

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE NIVELES DE ABONAMIENTO
ORGANICO SOBRE LA RESPUESTA DEL CULTIVO DE LA
QUINUA (*Chenopodium quínoa Willd*) BAJO CONDICIONES
DE RIEGO DEFICITARIO EN EL ALTIPLANO SUR**

Juan Carlos Tintaya Escarza

La Paz – Bolivia

2011

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE NIVELES DE ABONAMIENTO
ORGANICO SOBRE LA RESPUESTA DEL CULTIVO DE LA QUINUA
(*Chenopodium quínoa Willd*) BAJO CONDICIONES DE RIEGO
DEFICITARIO EN EL ALTIPLANO SUR**

*Tesis de grado presentada como
requisito parcial para optar el Título
de Ingeniero Agrónomo*

Juan Carlos Tintaya Escarza

Asesores:

Ing. Roberto Miranda

Ing. Rómulo Torrez Elias

Tribunal Examinador:

Dr. Vladimir Orsag Cespedes

Ing.M.Sc David Morales Velasquez

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador:

Dedicatoria:

A la memoria de mi querida madre Miguelina Escarza de Tintaya (†) por su apoyo, amor y cariño. Siempre vivirás en nuestro corazón.

A mi querido papá Delfín Tintaya por su cariño, apoyo constante y aliento hacia toda mi familia.

A todos mis hermanos por todo el esfuerzo realizado, amor, paciencia, su enseñanza de lucha y consejos para hacernos personas de bien.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a DIOS por haberme permitido vivir en esta dispensación y haber guiado mis pasos, darme una familia y un hogar en la cual ser felices, por medio de su evangelio la Iglesia de Jesucristo de Santos de los Últimos Días (IJSUD), quien me enseñó principios correctos a seguir y entender el propósito de nuestra existencia.

Al Proyecto QUINAGUA (Cooperación del Consejo Interuniversitario Flamenco - Bélgica) por haberme brindado el apoyo y la oportunidad de realizar la tesis a través de la beca otorgada.

A la Universidad Mayor de San Andrés a través de la Facultad de Agronomía, por haberme acogido y formado en sus aulas durante los años de estudio y el plantel docente por los conocimientos impartidos.

Agradecimiento muy profundo a la coordinadora del proyecto QUINAGUA Ing. Ph.D. Magali García C., por haber confiado en la realización de este trabajo, por el apoyo brindado, por todas las sugerencias realizadas para el desarrollo de este trabajo.

Al Ing. Roberto Miranda Casas y Ing. Rómulo Torrez por el asesoramiento y consejos brindados, por los conocimientos compartidos libremente y especialmente por su paciencia, muchas gracias.

A los miembros de tribunal revisor Dr. Vladimir Orsag Céspedes Ing. David Morales por todas las correcciones, aportes y sugerencias brindadas en este trabajo.

Al Ing. Edwin Yucra S. por su amistad, sugerencias y apoyo desinteresado a los tesisistas del proyecto.

A mí querida mamá (†) y mi señor papá por todo el cariño, consejos y el gran esfuerzo para apoyarme económicamente durante todos los años de estudio; a mis hermanos por su apoyo y colaboración en situaciones buenas y malas.

A mi compañera eterna, Patricia Jiménez mi esposa, por apoyarme moral y

anímicamente en todos los momentos de este reto, por brindarme su amor y comprensión. A mis hijas Keyla y Kely, por ser mi inspiración para seguir luchando muchas gracias.

A los tesisistas del proyecto QUINAGUA por su amistad, apoyo y brindar información: Blesmi Esprella, Reyna Mamani L., Cesar Chura, Eulogio Choque.

A mis amigos y compañeros con quienes compartí momentos únicos e inolvidables durante la formación académica, por haber forjado esos vínculos de amistad y todos esos buenos recuerdos durante los años de estudio dentro de la facultad.

A todas aquellas personas que me colaboraron y que no mencioné, mil gracias!!

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE CUADROS.....	¡Error! Marcador no definido.VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	X
RESUMEN	XI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación.....	3
2.OBJETIVO.....	4
2.1 Objetivo general.....	4
2.2 Objetivo general.....	4
2.3 Hipótesis.....	4
3.REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1 Origen e importancia.....	5
3.2 Características Agronómicas.....	6
3.3 Taxonomía y morfología.....	7
3.4 Características Fenológicas.....	9
3.5 Requerimientos edafoclimáticos.....	10
3.5.1 Suelo.....	10
3.5.2 pH.....	10
3.5.3 Clima.....	10
3.5.4 Agua.....	11
3.5.5 Temperatura.....	11
3.5.6 Fotoperiodo.....	12
3.5.7 Altura.....	12
3.5.8 Radiación.....	12
3.6 Variedades.....	13
3.7 Características de los abonos orgánicos.....	14
3.7.1 Importancia de la materia orgánica en el suelo.....	14
3.7.2 Efectos del estiércol sobre las propiedades del suelo.....	15
3.7.3 Ventajas y desventajas del estiércol.....	15
3.7.4 Descomposición y mineralización del estiércol.....	16
3.7.5 Composición del estiércol.....	17
3.7.6 Uso de abonos orgánicos en la producción de los cultivos.....	18
3.7.7 Aplicación de abono en cultivo de quinua.....	18
3.7.8 Requerimiento nutricionales de la quinua (N - P - K).....	19
3.7.9 Nitrógeno (N).....	19
3.8 Riego.....	20
3.8.1 Generalidades de Riego.....	20
3.8.2 Riego Deficitario.....	20
3.8.3 Eficiencia del uso de agua.....	22

3.8.4	Evapotranspiración.....	22
3.8.5	Evapotranspiración de referencia (ETo).....	23
3.8.6	Evapotranspiración del cultivo (ETc) y coeficiente del cultivo Kc.....	23
3.8.7	Riego en quinua.....	23
3.8.8	Efecto de la sequía en las fases fenológicas de quinua.....	24
3.9	Características físicas del suelo respecto al riego.....	25
3.9.1	Profundidad efectiva.....	25
3.9.2	Textura	25
3.9.3	Curva de retención agua en el suelo.....	25
3.10	Calidad de agua	25
3.11	Respuesta de la planta a la sequía.....	27
3.11.1	Resistencia a la sequía.....	27
3.11.2	Mecanismos de escape a la sequía.....	28
3.11.3	Efecto de la sequía en las fases fenológicas de quinua.....	29
4.	LOCALIZACIÓN.....	30
4.1	Ubicación Geográfica	30
4.2	Características agroecológicas de zona.....	31
4.2.1	Clima.....	31
4.3	Riesgos climáticos.....	31
4.4	Suelo.....	32
4.5	Vegetación.....	33
4.6	Situación actual de la tierra.....	33
5.	MATERIALES Y METODOS	34
5.1	Materiales y equipos.....	34
5.1.1	Material biológico.....	34
5.1.2	Abono orgánico (estiércol de llama).....	34
5.1.3	Material de campo.....	34
5.1.4	Equipos utilizados.....	35
5.1.5	Material de gabinete.....	35
5.2	Metodología.....	35
5.2.1	Procedimiento experimental.....	35
5.2.2	Diseño experimental.....	36
5.2.3	Modelo lineal aditivo.....	36
5.2.4	Factores en Estudio.....	36
5.2.5	Formulación de tratamientos.....	37
5.2.6	Dimensiones y croquis del experimento.....	38
5.3	Trabajo de campo.....	39
5.3.1	Muestreo de suelo.....	39
5.3.2	Preparación del terreno.....	40
5.3.3	Fertilización.....	40
5.3.4	Siembra.....	40

