

# **CENTRO INTERNACIONA DE LA QUINUA**

## **PERFIL DE INVESTIGACIÓN**

### **TITULO:**

**“EVALUAR LOS RENDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN DE CUATRO VARIETADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.), MEDIANTE LA APLICACIÓN DE FERTIRRIEGO SUPLEMENTARIO CON DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN LIQUIDA (ORGÁNICA), EN LA COMUNIDAD DE MARKA VINTO DEL DEPARTAMENTO DE ORURO”.**



**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN E  
INNOVACIÓN Y FORMACIÓN DE  
RECURSOS HUMANOS.**

**TRABAJO DE LA GESTIÓN  
AGRÍCOLA 2024 – 2025**

**ING. CASTO ROCHA CAYOJA  
TECNICO EN DESARROLLO DE CAPACIDADES**

**ORURO – BOLIVIA**

**2024**

## 1.- TITULO

**EVALUACION DE LA DEGRADACION DE SUELOS PARA UNA PRODUCCION SOSTENIBLE DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.), A TRAVES DE ESTRATEGIAS DE CONSERVACION EN LA COMUNIDAD DE MARKA VINTO DEL DEPARTAMENTO DE ORURO.**

## 2.- INTRODUCCION

Durante los últimos veinte años, se ha visto que no solo los productos tradicionales de exportación, son los que contribuyen de manera positiva al Producto Interno Bruto (PIB) de Bolivia, sino también los no tradicionales como lo es, el sector quinero, uno de los más importantes en el desarrollo agrícola del país, ya que las exportaciones de este pseudocereal se han incrementado notoriamente debido a su alta demanda internacional.

La Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) es un pseudocereal cultivado desde hace más de 5000 años en las zonas andinas de Perú y Bolivia. Es una planta que se cultiva en distintas condiciones agroclimáticas y edáficas, por lo cual esta planta se adapta desde el nivel del mar hasta las zonas más altas de los Andes. Es un alimento altamente nutritivo que supera a los principales cereales de mayor consumo a nivel mundial.

En Bolivia, existen dos zonas productoras de quinoa: El Altiplano y los Valles. El Altiplano a su vez está dividido en tres zonas ecológicas. Norte, Centro y Sur, con diferentes climas. La producción de los cultivos de quinoa en el área Occidental, corresponde a los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí. La superficie cultivada en el año 2011 fue de aproximadamente 60 mil hectáreas.

Es en este sentido, que las exportaciones de quinoa se constituyen en una de las más importantes fuentes de ingreso, ya que las exportaciones de este producto actualmente son de aproximadamente 20 mil toneladas anuales, y de la seguridad alimentaria tanto a nivel nacional como internacional, además de contribuir de manera positiva en el crecimiento económico de Bolivia.

Por esta razón, las familias bolivianas se sienten motivadas a producir, procesar y exportar más cantidad de quinoa, para mejorar sus ingresos y su calidad de vida (sumaj kamaña), puesto que este cultivo se produce en las regiones más pobres del país.

El proceso de deterioro de los recursos naturales en la zona de influencia del del estudio de caso se realiza por diferentes factores climáticos adversos como la baja precipitación pluvial con un promedio de 347.2 mm, temperaturas medias promedio de 7.9 °C, 176 días con heladas, granizadas, además de prácticas agrícolas y pecuarias inadecuadas como el monocultivo, la expansión agrícola, sobrepastoreo, labranza con arado de discos y otros lo que favorece la erosión hídrica y eólica, no solamente la erosión de los suelos también existen la erosión genética de esta biodiversidad de vegetación que se cuenta en la zona de estudio, por tanto provoca la pérdida y extinción del germoplasma vegetal de especies vegetales, por tanto es de suma importancia realizar acciones para la preservación y recuperación de la biodiversidad nativa además del uso racional y sostenible de las mismas.

El cambio climático genera una combinación de estrés hídrico, alteraciones en las condiciones climáticas, aumento de eventos extremos y presión sobre los ecosistemas, que en conjunto afectan la productividad, distribución y conservación de los cultivos andinos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y la biodiversidad agrícola de la región

El mayor problema en la comunidad de Marka Vinto es la degradación del ecosistema es un problema importante en la producción de quinua, especialmente en regiones con ecosistemas frágiles y biodiversidad única. A continuación, se presentan algunos de los principales factores que contribuyen a la degradación de ecosistemas en el cultivo de quinua

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar la degradación de suelos para una producción sostenible del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa willd.*), a través de estrategias de conservación y restauración en la comunidad de marka vinto del departamento de Oruro.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Determinar los niveles de degradación de suelos en el área de producción de quinua.
- Evaluar el impacto de la degradación de suelo en el rendimiento de la quinua.
- Implementar tecnología adecuada de acuerdo a las características de suelo en la zona de producción.
- Identificar las practicas de manejo sostenible que puedan ayudar a mitigar la degradación del suelo y mejorar el rendimiento.
- Incrementar la cobertura vegetal de praderas nativas y ampliar la superficie de áreas de pastoreo capacitando y brindando asistencia técnica en prácticas de conservación y recuperación de suelos mediante las praderas nativas en el área de intervención.

## **METODOLOGIA**

Para llevar a cabo un estudio de la degradación de suelos productivos de la Comunidad de Marka Vinto de la Provincia Ladislao Cabrera del Gobierno Autónomo Indígena Originario Campesino GAIOC-SA y buscar alternativas de estrategias de restauración y conservación de los suelos, es necesario realizar la siguiente secuencia metodológica:

Elaboración y ejecución de una Línea de base: Que nos servirá como un punto de referencia establecido que nos sirva como base para comparaciones, mediciones o evaluaciones futuras. Una Línea de base física porque será aplicado en un espacio geográfico de los suelos de la comunidad de Marka Vinto y a la vez de carácter abstracto o punto de partida para evaluar cambios, progresos posteriores.

### **Encuesta o entrevista a los productores:**

Se elaborará planillas de entrevista que serán dirigidos a hombres y mujeres de la comunidad donde debe contemplar los datos de identificación personal, nivel de educación, ocupación, producción y comercialización, etc.

### **Elaboración de mapas parlantes:**

Se realizará esta actividad en las reuniones programadas dentro la comunidad. La comunidad de Marka Vinto cuenta con el manejo de mantos para fines agrícolas, asimismo cuenta con zonas de pastoreo para la crianza de sus animales, en tal sentido el Mapa Parlante del presente y futuro, se trabajará por áreas o mantos y delimitando las zonas de pastoreo.

### **Mapeos del área en estudio:**

Se utilizará el software de mapeo:

- GIS (Sistemas de Información Geográfica)

- Google Earth

Luego se procederá a representar los datos en un formato visual, utilizando símbolos, colores y leyendas.

Posteriormente se analizará y validará con la comunidad: Verificando la precisión y coherencia de los datos y el mapa, interpretando los resultados.

### **Implementación de una parcela demostrativa.**

Posteriormente, para la implementación de las buenas prácticas de manejo del cultivo de la quinua, se implementará una parcela de modelo de unidad productivo en 2 hectáreas de terreno donde debe realizarse las siguientes actividades relevantes: planificación para una producción en sistema de producción biointensiva para este efecto se debe contemplar la protección de la parcela con cerco, preparación de suelos, delimitación de áreas para barreras vivas, especies nativas a implementarse en la parcela, que servirá como un ECA.

