyen en ello. Producto de la sequía o déficit hídrico existe la necesidad de poder cultivar la quinua bajo sistema de riego complementario, esta puede ser bajo la aplicación de un sistema de riego por goteo y/o incluido la fertirrigación.

Bajo esta consideración se hace necesario de llevar a cabo trabajos de investigación para empezar a evaluar o determinar las Kc del cultivo de la quinua en sus diferentes fases fenológica del cultivo, ya que en la actualidad más de 100 países vienen produciendo la quinua con altos rendimientos, frente a esta situación cultivar quinua en nuestro medio ya no es rentable, bajo esta consideración para hacerle frente a esta situación se debe incrementar el rendimiento en nuestra zona, para ello se debe realizar proyectos de investigación en la producción de quinua, cañahua y amaranto aprovechando el agua de riego.

JUSTIFICACION

El Centro Internacional de la Quinua (C.I.Q.), con sede en Bolivia, creado mediante Ley N° 395 de 26/08/2013 como entidad pública del nivel central con el objetivo de contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria, lucha contra el hambre, la desnutrición y la pobreza a través de la **INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA** y actividades relacionadas con la producción e industrialización sustentable de la quinua y especies afines.

Para justificar el presente perfil de proyecto de investigación enunciaremos las funciones del CIQ:

- Promover la investigación científica, innovación tecnológica, asistencia técnica y formación de recursos humanos.
- Promover la conservación, manejo y uso adecuado de los recursos naturales y genéticos de la quinua y especies afines.
- Establecer los sistemas de conservación de germoplasma de quinua y especies afines;
- Recuperar y promover los conocimientos y tecnologías locales relacionados a la producción;
- Gestionar el reconocimiento y defensa de los derechos de propiedad de las variedades y ecotipos locales de quinua y especies afines;



- Gestionar el reconocimiento y defensa de los derechos de propiedad de los productos industrializados de la quinua;
- Coordinar establecer mecanismos y alianzas estratégicas con instituciones públicas, privadas, nacionales e internacionales;
- Establecer el sistema de información respecto a la producción, industrialización y comercialización de la quinua y especies afines.

La INVESTIGACION CIENTIFICA en quinua y especies afines, es considerada una de las mayores prioridades para el Centro Internacional de la Quinua. Con lo que se justifica plenamente el presente proyecto de investigación

Tenemos que revertir los problemas de bajos rendimientos del cultivo de la quinua, incrementando el rendimiento en un 300% y reducir el área de producción bajo un sistema de producción biointensiva, es decir lo que se producía en una superficie mayor tenemos que llegar a producir el mismo volumen en una superficie pequeña de una hectárea. Para ello se debe realizar investigaciones científicas aplicativas a nivel de campo.

Se define como fertirrigación, a la práctica de aplicar fertilizantes a los cultivos por vía del agua de riego se llama fertirrigación o fertirriego (Bar-Yosef et al., 1992). La fertirrigación es una moderna técnica agrícola que provee la excelente oportunidad de maximizar los rendimientos y a la vez reducir la polución ambiental (Hagin et al., 2002), al incrementar la eficiencia de uso de los fertilizantes, minimizar la aplicación de éstos y aumentar los beneficios económicos de la inversión en fertilizantes (Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el rendimiento de tres ecotipos de quinua, aplicando diferentes niveles fertilización con fertirriego, su tolerancia a las heladas de cada uno de los ecotipos que benefician a los productores de quinua del altiplano centro y norte del Departamento La Paz

Objetivos específicos

- Determinar la incidencia de las heladas en cada etapa del ciclo fenológico de la quinua, para recomendar al final del ciclo vegetativo, el ecotipo con mayor tolerancia a las heladas de la región.
- Evaluar la mitigación de las heladas por medio de fertirriego en el cultivar de quinua en sus tres ecotipos en estudio.

- Evaluar los niveles de aplicación de biofertilizantes aplicados a través de fertirriego en los tres ecotipos.