5.3.5 Riego.....	40
5.3.6 Labores culturales y control fitosanitario.....	42
5.3.7 Cosecha, trilla y venteo.....	43
5.4 Variables de respuesta.....	43
5.4.1 Variables agronómicas.....	43
5.4.1.1 Altura de planta.....	43
5.4.1.2 Diámetro de panoja.....	44
5.4.1.3 Longitud de panoja.....	44
5.4.1.4 Peso de 1000 granos.....	44
5.4.1.5 Rendimiento.....	44
5.4.1.6 Índice de cosecha.....	44
5.5.2 Variables Edáficas	45
5.5.2.1 Velocidad de Infiltración.....	45
5.5.2.2 Eficiencia de uso de agua (EUA) en grano.....	46
5.5.2.1 Análisis del estiércol de llama.....	46
5.5.2.2 Análisis de suelo.....	47
5.5.2.3 Análisis Nitrógeno Mineral.....	47
5.5.2.4 Contenido de agua en el suelo.....	47
5.5.3 Variables económicas.....	48
5.5.3.1 Costos que varían.....	48
5.5.3.2 Beneficio Bruto.....	48
5.5.3.3 Beneficio Neto.....	49
5.5.3.5 Tasa de Retorno Marginal.....	49
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	50
6.1 Comportamiento climático Gestión 2008/2009.....	50
6.1.1 Precipitación.....	50
6.1.2 Temperatura.....	51
6.2 Características del Suelo.....	52
6.2.1 Propiedades físicas del suelo.....	52
6.2.2 Propiedades químicas del suelo.....	53
6.2.3 Abonamiento orgánico con estiércol de llama.....	54
6.2.5 Calidad de agua.....	56
6.3 Variables Agronómicas.....	57
6.3.1 Porcentaje de Germinación.....	57
6.3.2 Altura de planta.....	57
6.3.2.1 Riego deficitario.....	58
6.3.2.2 Niveles de Abonamiento.....	60
6.3.3 Diámetro de panoja.....	62
6.3.3.1 Riego deficitario.....	62
6.3.3.2 Niveles de Abonamiento.....	64
6.3.4 Longitud de panoja.....	65
6.3.4.1 Riego Deficitario.....	65

6.3.4.2 Niveles de Abonamiento.....	67
6.3.5 Peso de 1000 granos.....	68
6.3.5.1 Riego Deficitario.....	68
6.3.5.2 Niveles de Abonamiento.....	69
6.3.6 Rendimiento.....	70
6.3.7 Índice de cosecha.....	73
6.4. Variables de riego.....	75
6.4.1 Velocidad de infiltración.....	75
6.4.2 Humedad gravimétrica, profundidad 10 cm.....	76
6.4.3 Humedad gravimétrica, profundidad 20 cm.....	78
6.4.4 Humedad gravimétrica, profundidad 30 cm.....	80
6.4.5 Eficiencia de uso de agua en grano.....	81
6.4.5.1 Riego Deficitario.....	83
6.4.5.2 Niveles de Abonamiento.....	84
6.5 Análisis Integral.....	85
6.5.1 Análisis Integral riego con variables agronómicas.....	85
6.6 Análisis de costos de producción.....	87
6.6.1 Variables económicas.....	87
6.6.1.1 Ajuste de los rendimientos.....	87
6.6.1.2 Costos que varían.....	87
6.6.1.3 Ingreso Bruto.....	88
6.6.1.4 Ingreso Neto.....	88
6.6.1.5 Relación Beneficio-Costo.....	88
6.7 Producción Agrícola.....	90
6.7.1 Uso de la tierra.....	90
6.7.2 Calendario Agrícola.....	91
7. CONCLUSIONES.....	90
8. RECOMENDACIONES.....	92
9. BIBLIOGRAFIA.....	93

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutritiva del grano de quinua frente a otros cereales.....	6
Cuadro 2. Cantidades promedios de contenido de nutrientes de distintas especies.....	17
Cuadro 3. Aporte de nutrientes por tipo de estiércol (kg/t de producto).....	18
Cuadro.4 Requerimientos nutricionales de la quinua.....	19
Cuadro 5. Clasificación de la conductividad eléctrica.....	26
Cuadro 6. Clasificación de R.A.S.....	26
Cuadro 7. Frecuencia de presentación de heladas y granizo por meses.....	32
Cuadro 8. Características agronómicas variedad Toledo rojo.....	34
Cuadro 9. Descripción de los tratamientos.....	37
Cuadro 10. Coeficiente de cultivo para las diferentes fases fenológicas.....	41
Cuadro 11. Balance hídrico y programación de riego gestión 2008/2009	42
Cuadro 12. Clasificación de la velocidad de infiltración.....	46
Cuadro 13. Resumen del análisis físico de suelo de la comunidad de Irpani.....	52
Cuadro 14. Análisis químico del suelo en la parcela experimental.....	53
Cuadro 15. Análisis químico del estiércol de llama (guano) en % de materia seca.....	54
Cuadro 16. Aporte de elementos nutritivos (E.N.) con la aplicación de los niveles de estiércol de llama en el suelo.....	55
Cuadro 17. Análisis químico de agua de la comunidad de Irpani.....	56
Cuadro 18. Promedios de porcentaje de germinación en placas petri y campo.....	57
Cuadro 19. Análisis de varianza para altura de planta (cm) del cultivo de quinua.....	58
Cuadro 20. Análisis de varianza para diámetro de panoja (cm) del cultivo de quinua.....	62
Cuadro 21. Análisis de varianza para longitud de panoja (cm) del cultivo de quinua.....	65
Cuadro 22. Análisis de varianza para peso de 1000 granos (gr) de quinu.....	68
Cuadro 23. Análisis de varianza para rendimiento de grano (kg/ha) del cultivo de quinua.....	71