## **2. REVISION TEORICA.**

### **2.1. CONDICIONES AGROCLIMATICAS DEL CULTIVO DE QUINUA.**

#### **2.1.1. Región.**

La quinua fue domesticada y sembrada durante miles de años en zonas que van desde el nivel de mar o costa (0 a 500 m.s.n.m.), la yunga (500 hasta 2500 m.s.n.m.); sierra media – zona quechua o valles interandinos (2500 – 3500 m.s.n.m.) y hasta la sierra alta, Suni o Altiplano (3500 a 4000 m.s.n.m.); dando lugar al surgimiento de diversos tipos de quinuas llamados ecotipos y de los cuales deben ser elegidas las variedades a sembrar; para lograr una buena productividad y calidad de granos.

#### **2.1.2. Temperatura.**

La quinua, por su alta variabilidad genética, se adapta a diferentes climas, desde aquellos calurosos y secos como el clima de la costa desértica, a aquellos templados lluviosos o secos de los valles interandinos y aquellos fríos y lluviosos o secos de la sierra alta y el altiplano. Las temperaturas óptimas de crecimiento y desarrollo, dependiendo de las variedades, están en el rango de 15 a 25°C. Puede tolerar las heladas y temperaturas altas durante las fases de desarrollo vegetativo y la formación de la inflorescencia y no desde la floración hasta el estado de grano pastoso. Tanto las bajas como las altas temperaturas originan esterilidad de polen y afectan el desarrollo y crecimiento de la planta, dando lugar a esterilidad o granos inmaduros, arrugados o de bajo peso; dependiendo del momento en que se produce el estrés de temperatura.

#### **2.1.3. Humedad-Precipitación**

El periodo de precipitación en la Región Andina va desde Setiembre – Octubre a Mayo – Junio. La precipitación anual total varía del siguiente modo: de 600 – 800 mm en los Andes Ecuatorianos, de 400 – 500 mm en los Andes Peruanos, de 500 – 800 mm en el altiplano alrededor del Lago Titicaca, de 200 a 300 mm en el Altiplano sur de Bolivia y de 800 – 1000 mm en la Zona Central de Chile. La quinua se cultiva dentro de un rango de precipitación de 300 mm a 1000 mm. Se considera que el rango de precipitación óptima es de 500 a 800 mm.

Los periodos críticos en los que la falta de humedad afecta la productividad son: germinación-emergencia, que determina el establecimiento del cultivo, y el estado de crecimiento y llenado del fruto que determina la productividad. Dependiendo del tipo de suelo y la humedad almacenada se considera adecuada una precipitación en el rango de 60 a 100 mm para un buen establecimiento del campo.

Es importante señalar que la quinua presenta tolerancia a la sequía, a través de diversos mecanismos como su sistema radicular muy ramificado y profundo, a la reducción de su área foliar por eliminación de hojas en condiciones de estrés, presencia de vesículas conteniendo oxalato de calcio que es higroscópico y reduce transpiración a través de la regulación de las células guardas, a sus pequeñas células con paredes gruesas que le permiten preservar la turgencia aún en severas pérdidas de agua y otros.

#### **2.1.4. Fotoperiodo**

La quinua ha sido domesticada y cultivada desde tiempos ancestrales en una región comprendida entre 5°N (Colombia) a 40°S (Chile y Argentina), y desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m. aproximadamente. La respuesta al fotoperiodo y a la temperatura está relacionada con el lugar de origen, es muy compleja y puede afectar el rendimiento. Variedades que se originan en el trópico se caracterizan por una mayor sensibilidad al fotoperiodo y por una larga fase hasta antesis.

Las variedades del Altiplano de Perú y Bolivia y las quinuas del nivel del mar son las de menor sensibilidad al fotoperiodo y son las que tienen menor longitud del ciclo a antesis. La duración del ciclo a antesis también está influenciada por la altitud sobre el nivel del mar de la zona de origen de la quinua.

En el proceso de la introducción de las variedades de quinua a nuevas áreas, es importante considerar la zona de origen de las variedades, es decir la latitud y la altitud de donde proceden. Por ejemplo, las variedades ecuatorianas necesitan por lo menos 15 días con 10 horas de luz cada día para llegar a antesis. Se recomienda, en general, evitar épocas con alta temperatura y días largos por que afectan el proceso de formación de los granos y por consiguiente el rendimiento.

#### **2.1.5. Suelos**

La quinua puede crecer en un rango amplio de diferentes tipos de suelos, siendo los óptimos los de buen drenaje francos, semi profundo con un alto contenido de materia orgánica. Se debe evitar suelos con problemas de anegamiento o inundación porque dificultan el establecimiento inicial del cultivo y luego a lo largo del ciclo propician la podredumbre radicular. Se puede encontrar variedades de quinua cultivadas en suelos con pH desde 4.5-9.0 (altiplano peruano boliviano y los salares de Bolivia).

La quinua exhibe una notable capacidad de adaptación fisiológica a condiciones extremas, permitiendo su cultivo en diversos ecosistemas, incluyendo aquellos con alta salinidad, sequías, y bajas temperaturas. Esto se debe a mecanismos fisiológicos que la hacen resistente a estos factores estresantes.

### **2.2. MECANISMOS DE ADAPTACIÓN A CONDICIONES EXTREMAS.**

#### **2.2.1. Tolerancia a la salinidad**

La quinua puede germinar y desarrollarse en suelos con alta concentración de cloruro de sodio, gracias a mecanismos como la disminución del potencial osmótico y la regulación de la conductividad estomática, según estudios de APTHAPI 2017.

### **2.2.2. Resistencia a la sequía**

Durante el estrés hídrico, la quinua aumenta los niveles de ácido abscísico (ABA), lo que induce una mayor entrada de calcio y salida de potasio, ayudando a la planta a mantener la turgencia y a reducir la pérdida de agua.

### **2.2.3. Adaptación a bajas temperaturas**

La presencia de drusas (estructuras cristalinas) en las células del mesófilo de las hojas de la quinua y la oca disminuye el punto de crioscopia, lo que permite que la planta soporte temperaturas bajas sin sufrir daños, según estudios de Repositorio UMSA 2007.

### **2.2.4. Tolerancia a altas temperaturas**

La quinua se adapta a climas calurosos y secos, y ha demostrado ser tolerante a temperaturas de hasta 38°C, según estudios de la FAO 2011.

### **2.2.5. Diversidad genética**

La quinua presenta una alta variabilidad genética, lo que le permite adaptarse a una amplia gama de entornos, desde desiertos hasta altiplanos, según estudios de la FAO 2011.