MATERIALES Y METODOS

Localización

La implementación de la parcela modelo experimental, se ubicará en la comunidad de AYAMAYA, dentro el municipio de Sica Sica – La Paz (Altiplano Central), en los predios de la COOPERATIVA AGROPECUARIA AYAMAYA RL, cuenta con terrenos propios disponibles para la actividad agrícola y pecuaria, ubicado hacia el Oeste de la población Lahuachaca a unos 30 km desde la principal carretera Oruro – La Paz.

Características geográficas y climáticas.

Altitudinalmente se diferencian entre los 3.758 a 3.832 m.s.n.m, semiárido. La temperatura media anual registrada en la provincia Aroma, está entre los 6 y 12 °C, con una máxima extrema registrada de 23,4°C y una mínima extrema de 14,1 grados bajo cero. Situación que condiciona la producción agropecuaria (Lopez et al. 1997), además de los diferentes sub productos que se procesan en este tipo de ecosistemas (por ejemplo el chuño, caya y tunta). En el municipio se diferencia una estación lluviosa que va de diciembre a marzo, la época seca de junio a agosto y dos periodos intermedios (transición) entre abril a mayo y septiembre a noviembre (OEA, PNUMA y ALT 1999). La región, presenta condiciones climáticas rigurosas, con un clima frío y seco de manera generalizada, temperaturas medias anuales que descienden drásticamente y precipitaciones medias anuales bajas, este aspecto es típico de estas zonas altiplánicas, es susceptible a sequías prolongadas.

En toda la región existe la presencia de heladas con mayor frecuencia entre los meses de mayo a agosto. Este fenómeno es aprovechado por las familias, en la elaboración de subproductos deshidratados como el chuño, caya y tunta. Este proceso permite conservar las características nutricionales intactas de los productos, siendo un resguardo alimenticio para los meses secos. Sin embargo, los factores climáticos adversos ocasionan serios daños a los cultivos disminuyendo la producción de la región. Las fuentes de agua son limitadas, la mayoría de los ríos, lagos, vertientes y otras fuentes son temporales. Como respuesta a la escasez de agua, desde tiempos ancestrales se ha optado por estrategias locales, como la construcción de qotañas, estanques, perforación de pozos y extracción de agua de vertientes, a través de los cuales se obtiene agua para el consumo humano, del ganado y para riego.

Metodología:

Procedimiento

Fase 1

- **Abonado del terreno** – El terreno con una superficie de 1 hectárea será abonado con estiércol animal en una cantidad de 500 qq/Ha.
- **Riego** – Se aplicará riego antes del barbecho del terreno.
- **Barbechado y abonado del terreno** – El terreno con una superficie de 1 hectárea será roturado con tractor agrícola, arado de disco con una profundidad de 30cm.

Fase 2

- **Tratamiento a la semilla** – La semilla será tratado con productos de PROINPA Tricobal y Energy Top (1 kg. De Tricobal más ½ litro de Energy Top para 40 libras de semilla de quinua o 5 hectáreas) los siguientes ecotipos:

E1 = Real Q'ellu,
E2 = Jach'a Grano
E3 = Pandela Rosada

- **Siembra de la quinua** – La siembra de la quinua se realizará en el mes de octubre con Satiri que es un método mecanizado una sembradora con incorporadora de estiércol con una densidad de siembra de 4kg/ha semilla de quinua.
- **División de sub-unidades de estudio, riego y fertirriego** – Toda la parcela que tiene una dimensión de 50 metros de ancho por 200 metros de largo, se dividirán en sub-parcelas denominados sub-unidades de riego 20 metros por 100, de tal manera que serán tratamientos:
 - T1 = Fertirriego con fertilizante orgánico 1 (Proquibiol)
 - T2 = Fertirriego con fertilizante orgánico 2 (Fortachon)
 - T3 = Fertirriego con fertilizante (Humus hidrolizado)
 - T0 = Solo agua de riego

Uno de los aspectos a tomar en cuenta es también utilizar el líquido de los Biofertilizantes en dosis bajas y aplicarlo de manera frecuente, ya que tiene efecto inmediato, pero no dura mucho tiempo.

Resiembra o transplante – Para aparejar el cultivo y no tener vacíos de matas en los surcos, se realizará la práctica de resiembra en el primer mes de establecimiento o inmediatamente después de la helada en la parcela en estudio.