Cuadro 24. Análisis de varianza para Índice de Cosecha del cultivo de quinua.....	73
Cuadro 25. Análisis de varianza para Eficiencia de uso de agua en Grano (kg/m ³) del cultivo de quinua.....	83
Cuadro 26. Análisis de Costos que Varían en la producción de quinua.....	89
Cuadro 27. Análisis de costos de producción del cultivo de quinua.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Comunidad de Irpani - Municipio Salinas de Garci Mendoza Oruro.....	30
Figura 2. Croquis de la parcela experimental.....	38
Figura 3. Barreno Muestreador.....	39
Figura 4. Ollas de Presión de Richard.....	39
Figura 5. Cilindros para determinar Dap.....	39
Figura 6. Determinación de la velocidad de infiltración básica por el método del doble anillo.....	46
Figura 7. Precipitación durante la gestión agrícola 2008/2009.....	50
Figura 8. Temperaturas registradas durante la gestión 2008/2009.....	51
Figura 9. Promedios de altura de planta de los tratamientos T4 y T8 del cultivo de quinua con riego deficitario.....	59
Figura 10. Promedios de altura de planta de Quinua por niveles de abono con aplicación de riego deficitario.....	60
Figura 11. Curva de crecimiento Sigmoidal del cultivo de quinua para los ocho tratamientos durante el ciclo agrícola 2008-2009.....	61
Figura 12. Promedios de diámetro de panoja de los tratamientos T4 y T8 del cultivo de quinua con aplicación de riego deficitario.....	63
Figura 13. Promedios de diámetro de panoja de Quinua por niveles de abono con aplicación de riego deficitario.....	64
Figura 14. Promedios de longitud de panoja de los tratamientos T4 y T8 del cultivo de quinua con aplicación de riego deficitario.....	66
Figura 15. Promedios de longitud de panoja de quinua por niveles de abono con aplicación de riego deficitario.....	67
Figura 16. Promedios de peso de 1000 granos de quinua de los tratamientos del cultivo de quinua con aplicación de riego deficitario.....	68
Figura 17. Promedios de peso de 1000 granos de quinua de Quinua por niveles de abono con la aplicación de riego deficitario de los ocho tratamientos.....	69
Figura 18. Promedio de rendimientos del cultivo de quinua de por niveles de abono con y sin aplicación de riego deficitario de los ocho tratamientos.....	71
Figura 19. Índice de cosecha del cultivo de quinua con niveles de abono para los ocho tratamientos.....	74
Figura 20. Índice de cosecha del cultivo de quinua promedios según la aplicación de riego deficitario.....	75

Figura 21. Velocidad de Infiltración.....	76
Figura 22. Contenido de humedad del suelo a 10 cm de profundidad en la Comunidad de Irpani en la gestión agrícola 08/09.....	77
Figura 23. Contenido de humedad gravimétrica del suelo a 20 cm de profundidad gestión agrícola 08/09.....	79
Figura 24. Contenido de humedad gravimétrica del suelo a 30 cm de profundidad gestión agrícola 08/09.....	80
Figura 25. Eficiencia de uso de agua en la producción de grano (kg/m ³) para los ocho tratamientos.....	82
Figura 26. Promedios de eficiencia de uso de agua por grano en relación a riego deficitario.....	84
Figura 27. Promedio de eficiencia de uso de agua en grano con relación a niveles de abono.....	84
Figura 28. Comparación de riego deficitario con variables agronómicas.....	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de Estiércol aplicado en la parcela.....	103
Anexo 2. Cálculo de nutrientes en el estiércol.....	104
Anexo 3. Calculo de nutrientes en el suelo.....	106
Anexo 4. Calculo de los Niveles de Abonamiento aplicados en los tratamiento.....	108
Anexo 5. Velocidad de Infiltración Básica.....	109
Anexo 6. Análisis físico-químico de abonos.....	111
Anexo 7. Análisis físico-químico de suelos antes de la siembra.....	112
Anexo 8. Análisis químico de suelos - Nitrógeno mineral.....	113
Anexo 9. Análisis físico-químico del agua de riego.....	114
Anexo 10. Registro de fotografías del trabajo de investigación.....	115

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el Altiplano Sur en la Comunidad de Irpani perteneciente a la primera sección Municipal Salinas de Garci Mendoza de la provincia Ladislao Cabrera del departamento de Oruro, en el periodo agrícola agosto 2008 a mayo de 2009, a los pies del Volcán Tunupa, geográficamente se encuentra situada a 66° 56´ longitud oeste; 19° 02´ de latitud sur y una altura de 3724 m.s.n.m.

Entre los objetivos planteados se tiene: Evaluar el efecto de niveles de fertilización orgánica (estiércol de llama) y la aplicación de riego deficitario sobre las variables agronómicas; Evaluar el comportamiento del nitrógeno en el suelo; Evaluar el comportamiento de la humedad del suelo a tres profundidades (10, 20 y 30 cm) y los costos de producción de quinua; para lo cual se utilizó la variedad de quinua "Toledo rojo" por ser una variedad ya adaptada para el Altiplano Sur.

Se tuvo dos factores de estudio riego deficitario y niveles de abono orgánico, se aplicó el riego deficitario en las etapas de prefloración y grano lechoso con 55 y 60 mm respectivamente, el riego aplicado en cada fase tuvo una duración de 10 días cada 2 días por medio y los niveles de abono aplicados fueron de 0, 4, 8 y 12 ton/ha.

Entre las variables agronómicas evaluadas se tuvieron: altura de planta, diámetro de panoja, longitud de panoja, peso de 1000 granos, rendimiento e índice de cosecha. En el comportamiento del nitrógeno se tomó una muestra antes de la siembra registrando un valor de 0.03 % en el suelo y después de la conclusión del trabajo de investigación se tomó otra muestra para análisis registrándose un valor de 0.03 % a 0.05 % de nitrógeno en el suelo, entonces se puede ver que si existe una paulatina descomposición y aporte del abono que de alguna manera favoreció en el rendimiento final.

El efecto de los niveles de abonamiento en la mayoría de las variables agronómicas, estadísticamente no mostró diferencias significativas, esto debido al estado de descomposición del abono y el tiempo de aplicación antes del establecimiento del cultivo que por lo menos debería ser unos tres meses o durante el roturado de la parcela en los meses de febrero a marzo.

El efecto de niveles de abono en la variable peso de 1000 granos es muy notorio ya que se tiene diferencias altamente significativas en la aplicación de niveles de abonamiento; con valores de 3.81 g con 0 ton/ha, 4.17 g con 4 ton/ha, 4.47 g con 8 ton/ha y 5.05 g con 12 ton/ha respectivamente; en la variable rendimiento los tratamientos con riego deficitario obtuvieron valores de 1000 kg/ha a diferencia de los tratamientos sin riego deficitario con valores de 850 kg/ha, el efecto de riego en etapas críticas es muy beneficioso ya que no solo favorece al incremento del rendimiento sino

también mejora la calidad de grano en cuanto a tamaño (peso de 1000 granos). En la aplicación de niveles de abonamiento se tiene diferencias altamente significativos con valores de 932 kg/ha con 0 ton/ha y riego deficitario, 956 kg/ha con 4 ton/ha y riego deficitario, 1001 kg/ha con 8 ton/ha y riego deficitario y 1344 kg/ha con 12 ton/ha y riego deficitario. En los tratamientos sin riego deficitario y con los mismos niveles de abonamiento se obtuvieron valores cercanos a 900 kg/ha a excepción del T4 que alcanzó 1049 kg/ha con 12 ton/ha y sin riego deficitario.