### **2.2.6. Importancia de la adaptación fisiológica**

La capacidad de adaptación de la quinua a condiciones extremas es fundamental para su cultivo en regiones con limitaciones ambientales, contribuyendo a la seguridad alimentaria y al desarrollo sostenible de comunidades agrícolas en áreas con condiciones climáticas desfavorables. FAO 2011

## **2.2. CONDICIONES AMBIENTALES**

**País:** Bolivia  
**Departamento:** Oruro  
**Provincia:** Ladislao Cabrera  
**Municipio:** Gobierno Autónomo Indígena Originario Campesino de Salinas (GAIOCSA)  
**Comunidad:** Marka Vinto

### **3.1. Ubicación geográfica**

Las coordenadas de la parcela de investigación en la localidad de Marka Vinto del Municipio de Gobierno Autónomo Indígena Originario Campesino de Salinas (GAIOCSA) se presenta a continuación son los puntos de las dos has. roturadas para la parcela de investigación en la comunidad de Marka Vinto.

<b>PUNTO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>COORDENADA X</b>	<b>COORDENADA Y</b>
1	CU01	640064.18328	7827583.1818
2	CU02	639968.52355	7827612.3231
3	CU03	639939.38220	7827516.6634
4	CU04	639910.24085	7827421.0036

5	CU05	640005.90058	7827391.8624
6	CU06	640035.04193	7827487.5221

### 3.2. Descripción agroecológica de la zona

Por el mapa simplificado de eco-regiones el territorio por el Municipio corresponde a: puna semiárida y árida, con salares de piso alto andino, cuyos suelos están compuestos por material de erosión de las partes alta y laderas de la cordillera Occidental, existiendo también bofedales en la región Norte del Municipio (en Challacota y Concepción de Belén) y suelos superficiales. La vegetación natural primaria comprende a los tholares, yaretales y estepa espinosa.

Los recursos hídricos son escasos y desfavorablemente distribuidos en el territorio del Municipio.

El medio ambiente de la zona sufrió degradación con el transcurso del tiempo a lo que se suma el desconocimiento de los habitantes sobre el tema.

La alimentación de la población está basada principalmente en productos y subproductos propios como la quinua, papa, haba y cebada. Parte de los Salares de Uyuni y Coipasa son explotados por los pobladores que viven cerca de estos yacimientos.

#### 3.2.1. Clima

Según el sistema de clasificación de climas de ThornWait, el clima del Municipio Salinas de Garci Mendoza, corresponde al tipo de semiárido con fríos extremos secos y con invierno seco.

Por las severas limitaciones impuestas por el frío y falta de humedad, la vegetación se ve reducida tanto su tasa de crecimiento como en su densidad, sumándose a estas limitaciones las condiciones de extrema aridez y poca humedad del suelo. Es importante destacar las variaciones de temperatura durante el año, seguidas de la marcada periodicidad de las precipitaciones pluviales.

#### 3.2.2. Vegetación

NOMBRE COMÚN	NOMBRE TÉCNICO (Científico)
Ajara	<i>Chenopodium pallidicaule</i>
Thola	<i>Parastrephia lepidophylla</i>
Anu Thola	<i>Baccharis dracunculifolia</i>
Supu Thola	<i>Heterotalamus boliviensis</i>
Ñaka Thola	<i>Baccharis incarum</i>
Lampaya	<i>Lampaya medicinalis</i>
Cola de Ratón	<i>Hordeum andicola</i>
Yareta	<i>Azorrella glabra</i>
Chiji	<i>Distichlis humilis</i>
Muña	<i>Satureja parvifolia</i>
Paja brava	<i>Festuca orthophylla</i>
Paja suave	<i>Stipa ichu</i>
Cebadilla	<i>Bromus unioloides</i>
Cauchi	<i>Suaeda foliosa</i>

Añahuaya	<i>Adesmia spinosissima</i>
Sehuenca	<i>Cortaderia sp</i>
Kanlli	<i>Tetraglochin cristatum</i>
Keñua	<i>Polylepism sp</i>

Fuente: diagnostico Comunal (2013).

### 3.2.3. Suelos

Los suelos en la región presentan mayormente alto contenido de sales; varían de textura, pesada, arenoso arcilloso, en contenido orgánico de los suelos, es en general reducido y se presenta poca descomposición de los materiales constitutivos del suelo debido al clima. También existen áreas con bofedales, que poseen un tipo de suelo en que la materia orgánica se halla bajo una capa de agua y por tanto protegida de oxidación, son suelos de color oscuro casi enteramente de origen vegetal, que se encuentran en extensiones pequeñas, pero que son de gran importancia.

De acuerdo al tipo de suelo se pueden distinguir dos zonas, en la parte norte del Municipio los suelos franco arcillosos con cobertura vegetal de gramadales y janquial, indican que este sector es favorable para la producción de pastos nativos destinados a la alimentación de llamas. En la parte sud del Municipio, los suelos son francos arenosos que por sus propiedades y contenido de carbonatos constituyen áreas favorables para el cultivo de la quinua.

Fisiológicamente, el área comprende a dos regiones: La cordillera Occidental y el Altiplano o puna. La cordillera occidental es parte de la cadena volcánica, presenta una superficie cubierta de lava y por cenizas volcánicas provenientes de erupciones, presenta también numerosas fuentes de aguas minerales. La región también se caracteriza por tener colindancia con el salar de Uyuni que limita a la Provincia Ladislao Cabrera y el Salar de Coipasa.

De acuerdo a la clasificación textural el suelo de la comunidad de Marka Vinto es Arena franca.

#### 3.2.3.1 Requerimiento climático y edáfico de la quinua

DESCRIPCIÓN	RANGO	FUENTE
Altitud:	0 – 4000 msnm	Gómez, 2016 (FAO y La Molina)
Temperatura optima:	Óptimo 15 – 20 °C Tolera desde - 4°C a 38 °C	FAO, 2013 Matus, 2015 (INIA)
Precipitación:	250 – 1500 mm. Óptimo 500 a 800 mm.	Castillo et al, 2013; Gómez, 2016 (FAO y La Molina)
Profundidad efectiva del suelo:	> A 1,0 metros	Castillo et al, 2013
pH:	5,5, a 7,8	Gómez, 2016 (FAO y La Molina)
Textura de suelo:	Franco a franco arenoso	Castillo et al, 2013; Gómez, 2016 (FAO y La Molina)

### Resultados del análisis de suelo

Las muestras de suelo de la comunidad de Marka Vinto los mismos fueron llevados al laboratorio de Ingeniería del Medio Ambiente & Soluciones (LIMASOL), el día viernes 3 de mayo se realizó el muestreo para su análisis, el día jueves 9 de mayo del presente año se llevó las muestras al laboratorio para su análisis, los ensayos se realizaron del

10 al 15 de mayo en los laboratorios de LIMASOL, los resultados del análisis fueron lo siguiente:

PARAMETROS	UNIDADES	NORMA/METODO	LD	RESULTADOS
pH de pasta		ISO 10523:2008		7,1
Conductividad eléctrica	µS/cm	ASTM D 1125 - 95	5	50,1
Materia Orgánica	%	ASTM D 2974 - 00	0,01	4,46
Fósforo disponible [P]	Mg/Kg.	ASDM 4500 P	0,01	56,8
Nitrógeno Total [NT]	%	ASTM 3590 - 89	0,01	0,14
Calcio [Ca <sub>int</sub> ]	meq/100 g	ASTM D 511 - 03	0,03	2,39
Magnesio [Mg <sub>int</sub> ]	meq/100 g	ASTM D 511 - 03	0,05	1,03
Sodio [Na <sub>int</sub> ]	meq/100g	ASTM D 4191 - 03	0,05	0,33
Potasio [K <sub>int</sub> ]	meq/100 g	ASTM 4192- 03	0,05	0,56
Bicarbonatos [HCO <sub>3</sub> ]	mg/kg	ASTM D 3875 - 03	3	18
Carbonatos [CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	mg/kg.	ASTM D 3875 - 03	3	<3
Cloruros [Cl <sup>-</sup> ]	mg/kg.	ASTM D 52 – 12 B	0,1	13,8
Sulfatos [SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ]	mg/kg	ASTM D 516 - 02	0,1	24,0
Capacidad de campo	%	Gravimetría	0,01	20,64
Ksat	cm/h	Darcy	0,01	6,56
Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	ASTDM C 29/ 29M 9	0,01	1,27
Densidad real	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D 854 - 06		2,62
Análisis textural		ASTM D7928 . 17		
Arena	%		0,01	70
Limo	%		0,01	22,50
Arcilla	%		0,01	7,50
Clasificación textural				Franco arenoso
PMP	%			9,91
Porosidad	%			51,65
Agua disponible	%			10,73

LD = Limite de determinación

PMP = Punto de Marchitez Permanente

Ksat = Conductividad Hidráulica Saturada

Conductividad Electrónica = Medida a 20,4 °C en Relación Suelo: Agua 1:2

En la localidad de Marka Vinto en fecha 01 de marzo de 2024 se ha realizado el traslado de estiércol de 90 mt<sup>3</sup> de estiércol de ganado camélido, posteriormente ha sido esparcido el abono en una superficie de 1 Ha. y roturado una superficie de 2 Has., el abono incorporado al suelo en una superficie de 1 Ha. con el objetivo de incrementar la materia orgánica al suelo, este trabajo se ha realizado la primera semana del mes de marzo. En fecha del día miércoles 18 el mes de septiembre del año 2024 se ha realizado el muestreo del suelo con el objetivo de verificar la incorporación de macronutrientes en el suelo, para ver de acuerdo al análisis de los suelos el incremento de los macronutrientes y el análisis de suelo se ha realizado del 14 a 18 de octubre del año 2024 el resultado es el siguiente:

PARAMETROS	UNIDADES	NORMA/METODO	LD	RESULTADOS
pH de pasta	Unid. de pH	ISO 10523:2008		6,9
Conductividad eléctrica	µS/cm	ASTM D 1125 - 95	5	199
Materia Orgánica	%	ASTM D 2974 - 00	0,01	1,35
Fósforo disponible [P]	Mg/Kg.	ASDM 4500 P	0,01	67,8
Nitrógeno Total [NT]	%	ASTM 3590 - 89	0,01	0,31
Calcio [Ca <sub>int</sub> ]	meq/100 g	ASTM D 511 - 03	0,03	2,35
Hierro [Fe <sub>int</sub> ]	Mg/Kg.	ASTM D1068 – 05A	0,02	<0,02
Magnesio [Mg <sub>int</sub> ]	meq/100 g	ASTM D 511 - 03	0,05	0,82
Manganeso [Mn <sub>int</sub> ]	Mg/Kg.	ASTM D 858-02 A	0,05	0,56
Sodio [Na <sub>int</sub> ]	meq/100g	ASTM D 4191 - 03	0,05	1,53
Potasio [K <sub>int</sub> ]	meq/100 g	ASTM 4192- 03	0,05	0,56
Zinc [Zn]	Mg/kg.	ASTM D 1691-02 A	0,01	0,07
Bicarbonatos [HCO <sub>3</sub> ]	mg/kg	ASTM D 3875 - 03	3	62
Carbonatos [CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	mg/kg.	ASTM D 3875 - 03	3	<3
Cloruros [Cl <sup>-</sup> ]	mg/kg.	ASTM D 512 – 12 B	0,1	26,0

Sulfatos [SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ]	mg/kg	ASTM D 516 - 02	0,1	4,0
Capacidad de campo	%	Gravimetría	0,01	22,47
Ksat	cm/h	Darcy	0,01	9,46
Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	ASTDM C 29/ 29M 9	0,01	1,29
Densidad real	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D 854 - 06	0,01	2,62
Análisis textural		ASTM D7928 - 17		
Arena	%		0,01	82,50
Limo	%		0,01	15,50
Arcilla	%		0,01	2,50
Clasificación textural				Arena Franca
PMP	%			10,79
Porosidad	%			50,87
Agua disponible	%			11,68

LD = Limite de determinación

PMP = Punto de Marchitez Permanente

Ksat = Conductividad Hidráulica Saturada

Conductividad Electrónica = Medida a 20,4 °C en Relación Suelo: Agua 1:2

#### 4. MATERIALES Y METODOS

##### 4.1.1. Materiales y equipos

- Retroexcavadora
- Maquinaria Agrícola
- Balanza de precisión
- Huincha
- GPS
- Estiércol de ovino
- Kit de riego
- Cisterna

##### 4.1.2. Material biológico

- Semillas de quinua variedad Toledo
- Semillas de quinua variedad K'ellu
- Semilla de quinua variedad Puñete
- Semilla de quinua variedad Pandela rosada

##### 4.1.3. Tratamientos

T1= Fortachon

T2 = Proquibiol

T3 = Vigortop

T4 = Testigo

##### 4.1.3. Material de campo

- Fumigadora
- Dron fumigador
- Segadoras
- Trilladoras
- Formularios de seguimiento
- Balanza
- Flexómetro
- Calibrador
- Carpas de plástico

#### 4.1.4. Material de gabinete

- Laptop
- impresora
- Hojas bond tamaño carta

#### 4.1.5. Abono orgánico

Según Thompson y Troech (1982), citados por Catarí (2002), la materia orgánica es capaz de retener un peso de agua superior al suyo, esto es debido a que presenta elevada porosidad. Un 1% de estiércol en el suelo a capacidad de campo retiene aproximadamente 1,5% de agua en volumen.

Donahue (1981), indica que la materia orgánica y el estiércol es una porción activa importante del suelo, este se encuentra en pequeña cantidad (1 a 5%), que pueden modificar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, aumenta la porosidad y mejora las relaciones agua-aire, reduciendo la erosión ocasionada por el agua y el viento. También señala que la materia orgánica es fuente de nitrógeno en el suelo, de 5-60% de fósforo y 80% de azufre.

En la parcela que esta destinado para realizar la investigación para la siembra de quinua se ha abonado 90 m<sup>3</sup> de estiércol de camélido el mismo fue esparcido y roturado para la siembra de quinua para la campaña agrícola 2024 – 2025.