Fase 3

- **Control de plagas** – Esta acción será preventivo trabajando con productos de PROINPA Trampas con feromona Fero-tic H y fero-pol Q 4 trampas por hectárea. Asimismo se aplicarán Biomax 100 cc ticona y 150 cc polilla y Natural oil 30 cc para mochila de 20 litros.
- **Fertilización foliar** – Se aplicará vigortop plus ¼ litro para 1 mochila de 20 litros.
- **Control de malezas** – El control de malezas se realizará con azadón y manualmente, desbrozando o eliminando plantas no deseables.
- **Control del mildiu** – En caso de ver la afectación del mildiu en el cultivo de quinua, este se controlará con Sasonil S100 Agri, un fungicida específico para el control.

Fase 4

- **Cosecha** – La cosecha se hará una vez llegada a la madurez fisiológica de manera manual con hoz por grupos de tratamiento
- **Trilla zarandeo y venteo** – Esta actividad se hará por tratamiento también, para ver el rendimiento de peso bruto de grano.

Fase 5

- **Post cosecha y evaluación final** – Para la evaluación del tamaño del grano se tomará muestras de cada ecotipo en tratamiento, luego se clasificarán por tamaños para posteriormente evaluar el índice de cosecha, documentar, sistematizar y validar la investigación.

Diseño experimental

Se aplicará un diseño experimental DCA (Diseño de Bloques al Azar).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \theta_j + (\alpha * \beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk}= Observación cualquiera



μ = media general de la varianza independiente
 α_i = efecto del i-esimo nivel del factor ecotipo
 β_i = efecto del i-esimo nivel del factor fertirriego
 $(\alpha\theta)_{ij}$ = intervalo del i-esimo del factor ecotipo + fertirriego
 $(\beta\theta)_{jj}$ = intervalo del i-esimo del factor ecotipo
 ϵ_{ijk} = error experimental

Análisis Estadístico

La presente investigación se analizará bajo el análisis de varianza a través de la prueba de T-KEY por el paquete estadístico SPSS 25.

Análisis de la Varianza (ANOVA) es una fórmula estadística que se utiliza para comparar las varianzas entre las medias (o el promedio) de diferentes grupos. Una variedad de contextos lo utilizan para determinar si existe alguna diferencia entre las medias de los diferentes grupos (Dagnino, 2014).

VARIABLES DE ESTUDIO

a. Altura de planta (AP)

La medición de la altura de planta desde la etapa de cinco hojas alternas: considerando este parámetro desde la base del cuello de la planta hasta el ápice de la planta, este valor será evaluado cada 7 días, tomando 10 plantas representativas por cada unidad experimental.

b. Numero de Hojas (NH)

Este parámetro se registrará hojas principales del tercio de planta, tomando 10 plantas representativas por cada unidad experimental.

c. Longitud panoja (LP)

Se evaluará la longitud de panoja en la etapa de madurez fisiológica tomando en cuenta la base de la panoja hasta el ápice de la panoja, este valor será evaluado cada 7 días, tomando 10 plantas representativas por unidad experimental.

d. Numero de panojas (NP)

Se evaluará el número de panojas tomando en cuenta panojas etapa de madurez fisiológica, este valor será evaluado tomando 10 plantas representativas por unidad experimental.

e. Diámetro de panoja (DP)

Se evaluará el diámetro de panoja con la ayuda de un calibrador vernier, en la parte media de la panoja en la etapa de madurez fisiológica.



f. Peso de grano (PG)

Este parámetro, se determinará después de la cosecha, en donde se contaron 1000 semillas por cada unidad experimental, para obtener una relación en valor de la calidad de grano que representa al tamaño de grano.

g. Peso de panoja (PP)

Sera registrado mediante una balanza de panojas etapa de madurez fisiológica, este valor será evaluado tomando 10 plantas representativas por unidad experimental.

h. Rendimiento (Rend)

El rendimiento final de grano se determinará luego de la cosecha y postcosecha por unidad experimental. Una vez obtenido el grano limpio, será pesado para estimar el rendimiento en kg/ha.

i. Índice de cosecha (IC)