Finalmente para los costos de producción los tratamientos que mayor beneficio/costo mostraron fue el tratamiento T5 con nivel de abono (0 t/ha) y sin riego deficitario con un B/C de 9.4 Bs; Los tratamientos T6, T7 sin riego son también rentables ya que el beneficio - costo es de 4.7 y 3 Bs respectivamente y T2, T3 y T4 con la aplicación de riego es mayor a uno aunque los retornos no son tan significativos como los anteriores.

Y por último ninguno de los tratamientos a los que se aplicó riego, sin riego y con niveles de abonamiento de 0, 4, 8 y 12 ton/ha tuvieron un B/C menor a uno, lo que resulta que ninguno de los tratamientos es pérdida para el agricultor; pero si se requiere más mano de obra al aplicar el abono y el riego.

Cabe mencionar que puede ser mejor no aplicar riego y materia orgánica para obtener buenos ingresos; pero esta labor influye en la conservación del suelo a mediano y largo plazo, ya que la sobre explotación de los suelos por un constante uso acabará la fertilidad de este recurso.

1. INTRODUCCIÓN

En el Altiplano Sur se desarrollan actividades pecuarias así como agrícolas, donde se cultiva la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), una planta de gran valor nutritivo en cuanto a proteínas con 12 a 20 %, vitaminas B1, B2, B3, C y minerales calcio, hierro, fósforo y magnesio (PROINPA, 2003).

Actualmente es uno de los principales cultivos que generan ingresos económicos del 55 al 85% del ingreso a las familias en el Altiplano sur, llegando a superar precios por tonelada de hasta cinco veces más que la soya (400 dólares/ton) en mercados de Europa y Estados Unidos, sobre todo si la producción es orgánica de hasta 35000 dólares/ton (Infoagro, 2002).

El Altiplano boliviano, y la región del Altiplano Sur específicamente, se caracterizan por su alta vulnerabilidad ecológica. Entre las características biofísicas de la zona intersalar del Altiplano se encuentran bajas precipitaciones pluviales de 150 a 200 mm, presencia de suelos arenosos y salinos, problemas de erosión, recurrentes sequías, heladas y vientos fuertes, que dan lugar a la región más árida y desértica de Bolivia. A pesar de estas condiciones, la quinua es valorada por su rusticidad y por su capacidad de resistencia a condiciones ambientales adversas sequía, heladas, etc. Sin embargo a pesar de su extrema resistencia, estudios han demostrado que limitadas aplicaciones de riego y fertilizante podrían incrementar sustancialmente su rendimiento.

La quinua de los salares al sur de Bolivia, están adaptadas a condiciones xerofíticas y se posibilita su desarrollo inicial sin lluvias, con un rendimiento promedio de la zona de 450 a 680 kg/ha (9 a 15 qq/ha), únicamente con la humedad del suelo en la siembra. Después de la cosecha el suelo queda en descanso de 2 a 4 años, disminuyéndose últimamente con efecto negativo en la fertilidad (disminución de nutrientes) del suelo debido a un cultivo frecuente.

El cultivo de quinua también es beneficioso para las familias campesinas del Altiplano porque sus costos de producción son bajos. No requiere de infraestructura compleja para los procesos de lavado, secado y almacenamiento; necesita relativamente poca mano de obra para su producción; y consume poca cantidad de agua. Una ventaja adicional es que los tallos y el resto de la planta de quinua ofrecen leña y forraje para los animales.

Igualmente el uso de los abonos orgánicos tiene una influencia positiva en la producción agrícola, por contener nutrientes para el normal crecimiento y

desarrollo de las plantas. La incorporación de estos residuos orgánicos, permite mejorar las condiciones físicas del suelo y aumenta la actividad microbológica en el suelo.

La escasa precipitación pluvial y una evapotranspiración alta, sugieren el valor de la implementación de sistemas de riego, sin embargo la poca disponibilidad del recurso hídrico en la zona, hace complicada esta aplicación. Por ello se podría empezar a considerar sistemas de riego deficitario, para aplicar el agua escasa en forma oportuna de acuerdo al requerimiento del cultivo en etapas críticas.

En el Altiplano boliviano se tiene pocos trabajos de investigación en los que se aplique riego a cultivos a campo abierto, sobre todo en quinua que se produce a secano, ya que existe poco interés por parte de los agricultores en realizar trabajos adicionales, posiblemente porque esto significaría un incremento en el uso de mano de obra y como consecuencia en los costos de producción.

El poco desarrollo del riego en Bolivia, solamente unas 485357 hectáreas tienen riego, lo que representa alrededor del 30% del total de superficie cultivada anual (1800000 hectáreas), la mayor parte ubicada en valles y altiplano" MAGDER (2010), citado por Rojas (2004), siendo este fenómeno mucho más notorio en quinua. Entonces se dan hipótesis que mencionan rendimientos bajos, influyendo de forma directa los ingresos económicos de los productores y por lo tanto en la calidad de vida de los mismos.

Ramos (2000), indica que la importancia del riego suplementario radica en que una aplicación oportuna, en determinadas fases fenológicas, reduce pérdidas en el rendimiento de las plantas cultivadas. Estas experiencias previas han demostrado que con limitadas cantidades de agua adicionada al cultivo como riego, los rendimientos pueden elevarse y estabilizarse en más de 1000 kg/ha, nivel que es superior al presente. También se ha sugerido que otro gran limitante para la producción de quinua es la falta de Nitrógeno, sin embargo no se conoce el efecto sinérgico de estos dos factores de cultivo.

Por estas razones, con el presente trabajo de investigación, se pretende evaluar la interacción entre la aplicación de riego y de abono orgánico sobre la respuesta de la quinua por medio de la aplicación de riego deficitario para cubrir parcialmente la demanda de agua del cultivo y la utilización de abono orgánico (estiércol camélido) para reducir los costos de producción, y obtener mayores ingresos.

1.1 Justificación

La composición química del grano de la quinua, ha despertado la atención de todo el mundo, debido al elevado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína. Por lo que es considerado como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales los cuales se encuentran extremadamente cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO (1995).

Esperando que la materia orgánica absorba cierta cantidad de agua, para que sea aprovechado por las plantas y por otra parte proporcionar nutrientes a las plantas y al suelo, para futuras siembras.

El riego deficitario permitirá incrementar el tamaño de grano como su materia seca, aplicándolo en el momento preciso cuando más agua requiera la planta. Por otra parte se fortalecerá a las plantas para ser más tolerantes a los eventos extremos como las heladas o efectos biológicos como las plagas y enfermedades.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Evaluar el efecto de niveles de abonamiento orgánico sobre la respuesta del cultivo de la quinua (*chenopodium quínoa Willd*) bajo condiciones de riego deficitario en el altiplano sur.