### Resultados del análisis del estiércol de camélido

Las muestras de estiércol de camélido fueron llevados al laboratorio de Ingeniería del Medio Ambiente & Soluciones (LIMASOL), el día viernes 3 de mayo se realizó el muestreo para su análisis, el día jueves 9 de mayo del presente año se llevó las muestras al laboratorio para su análisis, los ensayos se realizaron del 10 al 15 de mayo en los laboratorios de LIMASOL, los resultados del análisis fueron lo siguiente:

PARAMETROS	UNIDADES	NORMA/METODO	LD	RESULTADOS
Fósforo disponible [P]	mg/kg	STDM 4500 P	0,01	805,8
Nitrógeno Total [NT]	%	ASTM 3590 - 89	0,01	8,39
Cobre [Cu]	mg/kg	ASTM D 1688 – 02 A	0,01	0,49
Hierro [Fe]	mg/kg	ASTM D 1068 – 05A	0,01	14,78
Potasio [K]	mg/kg	ASTM D 4192 - 03	0,01	3928,15

L.D. = Limite de determinación

## 4.2. Metodología

### 4.2.1. Diseño experimental

El diseño experimental de la parcela de investigación en la localidad de Salinas será el diseño de bloques completos al azar DBCA, conocido como diseño de doble vía, se aplica cuando el material es heterogéneo, las unidades experimentales homogéneos se agrupan formando grupos homogéneos llamados bloques.

Tratamientos: 1, 2, 3,

Bloque I: B C D A

Bloque II: C D A B

Bloque III: D A B C

Bloque IV: A B C D

Las fuentes de variación para el análisis estadístico son:

Fuentes Grados de libertad

Tratamiento  $(t - 1) = 4ij$

Bloques  $(r - 1) = 3$

Error  $(t - 1)(r - 1) = 12$

Características:

1. Las unidades experimentales son heterogéneas.
2. Las unidades homogéneas están agrupadas formando los bloques.
3. En cada bloque se tiene un número de unidades igual al número de tratamientos (bloques completos).
4. Los tratamientos están distribuidos al azar en cada bloque.
5. El número de repeticiones es igual el número de bloques.

### **Modelo**

Cada observación del experimento es expresada mediante una ecuación lineal en los parámetros, el conjunto conforma el modelo para el diseño de bloques completos al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$\mu$  = Parámetro, efecto medio

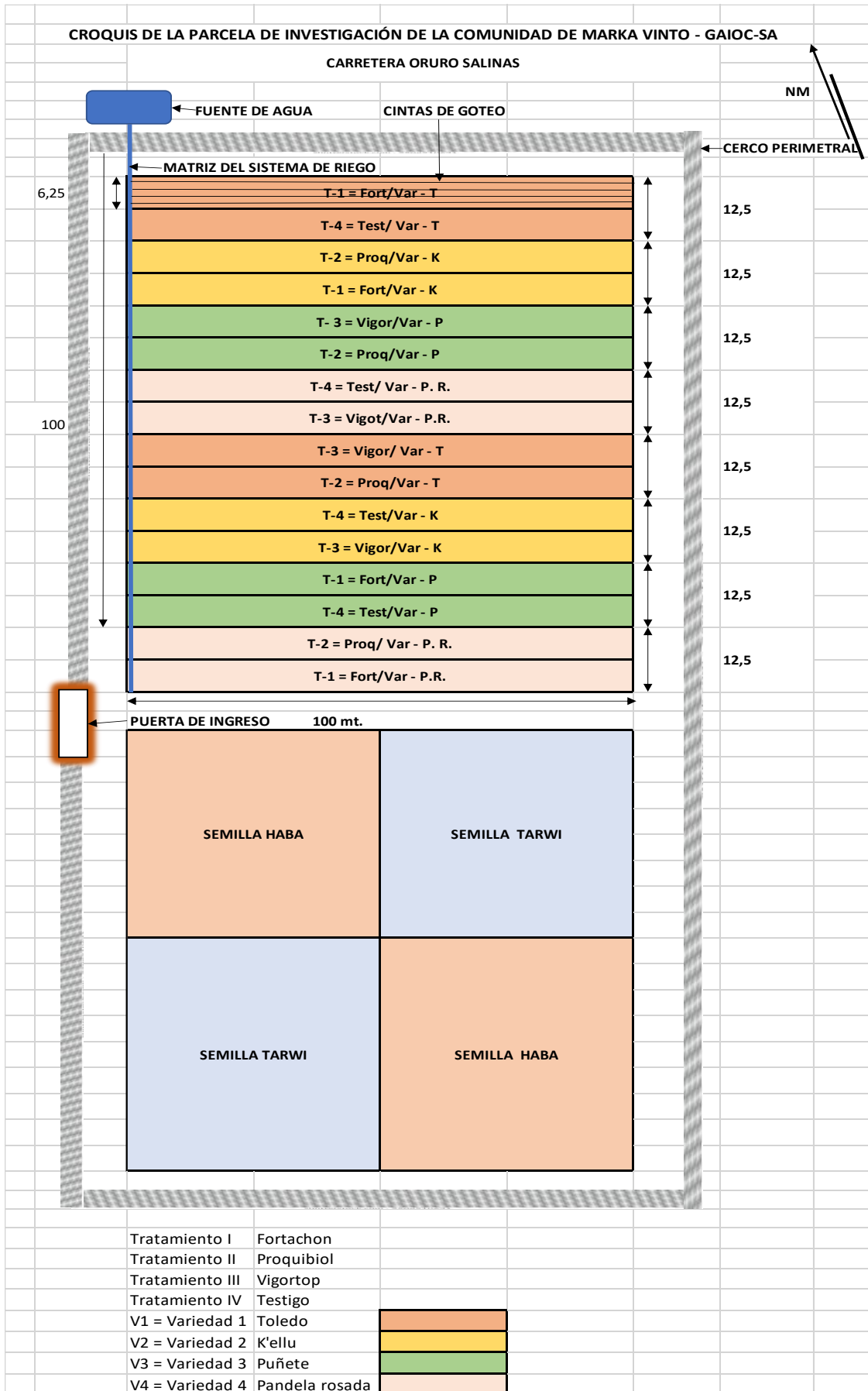
$\tau_i$  = Parámetro, efecto de los tratamientos I

$\beta_j$  = Parámetro, efecto del bloque

$\varepsilon_{ij}$  = Valor aleatorio, error experimental de la u. e. i. j

$Y_{ij}$  = Observación en la unidad experimental

### 4.2.6. Croquis del experimento



### **4.3. Trabajo de campo**

La implementación de investigación de la parcela modelo de producción de quinua se realizará en la localidad de Marka Vinto del Gobierno Autónomo Indígena Originario Campesino de Salinas (GAIOCSA), del Departamento de Oruro, en dicho lugar tenemos roturado y abonado una hectárea del terreno para la campaña agrícola 2024 - 2025 donde se realizara la investigación de incremento del rendimiento con cuatro variedades de quinua se utilizará bioinsumos orgánicos para incrementar los rendimientos y mejorar la fertilidad del suelo, de la misma manera esta parcela será cercado con malla olímpica para evitar el consumo de la misma con animales silvestres como son la vicuña, en esta parcela de investigación se realizará el registro respectivo de todos los parámetros de investigación desde la roturación de suelos hasta la post cosecha y almacenamiento.