El índice de cosecha se determinará mediante la relación peso de grano limpio respecto al peso seco de la biomasa área (Robles, 1986).

$$\text{índice de cosecha} = \frac{\text{peso de grano limpio}}{\text{peso seco de la biomasa area}}$$

CROQUIS DE PARCELA DE CAMPO

		T1= PROQUIBIOL	T2=FORTACHON	
50 m	↑	Jach'a Grano	Jach'a Grano	
		Real Q'ellu	Real Q'ellu	
		Pandela Rosada	Pandela Rosada	
		Real Q'ellu	Real Q'ellu	
		Jach'a Grano	Jach'a Grano	
	PASILLO			
50 m	↓	Jach'a Grano	Jach'a Grano	T3=HUMUS HID
		Jach'a Grano	Jach'a Grano	
		Jach'a Grano	Jach'a Grano	
		200 m		



Siembra	Primer Riego en desarrollo después de la siembra	Segundo riego al inicio de panojamiento
T1	Agua + Proquibiol	Agua + Proquibiol
T2	Agua + Fortachón	Agua + Fortachón
T3	Agua + Humus hidrolizado	Agua + Humus hidrolizado
T0	Agua	Agua

Materiales:

Vamos a enunciar los materiales más requeridos para llevar a efecto el trabajo de investigación.

- **Bioinsumos:**
 - Fertilizantes orgánicos (Biol, Humus hidrolizado y estiércol de llama)
 - Urea
- **Material vegetal:**
 - Semillas de quinua (3 ecotipos: Real Q'ellu, Pandela Rosada y Jach'a grano)
- **Maquinaria y equipos:**
 - Equipo de riego a goteo para una hectárea con su respectivo Venturi para fertirriego.
 - Motobombas y chatas cisterna (Que dispondrá la comunidad)
 - Tractor agrícola (Que dispondrá la comunidad)
 - Arado de disco (Que dispondrá la comunidad)
 - Subsoladora (Que dispondrá la comunidad)
 - Sembradora satiri.

REVISION BIBLIOGRÁFICA

Nutrientes sólidos y líquidos

FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES

NITRÓGENO

- Es fundamental en la nutrición de las plantas
- Participa en la formación de proteínas de la quinua
- Participa en el crecimiento vegetativo de las plantas.

FÓSFORO

- Participa en el crecimiento de las plantas
- Favorece el desarrollo de las raíces, y también en la maduración de los granos de la quinua.
- Tiene poca movilidad en el suelo.

POTASIO

- Interviene en el equilibrio hídrico, turgencia celular y absorción y reducción de nitratos, es decir es muy importante para las épocas de sequía, porque evita la pérdida de agua.
- Favorece la resistencia de enfermedades, al frío y a la salinidad y disminuye la transpiración.
- Los terrenos arenosos tienen poca capacidad para retener K⁺
- Interviene en el llenado de granos en la etapa de grano lechoso y pastoso.

CALCIO

- Forma parte de la membrana celular. Proporciona resistencia a los tejidos e interviene en el crecimiento de las raíces.
- Es de gran importancia en la multiplicación y crecimiento celular de las células de las raíces.
- Regula la absorción del nitrógeno (sinergismo).

MAGNESIO

- Constituyente esencial de la clorofila, por lo que es indispensable para la fotosíntesis.

AZUFRE

- Participa en la síntesis de aminoácidos unidades de proteínas.
- Participa en síntesis de vitaminas.

Fertilización de la quinua

Consiste en corregir la fertilidad química del suelo. La dosis recomendada para la región altiplánica es de 80-40-00. Se considera los suelos como bajos en nitrógeno y fosforo, pero ricos en Potasio, por esa razón no es recomendable fertilizar con Potasio. La cantidad a aplicar de nutrientes dependerá de la fuente de abono orgánico que se disponga en el predio.

El momento de aplicación es recomendable en el momento de la preparación de suelos y la otra parte después del deshierbe y antes del aporque para su mejor aprovechamiento de la planta de los nutrientes, pero el principal aporte no es nutrientes sino la corrección de las características físicas del suelos como son textura, estructura, retención de agua, y otros.