2.2 Objetivos Específicos

- Describir las condiciones climáticas y edáficas del suelo, de la comunidad de Irpani en la gestión 2008/2009
- Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de quinua bajo diferentes niveles de abonamiento orgánico y bajo riego deficitario.
- Evaluar el comportamiento de la humedad del suelo a diferentes profundidades y su efecto al cultivo de quinua.
- Comparar el nitrógeno en el suelo bajo diferentes niveles de materia orgánica.
- Comparar los costos parciales de producción del cultivo de quinua bajo dos condiciones de manejo en riego y niveles de abonamiento orgánico.

2.3 Hipótesis

Ho: La aplicación de niveles de abonamiento orgánico y riego deficitario, no produce diferencias en el desarrollo y rendimiento en el cultivo de quinua.

Ho: No existe efectos significativos para el desarrollo y rendimiento del cultivo de quinua bajo la aplicación de abono orgánico y riego deficitario.

Ho: La fertilización orgánica y el riego no muestran efectos sinérgicos sobre los rendimientos de la quinua.

3. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

3.1 Origen e importancia

PROINPA (2003), indica que, el cultivo de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se remonta a épocas prehispánicas 500 años a.c., donde las culturas existentes cultivaban la quinua en las laderas de las serranías aledañas a los salares de Uyuni y Coipasa. Fue el principal alimento de nuestras culturas bolivianas y actualmente es el alimento de mucho valor para el mundo entero, por su valioso aporte en proteínas, vitaminas, minerales y el balance existente entre estos.

Mujica *et al.* (2004), mencionan que la zona andina comprende uno de los ocho mayores centros de domesticación de plantas cultivadas del mundo, dando origen a uno de los sistemas agrícolas más sostenibles y con mayor diversidad genética del mundo. Mencionan también que la quinua fue cultivada y utilizada por las civilizaciones prehispánicas, y reemplazada por los cereales a la llegada de los españoles, a pesar de constituir un alimento básico de la población desde entonces.

PROINPA (2002), indica que la producción de quinua orgánica, en el Altiplano Sur de Bolivia, constituye una alternativa para la exportación, con el fin de lograr mejores precios para este grano en el mercado nacional e internacional que se incluye dentro de la corriente de una agricultura de producción orgánica con la preservación del suelo.

Infoagro (2002), indica que la quinua es un cultivo industrial de múltiples usos, se cultiva sobre todo para el consumo humano siendo también utilizado en menor porcentaje (2 a 5 %) como forraje o para propósitos medicinales.

Aunque el ser humano no puede sobrevivir con un solo alimento, afirma que si tuviera que depender de un solo alimento para sobrevivir, la mejor opción sería sin lugar a dudas la quinua.

Según el Cuadro 1 muestra los detalles en el valor alimenticio de la quinua, comparándose con otros cereales.

Cuadro 1. Composición nutritiva del grano de quinua frente a otros cereales

Componentes	Quinua	Trigo	Soya
Energía (Kcal)	350-390	309	-
Proteínas (g/100g MS)	7.5 – 22	9.0	35-40
Grasas (%)	6,1	1,5	10,2
Carbohidratos (g/100g)	350-390	59.4	-
Fibra (g/100g MS)	3 – 4	3	4
Calcio (mg/100g de peso)	130	50	70
Fósforo (mg/100g de	205-530	360	360
Hierro (mg/100g de peso)	20.5-54	5	2
Histidina (g/100g proteína)	2.4-2.7	2.2	2.3
Metionina (g/100g	2-2.4	1.7	1.4
Lisina (g/100g proteína)	5.1-6.6	2.5-5.9	6.3

Fuente: PROINPA 2002

El grano de quinua según PROINPA (2002), contiene proteínas de alto valor nutricional, que incluso pueden reemplazar a las proteínas de la carne. La quinua es importante no solo por su valor nutritivo, sino porque es un cultivo rústico, que se adapta y tiene buenos rendimientos por encima de los 1000 kg/ha en condiciones muy adversas, por ejemplo cerca del Salar de Uyuni, en áreas desérticas (con menos de 150 mm de precipitación al año), salitrosas y por encima de los 3800 msnm donde existen frecuentes heladas.

3.2 Características Agronómicas

Espíndola (1994), considera que el rendimiento de la quinua presenta los siguientes factores: peso de 1000 granos, altura de la planta (cm.), área foliar (cm²) y rendimiento (Kg. /ha), en si son consideradas respuestas agronómicas, tamaño de grano, tamaño de panoja, grosor de panoja.

3.3 Taxonomía y morfología

Según Mujica *et al.* (2004), la clasificación taxonómica de la quinua es la siguiente:

Reino	:	Vegetal
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Sub Clase	:	Angiospermas
Orden	:	Caryophyllales
Familia	:	Amaranthaceae

Sub-familia : Chenopodiaceae
Genero : Chenopodium
Especie : *Chenopodium quinoa* Willdenow

Morfológicamente se describe a la quinua de la siguiente manera:

- **Raíz:** La raíz es pivotante y vigorosa que puede llegar hasta 30 cm. de profundidad. A partir del cuello de la planta, nacen otras ramificaciones que son las raíces secundarias y terciarias, de estas ramificaciones salen las raicillas y son tan delgadas como un cabello con más de 5 cm. de largo. Las raicillas son las importantes para la nutrición de la planta.
- **Tallo:** El tallo es cilíndrico a la altura del cuello de la planta y después es anguloso. Desde el cuello hasta la panoja alcanza diferentes alturas de acuerdo a la variedad, pudiendo variar desde 1,0 m hasta 2,0 m; el color del tallo puede ser verde, con axilas coloreadas, verde con rayas coloreadas o púrpuras y finalmente, de color rojo en toda su extensión.
- **Hábito:** Se llama hábito al aspecto exterior, al porte o aire de la planta. Algunas variedades son de porte erecto y otras de porte ramificado. El hábito de la planta es importante; ya que, las plantas erectas son más fáciles de cosechar.
- **Hojas:** La hoja está formada por el pecíolo y la lámina. Los pecíolos son largos y acanalados en su parte superior. La forma de la lámina varía de acuerdo a la ubicación de las hojas y de una variedad a otra. El número de dientes puede variar de 3 a 20. todas las hojas jóvenes estas cubiertas de papilas redondeadas de color blanco, rojo y púrpura. Las hojas inferiores pueden medir hasta 15 cm. de largo y 12 de ancho; las superiores son más pequeñas.
- **Panoja:** La panoja puede ser laxa o compacta. Es laxa cuando la panoja es grande y ancha y poco rendimiento; es compacta cuando la panoja es pequeña y apretada de granos.
- **Inflorescencia:** Se denomina panícula, por tener un eje principal más desarrollado, del cual se originan ejes secundarios. Según el tipo de la panoja se agrupa a todas las quinuas en amarantiforme, glomerulada e intermedia. La inflorescencia glomerulada se considera la forma primitiva y conjuntamente con la amarantiforme pueden ser laxas o compactas; este carácter está muy relacionado al rendimiento del cultivo.