#### **4.3.1. Análisis de suelo muestreo inicial**

El muestreo de suelos, es la primera y principal etapa en un programa de evaluación de la fertilidad del suelo, pues en base a las características físicas y químicas del suelo encontradas se definen las dosis de abonamiento orgánico, también se proveerá de agua para garantizar la germinación para asegurar el flujo de los nutrientes hacia la planta. Se debe acordar que el análisis del suelo no corrige errores cometidos en el muestreo por lo que este tiene particular importancia. Para realizar un muestreo adecuado deben seguirse los siguientes pasos:

##### **4.3.1.1. Selección del área a ser muestreada**

El área a ser muestreada debe presentar uniformidad considerando las siguientes características del suelo: posición fisiográfica, cobertura vegetal o cultivo, textura, drenaje. En la colecta de muestras de suelo para análisis químico se trabajó con la muestra compuesta, que es una mezcla homogénea de varias muestras simples, de la cual se toman entre 500 y 1000 gramos para enviarlas al laboratorio.

##### **4.3.1.2. Época de muestreo**

El muestreo puede ser realizado en cualquier época del año, pero se debe considerar el tiempo para que la muestra llegue al laboratorio, el procesamiento analítico y la remisión de los resultados, por lo que como mínimo se aconseja que en general el muestreo sea realizado 90 días antes de la instalación del cultivo siguiente, para dar tiempo a la aplicación de correctivos y/o enmiendas si fueren necesarias. Este indicativo debería ser incluso mayor en el Altiplano donde las bajas temperaturas incrementan el tiempo de mineralización de los nutrientes y por tanto se requiere aplicar el abono, con por lo menos 90 a 120 días de anticipación.

##### **4.3.1.3. Número de muestras simples y profundidad de muestreo**

Se saco varias submuestras de suelo, para luego mezclarlas y sacar una muestra de aproximadamente de 1 kilogramo esta muestra fue llevada al laboratorio para su análisis químico, la profundidad del muestreo se saco aproximadamente de 20 a 30 cm de profundidad del suelo muestreada

#### **4.3.2. Preparación del terreno**

La preparación del terreno se realizó, luego de un periodo de descanso del terreno de aproximadamente dos a tres años, esta actividad se realizó la primera semana del mes febrero, previamente fue abonada con 90 m<sup>3</sup> de estiércol de camélido, posteriormente

existía mucha precipitación eso ha favorecido para el almacenamiento de humedad para la siembra en el mes de septiembre.

La preparación fue realizada con tractor agrícola con arados de discos, el mismo se realizó una Ha. con un costo de Bs. 350, esta parcela será enmallado con malla olímpica para evitar el consumo por los animales silvestres.

#### **4.3.3. Siembra**

La siembra de la parcela de investigación se realizará en el mes de septiembre se utilizará cuatro variedades de quinua para incrementar los rendimientos en el cultivo para lo cual se utilizará bioinsumos orgánicos de la misma manera se utilizará maquinaria agrícola, con sembradora de quinua el mismo de utilizará entre golpe a una distancia de 0,8 a 1 mt. de distancia y entre surco a una distancia de un mt. para lo cual se utilizará trichonat es un producto biológico en base a un microorganismo fúngico llamado Trichoderma sp. que tiene las características de adherirse a la raíz de la planta proporcionándole protección contra enfermedades produce fitohormonas para el crecimiento, es un solubilizador de fosfatos insolubles del suelo favoreciendo su asimilación en el cultivo, este producto se utilizará antes de la siembra para adherir en la semilla de la quinua, previamente el suelo se debe encontrar en óptimas condiciones de humedad para una buena germinación de los plantines de quinua. La sembradora será de tres surcos con implementos para aplicar el abono orgánico.

#### **4.3.4. Riego**

En la parcela de investigación se implementará sistema de riego por goteo esto con el propósito de garantizar la buena germinación y proveer de agua en épocas de escases de lluvia así garantizar una buena producción del cultivo de la quinua, de la misma manera este sistema de riego será utilizado para realizar la fertilización líquida mediante este sistema de fertiriego, para mejorar la fertilidad del suelo.

#### **4.3.5. Determinación de la velocidad de infiltración**

La infiltración se refiere a la entrada de agua en el perfil de suelo tomado desde la superficie. Infiltración constante es cuando el suelo incrementa su humedad hasta alcanzar una tasa constante. La tasa inicial de infiltración depende del contenido de humedad del suelo antes de echar agua desde la superficie del suelo un diámetro conocido. La tasa final de infiltración es equivalente a la conductividad hidráulica saturada del suelo ( $K_s$ ).

##### **4.3.5.1. Velocidad de infiltración**

Es la tasa a la que el agua entra en el suelo en cada instante, o cantidad de agua infiltrada por unidad de superficie y de tiempo. Disminuye muy rápidamente a lo largo de los primeros momentos del proceso, partiendo de unas condiciones de suelos seco y tiende a estabilizarse asintóticamente a lo largo del tiempo. La velocidad de infiltración básica o final corresponde a una fase relativamente estabilizada, donde se asemeja a  $K_s$ .

La velocidad de infiltración se realizará antes de la siembra en la parcela de investigación en la comunidad de Marka Vinto.

#### 4.3.6. Análisis climático 2008 - 2009

Según el sistema de clasificación de climas de Thornthwaite, el clima del Municipio Salinas de Garci Mendoza, corresponde al tipo de semiárido con fríos extremos secos y con invierno seco.

Por las severas limitaciones impuestas por el frío y falta de humedad, la vegetación se ve reducida tanto su tasa de crecimiento como en su densidad, sumándose a estas limitaciones las condiciones de extrema aridez y poca humedad del suelo. Es importante destacar las variaciones de temperatura durante el año, seguidas de la marcada periodicidad de las precipitaciones pluviales.

##### 4.3.6.1. Temperatura

Las temperaturas registradas en los últimos años, se muestran en el siguiente cuadro:

CUADRO No.1 TEMPERATURA MÁXIMA Y MINIMA					
MES	MAXIMA MEDIA	MINIMA MEDIA	MEDIA	ÁXIMA EXTREMA MI	MINIMA EXTREMA
Enero	17,2	5,1	11,2	19	2,5
Febrero	17,6	3,6	10,6	19,1	2,2
Marzo	18,2	2,5	10,2	19,3	1,8
Abril	16,7	-2,7	7	17,9	-2,8
Mayo	15,7	-5,6	5	17,8	-9,1
Junio	15,6	-6,2	4,6	17,8	-11,3
Julio	17,2	-2,8	7,9	30,9	-6,7
Agosto	18,4	0,9	9,6	19,3	-3,2
Septiembre	18,4	1,9	10,5	20,1	-0,6
Octubre	19,5	2,1	10,8	20,4	-0,6
Noviembre	19,9	2,5	10,3	20,6	1,4
Diciembre	18,7	2,4	10,0	20,3	1,3
TOTALES	212	3	108,5	240,5	-26,6
MEDIA	17,7	-2	8,8	20,1	-2,6

Fuente: SENAEMI 2013

Según los datos proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) entre los años 2010 y 2013, la temperatura media anual fue de 8.8 °C, la temperatura máxima media de 0.2 °C, los meses en que se tiene temperatura media elevada son: diciembre con 11.3 °C y Enero con 11.2 °C.

##### 4.3.6.2. Precipitación

La precipitación media anual es de 278.90 mm, existiendo periodos con fuertes precipitaciones, que son los meses de enero (98.9 mm) y febrero con (55.2 mm) y periodo con pocas lluvias que son los meses de octubre (15.3 mm) y noviembre (12.60 mm).