En la instalación del cultivo de quinua es necesario la aplicación de fertilizantes en dosis altas, dependiendo del análisis de suelos, debido a que la planta lo necesita para obtener buenos resultados y mejores rendimientos.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda utilizar el tratamiento cuya fórmula de abonamiento es de 120-80-40 de NPK.

Estiércol de animales

A continuación, observamos la composición en NPK del Biol, Humus hidrolizado y estiércol de llama que serán utilizados en el trabajo de investigación:

COMPOSICION BIOQUIMICA DEL BIOL			
COMPONENTE	Unidades	BIOL de estiércol	BIOL de estiércol + alfalfa
•Materia Orgánica	%	38.0	41.1
•Fibra	%	20.0	26.2
•Nitrógeno	%	1.6	2.7
•Fósforo	%	0.2	0.3
•Potasio	%	1.5	2.1
•Calcio	%	0.2	0.4
•Azufre	%	0.2	0.2
•Acido idol-acético	ng/g	12.0	67.1
•Giberelinas	ng/g	9.7	20.5
•Purina	ng/g	9.3	24.4
•Tiamina (B1)	ng/g	187.5	302.6
•Riboflavina (B2)	ng/g	83.3	210.1
•Piridoxina (B6)	ng/g	31.1	110.7
•Acido nicotínico	ng/g	10.8	35.8
•Acido fólico	ng/g	14.2	45.6
•Cisteina	ng/g	9.9	27.4
•Triptofano	ng/g	56.6	127.1



Humus líquido	
Características	Valor mínimo
Materia orgánica	1%
Ácidos húmicos	100 mg/Lt
Ácidos fulvicos	650 mg/Lt
pH	6.5 - 8
Solubilidad en agua	A1 100
Nitrógeno Total	200 mg/Lt
Potasio (K ₂ O)	5500 mg/Lt
Calcio (Ca)	480 mg/Lt
Magnesio (Mg)	90 mg/Lt
Boro (B)	40 mg/Lt
Fierro (Fe)	1,2 mg/Lt
Zinc (Zn)	1 mg/Lt
<i>Escherichia coli</i>	<5 NMP/ml
<i>Salmonella sp</i>	<5 en 25 ml

Composición de NPK de abonos orgánicos

ABONOS ORGÁNICOS	NITRÓGENO	FOSFORO	POTASIO
Abono de vacuno	1.67	1.08	0.56
Abono de ovino	3.81	1.63	1.25
Abono de llama	3.93	1.32	1.34
Abono de alpaca	3.6	1.12	1.29
Abono de gallina	6.11	5.21	3.2

Fuente: J. Pascualli, 1980



PRESUPUESTO ESTIMADO FERTIRRIEGO EN AYAMAYA

No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. Bs	Total Bs.
1	Tricobal	Kg	0,25	120,00	30,00
2	Energy Top	L	0,50	260,00	130,00
3	Biomax	L	3,00	135,00	405,00
4	Vigortop plus	L	3,00	38,00	114,00
5	Proquibiol	L	20,00	18,00	360,00
6	Humus hidrolizado	L	10,00	18,00	180,00
7	Fortachon	L	20,00	10,00	200,00
8	Flete Satiri	Ha	1,00	200,00	200,00
9	Impl. Barreras	Global	500,00	2,00	1.000,00
10	Semilla	Kg	5,00	30,00	150,00
11	Sasonil s100	L	1,00	120,00	120,00
12	Narutal Oil	L	1,00	75,00	75,00
TOTAL					2.964,00

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	Ene				Feb				Mar				Abr				May				Jun				Jul				Ago				Sep				Oct				Nov				Dic			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Elaboración del perfil	█	█	█	█																																												
Identificación parcela					█	█																																										
Firma de convenio													█	█																																		
Análisis de suelo lab.																	█	█	█																													
Riego																	█	█	█	█																												
Barbechado, abonado																	█	█	█	█																												
Siembra																													█	█	█	█																
Aplic. bio-insumos					█	█																															█	█	█	█	█	█	█	█				
Labores culturales																																																
Cosecha													█	█																																		
Postcosecha																																																
Seguimiento y monitoreo	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█																																
Sistematización																	█	█	█	█	█	█	█	█																								