- **Flores:** Las flores de una planta son mayormente hermafroditas. Se llama así cuando tienen el sexo masculino y femenino en una misma flor; también hay flores que solo tiene un sexo. La flor normal tiene cinco estambres (sexo masculino) y un estigma con su ovario (sexo femenino). Cada estambre produce granos de polen, que en el proceso de fecundación caen sobre el estigma.
- **Fruto:** El fruto o semilla es un aquenio. Un fruto es aquenio cuando no tiene cáscara y si tiene no está soldada a la semilla. El color de la semilla depende de una envoltura que se llama perigonio, que puede sacarse fácilmente frotándolo. Debajo del perigonio existe una capa llamado pericarpio y es ahí, donde se encuentra la saponina que le da el sabor picante.
- **Semilla:** Después del pericarpio esta el epispermo, que es una capa que cubre al embrión (cotiledones y radícala) y al perisperma (almidón). En cuanto al tamaño, se dice que el grano es pequeño cuando mide hasta 1.8 mm; mediano cuando mide 1.8 a 2.1 mm y grande cuando pasa de 2.2 mm. de diámetro.

3.4 Características Fenológicas

Mamani (2007), menciona que la fenología estudia los fenómenos morfológicos periódicos que suceden en los seres vivos durante su crecimiento y sus relaciones con las condiciones medio ambientales de luz, temperatura, humedad, etc. La emergencia de los cultivos, brotación de los frutos, floración, fructificación, corresponden a estudios de fenología vegetal.

Mujica *et al.* (2004), mencionan que la fenología son los cambios externos visibles del proceso de desarrollo de la planta, desde la germinación hasta la formación de nuevas semillas, los cuales son el resultado de las condiciones ambientales, cuyo seguimiento es una tarea muy importante para agrónomos y agricultores, puesto que ello servirá para efectuar futuras programaciones de las labores culturales, riegos, control de plagas y enfermedades, aporques, identificación de épocas críticas; asimismo le permite evaluar la marcha agrícola y tener una idea concreta sobre los posibles rendimientos de sus cultivos, mediante pronósticos de cosecha, puesto que el estado del cultivo es el mejor indicador del rendimiento.

Mújica *et al.*, (2001) y Espíndola (1994), describen las etapas morfo-anatómicas más notables en el desarrollo de la quinua, las cuales son:

- **Germinación:** hinchado de semilla y germinado ocurre a los 3 a 5 días.
- **Fase cotiledonar (emergencia):** dos cotiledones expuestos horizontalmente, ocurre de 3 a 10 días de la siembra.
- **Fase dos hojas verdaderas:** inicio del periodo vegetativo, se presenta un rápido desarrollo radicular. Ocurre a los 10 – 20 días después de la siembra.
- **Fase cinco hojas alternas:** estado vegetativo temprano, ocurre a los 35 a 45 días después de la siembra.
- **Fase trece hojas alternas:** se presenta importante ramificación, esta fase ocurre de los 45 a 50 días de la siembra.
- **Fase de pre-floración:** desarrollo del botón floral, antes de la floración, el ápice de la futura panoja está en pleno alargamiento, ocurre de 55 a 70 días.
- **Fase de floración:** inicia la floración de la parte superior de la inflorescencia y continúa hasta la base, ocurre a los 90 a 130 días de la siembra.
- **Fase de grano lechoso:** el germen se define en forma y tamaño, los carbohidratos son apenas líquidos incipientes, ocurre a los 100 a 130 días de la siembra.
- **Fase de grano pastoso:** es cuando al ser presionado presenta una consistencia pastosa de color blanco, ocurre a los 130 a 160 días de la siembra.
- **Fase de madurez fisiológica:** es cuando al ser presionado el fruto con las uñas, presenta resistencia a la penetración, el contenido de humedad varía de 14 a 16 %, ocurre a los 160 a 180 días de la siembra.

3.5 Requerimientos edafoclimáticos

3.5.1 Suelo

Mujica *et al.* (2004), mencionan que la quinua prefiere suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica de 12 ton/ha, con pendientes moderadas y un contenido de 80 a 120 kg/ha de nitrógeno, ya que la planta es exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco de potasio. También se adapta a suelos franco arenosos, arenosos o franco arcillosos, siempre que se le provea de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento del agua, puesto que es muy susceptible al exceso de humedad sobre todo en los primeros estados.

3.5.2 pH

Según Mujica *et al.*(2004), la quinua tiene un amplio rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo, desde suelos ácidos

(pH 4.5, región de Cajamarca en Perú) a suelos mas alcalinos (pH 9, en los salares de Bolivia) con un optimo grado alrededor del pH neutral

3.5.3 Clima

Mujica *et al.* (2004), con respecto al clima, mencionan que la quinua por ser una planta que presenta mucha plasticidad (rápido desarrollo fisiológico) y tener amplia variabilidad genética, se adapta a diferentes climas desde el desértico, caluroso y seco en la costa hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, llegando hasta las cabeceras de la ceja de selva con mayor humedad relativa en la puna y zonas cordilleranas de grandes altitudes, por ello es necesario conocer que genotipos son adecuados para cada una de las condiciones climáticas.

3.5.4 Agua

Mujica *et al.* (2004), también afirma que la quinua es un organismo eficiente en el uso de agua, a pesar de ser una planta C3, puesto que posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar a los déficit de humedad, sino tolerar y resistir la falta de humedad del suelo; en general, la quinua prospera con 250 a 500 mm anuales en promedio, en caso de utilizar riegos estos deben ser suministrados en forma periódica y ligeros; sin embargo a la quinua también se la encuentra creciendo y dando producciones aceptables con precipitaciones mínimas de 200-250 mm anuales, como es el caso del altiplano sur boliviano.

En lo referente a humedad relativa, la quinua crece sin mayores inconvenientes desde el 40% en el altiplano hasta el 100% de humedad relativa en la costa, esta alta humedad relativa se presenta en los meses de mayor desarrollo de la planta (enero y febrero), lo que facilita que prosperen con mayor rapidez las enfermedades fungosas como es el caso del Mildiú (*Peronospora farinosa*), por ello en zonas con alta humedad relativa se debe sembrar variedades resistentes al mildiú.

3.5.5 Temperatura

Con relación a la quinua, según Mujica *et al.* (2004), la temperatura media adecuada para la quinua esta alrededor de 8 - 20 °C , sin embargo se ha observado que con temperaturas medias de 10 °C se desarrolla perfectamente el cultivo, así mismo ocurre con temperaturas medias y altas de hasta 25 °C, prosperando adecuadamente. Al respecto

se ha determinado que esta planta también posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, soportando hasta $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano.

Respecto a las temperaturas extremas altas, se ha observado que temperaturas por encima de los $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ producen aborto de flores y muerte de estigmas y estambres, imposibilitando la formación de polen y por lo tanto impidiendo la formación de grano.