**TABLA No. 2 PRECIPITACIÓN MEDIA EN (mm.)**

MESES	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm.)
Enero	98.9
Febrero	55.2
Marzo	35.9
Abril	25.3
Mayo	5.0
Junio	0.0
Julio	0.0
Agosto	0.0
Septiembre	0.0
Octubre	15.3
Noviembre	12.6
Diciembre	30.7
<b>Totales</b>	<b>278.90</b>

Fuente: SENAMHI 2013.

**TABLA No. 3 PRECIPITACIÓN MÁXIMA (mm. En 24 horas)**

MESES/AÑOS	2009	2010	2011	2012
Enero	21.6	45.8	36.1	25.4
Febrero	0.0	23.6	39.7	12.6
Marzo	0.0	0.0	15.8	0.0
Abril	0.0	0.0	0.0	0.0
Mayo	0.0	0.0	0.0	0.0
Junio	0.0	0.0	0.0	0.0
Julio	0.0	0.0	0.0	0.0
Agosto	0.0	0.0	0.0	0.0
Septiembre	0.0	0.0	0.0	0.0
Octubre	5.2	12.5	15.3	25.8
Noviembre	0.0	6.7	9.0	15.2
Diciembre	27.3	26.9	28.3	19.5
<b>Totales</b>	<b>54.1</b>	<b>115.5</b>	<b>144.2</b>	<b>98.5</b>
<b>Medias</b>	<b>4.51</b>	<b>9.62</b>	<b>12.02</b>	<b>8.21</b>

Fuente: SENAMHI 2013

### 4.3.7. Labores culturales y control fitosanitario

#### 4.3.7.1. Malezas

La quinua compite bien con las malezas, pero si la carga y desarrollo de estas últimas no se controla oportunamente (principalmente en los primeros estadios), puede disminuir e incluso afectar su total desarrollo. Es recomendable realizar controles oportunos para evitar competencia por agua, nutrientes, luz y espacio, así como potenciales focos de plagas y/o enfermedades.

#### 4.3.7.2. Control fitosanitario

La presencia de plagas en la región varía de acuerdo a las precipitaciones, sin desmedro de esto se han presentado algunas plagas en zonas y en determinadas condiciones que

han afectado seriamente el cultivo de la quinua. La presencia de gusanos cortadores (*Agrostis ípsilon*), masticadores de hoja (*Spodoptera eridania*), (*Spodoptera ochrea*), (*Chrysodeixis includens*), (*Copitarsia sp*), (*Epicauta sp*), (*Epitrix sp*), (*Liriomyza sp*), polilla de la quinua (*Eurysacca melanocampta*), etc. Durante la investigación se realizará un control estricto para evitar la presencia de las plagas en el cultivo de la quinua.

#### **4.3.8. Cosecha trilla y venteo**

La calidad del grano de la quinua, está directamente relacionada con la oportunidad en que se cosecha. La forma tradicional es manual, la cual se efectúa cuando las plantas han alcanzado la madurez fisiológica (momento en que poseen el máximo de materia seca), entre los 160 y 180 días después de la siembra, con un contenido de humedad del grano de 14 a 16%. Otros indicadores de cosecha prácticos utilizados en campo son de carácter visual y táctil, como por ejemplo panojas crujientes, caída de hojas y semillas de la misma dureza de las semillas sembradas. Las labores de cosecha deben realizarse durante la mañana o al final de la tarde, para evitar el desprendimiento de los granos por efectos mecánicos del corte y presencia de vientos, esta labor se realizará con mucho cuidado para no mezclar los distintos tratamientos de las parcelas de investigación.

##### **4.3.8.1. Siega o corte de la planta**

Esta labor se trata de realizar entre 5 a 6 cm de la base del suelo para disminuir la contaminación por piedras y otros, en forma manual.

##### **4.3.8.2. Emparvado**

Tiene relación con la formación de montículos de panojas para un buen secado antes de la trilla. La trilla se realizará en forma manual de cada una de las parcelas de investigación la cual tiene como objetivo desprender las semillas de la panoja al someterlas a golpes.

El Aventado consiste en la separación de la semilla de fragmentos como hojas, perigonio, restos secos de flores y pequeñas ramas.

El Secado es la exposición de semillas, normalmente al sol, hasta alcanzar un 10% de humedad, óptimo valor para el envasado.

En todo este proceso se debe tener especial precaución en no contaminar las panojas con piedras o residuos que puedan ensuciar contaminar las semillas, ya que esto es desastroso para su posterior pesaje y comercialización.

También es importante que las panojas a trillar estén completamente secas, para evitar atascamientos en los compartimentos de trilla (cribas) y de salida de desperdicios. Cuando las panojas están húmedas o verdes, se obtiene grano sucio o las pérdidas del mismo son excesivas durante el proceso de trilla.

#### **4.4. Variables de respuesta**

##### **4.4.1. Variables agronómicas**

###### **4.4.1.1. Porcentaje de germinación**

Se realizará previamente la prueba de germinación en cajas petri las pruebas de germinación de cada variedad cada uno con dos repeticiones para verificar el % de germinación.

#### 4.4.1.2. Altura de planta

La altura de la planta se medirá cada cierto tiempo desde inicio hasta la madurez fisiológica, desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la panoja, se medirá a 10 plantas por variedad.

#### 4.4.1.3. Diámetro de panoja

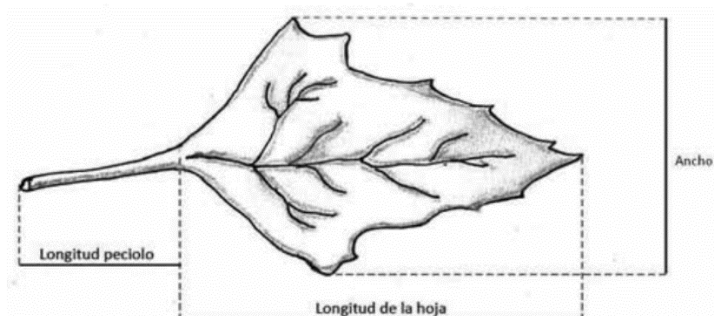
Registrar desde que nace la panoja se medirá cada cierto tiempo hasta la madurez fisiológica, registrar el diámetro máximo de la panoja principal. Media de al menos 10 plantas por variedad.

#### 4.4.1.4. Longitud de panoja

Registrar desde que nace la panoja se medirá la longitud de la panoja hasta la madurez fisiológica, medir desde la base hasta el ápice de la panoja principal. Media de al menos 10 plantas por variedad.

#### 4.4.1.5. Longitud del pecíolo

Se medirá la longitud del pecíolo como media de al menos 10 plantas (una hoja por planta) de las cuatro variedades.



Medidas de la hoja

#### 4.4.1.6. Peso de 1000 granos

Una vez que se tiene los granos limpios de quinua se efectuará el peso de 1000 granos de cada uno de los tratamientos, la medición se registrará en gramos (gr).

#### 4.4.1.6. Rendimiento

La evaluación del rendimiento se realizará una vez se concluya con la trilla luego se pesará cada uno de las parcelas de investigación cada variedad por separado, para el cálculo del rendimiento se tomó en cuenta el peso total de grano cosechado por unidad experimental, para luego transformar en ton/ha.