3.5.6 Fotoperiodo

Bertero (2003), menciona que la quinua se adapta a una amplia gama de las intensidades de radiación en aéreas de elevada altitud. El día corto, odia largo son indiferentes a los genotipos, por lo tanto no tienen sensibilidad del fotoperiodo, adaptándose fácilmente a estas condiciones de luminosidad, este cultivo prospera adecuadamente con tan solo 12 horas diarias en el hemisferio sur sobre todo en los Andes de Sud América, mientras que en el hemisferio norte y zonas australes con días de hasta 14 horas de luz prospera en forma adecuada, como lo que ocurre en las áreas nórdicas de Europa. En la latitud sur a 15° , alrededor del cual se tiene las zonas de mayor producción de quinua, el promedio de horas luz diaria es de 12,19 con un acumulado de 146,3 horas al año.

3.5.7 Altura

Según Mujica *et al.* (2004), la quinua crece y se adapta desde el nivel del mar hasta cerca de los 4000 msnm , quinuas sembradas al nivel del mar disminuyen su periodo vegetativo, comparados a la zona andina, observándose que el mayor potencial productivo se obtiene a nivel del mar habiendo obtenido hasta 6000 kg/ha , con riego y buena fertilización.

3.5.8 Radiación

La quinua soporta radiaciones extremas de las zonas altas de los andes, sin embargo estas altas radiaciones permiten compensar las horas calor necesarias para cumplir con su periodo vegetativo y productivo. Los sectores de más alta iluminación solar son los más favorables para el cultivo de la quinua, ya que ello contribuye a una mayor actividad fotosintética (García, 1991).

3.6 Variedades

Actualmente existe gran cantidad de variedades y cultivares utilizados

comercialmente en la producción de quinua (Mujica *et al.*, 2004). Entre estas se tiene principalmente de Perú, Bolivia, Ecuador, Argentina, Colombia, etc. En Bolivia se tiene entre otros a: Sajama, Sayaña, Chucapaca, Camiri, Huaranga, Ratuqui, Samaranti, Robura, Real, Toledo, Pandela, Utusaya, Mañiqueña, Señora, Achachino, Limeña, etc.

Infoagro (2002), menciona que en el altiplano boliviano se clasifica a la quinua de acuerdo a diferentes aspectos técnicos como periodo vegetativo (precoz, semiprecoz, tardío), resistencia a heladas, resistencia a sequías, contenido de saponina (dulce, semidulce, amarga), resumiendo su diversidad en 5 categorías básicas:

- a)** Quinua de valles (2000 y 3000 msnm) son tardías y de porte alto.
- b)** Quinua de altiplano (alrededor del Lago Titicaca) soportan heladas y relativa escasez de lluvias.
- c)** Quinua de terrenos salinos (llanuras del altiplano de Bolivia), soportan suelos salinos.
- d)** Quinua del nivel del mar (encontrada en el sur de Chile), son plantas pequeñas, sin ramas y con granos amargos.
- e)** Quinuas sub-tropicales (valles interandinos de Bolivia) presentan granos pequeños blancos o amarillos.

En el Banco Nacional de Germoplasma a cargo de la Fundación PROINPA localizado en el departamento de La Paz se conservan más de 2834 variedades de quinua (PROINPA, 2002), muchas de las accesiones actualmente tienen uso comercial, es el caso de la quinua “Real Blanca” (Altiplano Sur), que es muy cotizada en los mercados nacionales e internacionales. Las accesiones procedentes del Altiplano Norte y Centro, por su tamaño pequeño o mediano, eran utilizadas principalmente para el autoconsumo. Actualmente su demanda se ha incrementado ante la diversidad de productos que oferta la agroindustria.

Según Tapia (1997), técnicas como la hibridación han sido empleadas con relativa respuesta, debido a la amplia variabilidad que muestra la quinua.

Los ecotipos de la zona de los salares al sur de Bolivia presentan la mejor adaptación a bajas precipitaciones y suelos salinos.

3.7 Características de los abonos orgánicos

3.7.1 Importancia de la materia orgánica en el suelo

Cahuya (2001), sostienen que la importancia de agregar materia orgánica para mejorar la productividad fue detectada hace miles de años atrás por los agricultores, de modo que es una práctica muy antigua. En general, la fertilización orgánica del suelo tiene un papel fundamental, regula los procesos químicos que allí ocurren, influyen sobre las características físicas y según un gran número de investigadores, es el centro de casi todas las actividades biológicas del mismo.

Chilón (1997), define como materia orgánica del suelo a los productos de la pre descomposición y descomposición de toda fuente primaria y secundaria de la materia orgánica no humificada, formado por la biomasa vegetal y animal, la biomasa microbiana y el humus; constituida a su vez por sustancias no húmicas como materiales orgánicos sencillos, azúcares y aminoácidos; materiales orgánicos de elevado peso molecular; polisacáridos y proteína; también sustancias húmicas estrictas.

Ignatieff y Harold (1969), citados por Catarí (2002), señalan que la materia orgánica del suelo, está formada de excrementos y despojos animales. El ganado que padece en los campos, los gusanos y una innumerable variedad de insectos del suelo, a los que se unen millones de microorganismos, bacterias, hongos y actinomicetos, contribuyen todo a la descomposición de los residuos de las plantas y a su esparcimiento por la superficie del suelo.

La mayoría de los abonos de origen animal, contienen varios elementos nutritivos (particularmente N, P, K así como pequeñas cantidades de elementos menores), cuya concentración es más baja que las de los fertilizantes minerales. A pesar de ello, el estiércol no debe valorarse únicamente por su contenido en nutrientes, sino también por su benéfico efecto en el suelo, Jacob y Uexkull (1973), citados por Catarí (2002).

3.7.2 Efectos del estiércol sobre las propiedades del suelo

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 puede 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 2 a 5%, de 5-60% de fósforo y 80% de azufre.

3.7.3 Ventajas y desventajas del estiércol

Al respecto Yágodin (1986), describe las siguientes ventajas y desventajas del estiércol:

Ventajas:

- Los abonos orgánicos ejercen multilateral efecto sobre las propiedades agronómicas de los suelos. Los abonos orgánicos al ser incorporados al suelo, sirven de fuente de nutrientes: nitrógeno de 2 a 5%, de 5-60% de fósforo y 80% de azufre (macro y micro).
- El estiércol y otros abonos orgánicos son también fuentes de anhídrido carbónico.
- Con la descomposición de estos abonos orgánicos en el suelo desprende mucho gas carbónico que satura el aire del suelo y la capa atmosférica.
- Favorece en el uso más eficiente del agua, mejorando la infiltración y al mismo tiempo la retención del agua en el suelo, reduce la pérdida del agua por evaporación del suelo.