#### 4.4.1.7. Índice de cosecha

El índice de cosecha se determina mediante la relación del peso de grano limpio a la cosecha respecto al peso de la biomasa seca aérea total según Robles (1986).

El índice de cosecha (IC) es la relación del peso de la planta con respecto al peso del grano. Refleja la partición de foto asimilados hacia los granos. Se define usualmente

como la proporción del peso seco total de la planta que se acumula en los órganos cosechados.

$$IC = \frac{\text{Peso de grano}}{\text{Biomasa seca aérea total}}$$

## CONDICIONES AGROCLIMATICAS DEL CULTIVO DE QUINUA

### Región

La quinua fue domesticada y sembrada durante miles de años en zonas que van desde el nivel de mar o costa (0 a 500 m.s.n.m.), la yunga (500 hasta 2500 m.s.n.m.); sierra media – zona quechua o valles interandinos (2500 – 3500 m.s.n.m.) y hasta la sierra alta, Suni o Altiplano (3500 a 4000 m.s.n.m.); dando lugar al surgimiento de diversos tipos de quinuas llamados ecotipos y de los cuales deben ser elegidas las variedades a sembrar; para lograr una buena productividad y calidad de granos.

### Temperatura

La quinua, por su alta variabilidad genética, se adapta a diferentes climas, desde aquellos calurosos y secos como el clima de la costa desértica, a aquellos temperados lluviosos o secos de los valles interandinos y aquellos fríos y lluviosos o secos de la sierra alta y el altiplano. Las temperaturas óptimas de crecimiento y desarrollo, dependiendo de las variedades, están en el rango de 15 a 25°C. Puede tolerar las heladas y temperaturas altas durante las fases de desarrollo vegetativo y la formación de la inflorescencia y no desde la floración hasta el estado de grano pastoso. Tanto las bajas como las altas temperaturas originan esterilidad de polen y afectan el desarrollo y crecimiento de la planta, dando lugar a esterilidad o granos inmaduros, arrugados o de bajo peso; dependiendo del momento en que se produce el estrés de temperatura.

### Humedad-Precipitación

El periodo de precipitación en la Región Andina va desde Setiembre – Octubre a Mayo – Junio. La precipitación anual total varía del siguiente modo: de 600 – 800 mm en los Andes Ecuatorianos, de 400 – 500 mm en los Andes Peruanos, de 500 – 800 mm en el altiplano alrededor del Lago Titicaca, de 200 a 300 mm en el Altiplano sur de Bolivia y de 800 – 1000 mm en la Zona Central de Chile. La quinua se cultiva dentro de un rango de precipitación de 300 mm a 1000 mm. Se considera que el rango de precipitación óptima es de 500 a 800 mm.

Los periodos críticos en los que la falta de humedad afecta la productividad son: germinación-emergencia, que determina el establecimiento del cultivo, y el estado de crecimiento y llenado del fruto que determina la productividad. Dependiendo del tipo de suelo y la humedad almacenada se considera adecuada una precipitación en el rango de 60 a 100 mm para un buen establecimiento del campo.

Es importante señalar que la quinua presenta tolerancia a la sequía, a través de diversos mecanismos como su sistema radicular muy ramificado y profundo, a la reducción de su área foliar por eliminación de hojas en condiciones de estrés, presencia de vesículas conteniendo oxalato de calcio que es higroscópico y reduce transpiración a través de la regulación de las

células guardas, a sus pequeñas células con paredes gruesas que le permiten preservar la turgencia aún en severas pérdidas de agua y otros.

### **Fotoperiodo**

La quinua ha sido domesticada y cultivada desde tiempos ancestrales en una región comprendida entre 5°N (Colombia) a 40°S (Chile y Argentina), y desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m. aproximadamente. La respuesta al fotoperiodo y a la temperatura está relacionada con el lugar de origen, es muy compleja y puede afectar el rendimiento. Variedades que se originan en el trópico se caracterizan por una mayor sensibilidad al fotoperiodo y por una larga fase hasta antesis.

Las variedades del Altiplano de Perú y Bolivia y las quinuas del nivel del mar son las de menor sensibilidad al fotoperiodo y son las que tienen menor longitud del ciclo a antesis. La duración del ciclo a antesis también está influenciada por la altitud sobre el nivel del mar de la zona de origen de la quinua.

En el proceso de la introducción de las variedades de quinua a nuevas áreas, es importante considerar la zona de origen de las variedades, es decir la latitud y la altitud de donde proceden. Por ejemplo, las variedades ecuatorianas necesitan por lo menos 15 días con 10 horas de luz cada día para llegar a antesis. Se recomienda, en general, evitar épocas con alta temperatura y días largos por que afectan el proceso de formación de los granos y por consiguiente el rendimiento.

### **Suelos**

La quinua puede crecer en un rango amplio de diferentes tipos de suelos, siendo los óptimos los de buen drenaje francos, semi profundo con un alto contenido de materia orgánica. Se debe evitar suelos con problemas de anegamiento o inundación porque dificultan el establecimiento inicial del cultivo y luego a lo largo del ciclo propician la podredumbre radicular. Se puede encontrar variedades de quinua cultivadas en suelos con pH desde 4.5-9.0 (altiplano peruano boliviano y los salares de Bolivia).

La quinua exhibe una notable capacidad de adaptación fisiológica a condiciones extremas, permitiendo su cultivo en diversos ecosistemas, incluyendo aquellos con alta salinidad, sequías, y bajas temperaturas. Esto se debe a mecanismos fisiológicos que la hacen resistente a estos factores estresantes.

## **MECANISMOS DE ADAPTACIÓN A CONDICIONES EXTREMAS**

### **Tolerancia a la salinidad**

La quinua puede germinar y desarrollarse en suelos con alta concentración de cloruro de sodio, gracias a mecanismos como la disminución del potencial osmótico y la regulación de la conductividad estomática, según estudios de APTHAPI 2017.

### **Resistencia a la sequía**

Durante el estrés hídrico, la quinua aumenta los niveles de ácido abscísico (ABA), lo que induce una mayor entrada de calcio y salida de potasio, ayudando a la planta a mantener la turgencia y a reducir la pérdida de agua.

### **Adaptación a bajas temperaturas**

La presencia de drusas (estructuras cristalinas) en las células del mesófilo de las hojas de la quinua y la oca disminuye el punto de crioscopia, lo que permite que la planta soporte temperaturas bajas sin sufrir daños, según estudios de Repositorio UMSA 2007.

### **Tolerancia a altas temperaturas**

La quinua se adapta a climas calurosos y secos, y ha demostrado ser tolerante a temperaturas de hasta 38°C, según estudios de la FAO 2011.

### **Diversidad genética**

La quinua presenta una alta variabilidad genética, lo que le permite adaptarse a una amplia gama de entornos, desde desiertos hasta altiplanos, según estudios de la FAO 2011.

### **Importancia de la adaptación fisiológica**

La capacidad de adaptación de la quinua a condiciones extremas es fundamental para su cultivo en regiones con limitaciones ambientales, contribuyendo a la seguridad alimentaria y al desarrollo sostenible de comunidades agrícolas en áreas con condiciones climáticas desfavorables. FAO 2011