Desventajas

- A diferencia de los fertilizantes minerales, los abonos orgánicos por el contenido de sustancias nutritivas son mucho menos concentrados.
- Los abonos orgánicos son poco transportables y conviene emplearlos mejor en los compost y lotes más cercanos a los establos.
- Es necesario tener en cuenta que gran parte de las sustancias nutritivas de los abonos orgánicos, incluyendo el estiércol, se hace asimilable para las plantas sólo a medida de su mineralización.
- El nivel adecuado de aplicación de abono siempre depende del nivel de cumplimiento de los requerimientos de agua del cultivo. Por eso, el abono y el riego mejor tienen que ser estudiados en conjunto.

3.7.4 Descomposición y mineralización del estiércol

Para SICA (2001), los procesos de mineralización y descomposición consisten en alimentar al suelo para que los microorganismos allí presentes, después de atacar a la materia orgánica y mineral que se incorpora, tornen asimilables los nutrientes y de esta manera puedan ser absorbidos

por las raíces de las plantas, para propiciar su desarrollo y fructificación. Se puede realizar la incorporación de materiales orgánicos

de origen vegetal o animal como: estiércoles, residuos de cosechas y de la agroindustria, humus de lombriz, cenizas, compost, etc.

Gross (1981), señala que desde el momento en que se entierra el estiércol entra en descomposición por la acción de una multitud de microorganismos: hongos, levaduras, y sobre todo bacterias, sin olvidar los gusanos y animales del suelo. Estos microorganismos humificadores transforman la materia orgánica en productos cada vez más sencillos.

Thompson y Troech (1982), citados por Catari (2002), manifiestan que los factores más importantes que afectan la cantidad de materia orgánica del suelo son: tipo de estiércol, topografía, naturaleza de los materiales primarios, clima y tiempo.

3.7.5 Composición del estiércol

La FAO (1990), menciona que resulta difícil señalar con precisión cifras de la composición química de los estiércoles que se utilizan en la agricultura Boliviana debido a la variabilidad de factores que cambian en muchas cosas las cantidades y proporciones de: N, P, K, Ca, Mg y micro nutrientes.

En el cuadro 2 se mostramos las cantidades promedios del contenido de nutrientes de distintos estiércoles de especies animales:

Cuadro 2. Cantidades promedios de contenido de nutrientes de distintas especies

COMPONENTE	BOVINO	GALLINAZA	OVINO	CAPRINO	CAMELIDOS	CERDO
PH	8.3	7.6	8	8	7.9	7.3
N.T. (%)	1.73	2.7	1.68	2.2	1.5	1.75
P ₂ O ₅ (%)	1.65	2.72	1.28	1.53	0.85	2.28
K ₂ O (%)	1.52	1.52	1.39	1.06	1.16	2.11
Ca (%)	1.41	8.6	1.01	1.42	0.94	0.8
RELACION C/N	21.2	15.9	23.8	15.8	29.8	19.9

Fuente FAO, 1990

Fuentes (2002), indica que es muy difícil dar cifras sobre la riqueza del estiércol en elementos nutritivos, ya que depende de muchos factores como: el producto empleado para camas, la especie de ganado, las pérdidas producidas durante la elaboración. Se pueden dar las cifras siguientes, expresadas en kg de elementos nutritivos por cada tonelada de producto en el Cuadro 3:

Cuadro 3. Aporte de nutrientes por tipo de estiércol (kg/ton de producto)

Especie	N	P₂O₅	K₂O
Caballar	6	2,5	6
Vacuno	3,5	1,5	4
Porcino	4,5	2	6
Ovino	8	2	7

Fuente: Fuentes (2002).

3.7.6 Uso de abonos orgánicos en la producción de los cultivos

Yágodin (1986), menciona que la norma de estiércol aplicado bajo la labranza, en dependencia del grado de su descomposición, características del cultivo que se abona y condiciones climático-edáficas oscila entre 15 y 50 t y más por hectárea

El MAGDR (2000), indica que en el departamento de La Paz, se han registrado la utilización de abonos orgánicos y fertilizantes minerales. Los resultados indican que el 82% de los usuarios utilizan abonos naturales para mejorar las condiciones físico-químicas, y además se constituye en la forma más común para mejorar la fertilidad de las parcelas de producción.

3.7.7 Aplicación de abono en cultivo de quinua

Tapia (1997), indica que, a menudo se ha indicado que la quinua es un cultivo rústico y que se produce en suelos pobres. Aunque efectivamente se puede desarrollar en estos suelos, los rendimientos serán lógicamente bajos. En la práctica, los campesinos no fertilizan la quinua, dependen de los nutrientes aplicados al cultivo anterior que es generalmente papa. Cuando se siembra quinua después de un cereal o se repite quinua, se debe aplicar por lo menos estiércol de corral.

Según Mujica *et al.* (2004), la incorporación del estiércol en la época de roturación de suelos varía entre 4 a 10 t/ha, conforme se trate de aplicación en el sistema de hoyos, surcos y voleo. Cuando se utiliza compost esta determinado que incorporando 300 g por hoyo se utiliza hasta 2,1 t/ha. Se usa abono orgánico moderadamente de vez en cuando según la disponibilidad, sin embargo la tendencia es al aumento paulatino, tanto para la producción orgánica, como para la producción convencional de la quinua.

3.7.8 Requerimiento nutricionales de la quinua (N - P - K)

Según Suquilanda (1996), indica que hasta la fecha no se ha cuantificado los requerimientos nutricionales absolutos de la quinua. Existen solamente valores empíricos de orientación en función de la fertilidad del suelo, como se observamos en el cuadro siguiente:

Cuadro.4 Requerimientos nutricionales de la quinua

Fertilidad del suelo	Requerimiento de la quinua		
	N (Kg/ha)	P (Kg/ha)	K (Kg/ha)
Alto	40	0	0
Medio	80	40	15
Bajo	80	40	40

Fuente: Suquilanda. 1996

3.7.9 Nitrógeno (N)

Fuentes, J. (2002), acuerda que las principales funciones del nitrógeno se resumen de la siguiente manera: a) Las plantas adquieren una vida muy activa, con un color verde intenso en las hojas, marcado desarrollo de la parte herbácea y aumento de la producción de hojas, frutos y semillas. b) Contribuye a la formación de proteínas, mejora la calidad de las cosechas. c) Los cultivos se hacen más vigorosos, lo que origina, mayor resistencia meteorológica (heladas, granizadas y otros).

Chilón (1997), establece que el nitrógeno también favorece al desarrollo de los órganos vegetativos y en especial de los foliáceos, empero a medida que se incrementa el suministro de nitrógeno tiende a decrecer el contenido de carbohidratos. El nitrógeno también es parte constituyente de la molécula de la clorofila que es la determinante del proceso fotosintético.

Rodríguez (2005), menciona que el nitrógeno ingresa en la formación de aminoácidos, luego entra en la síntesis de prótidos y las proteínas del vegetal, se halla en la formación de las hormonas de los ácidos nucleicos (con función hereditaria) y de la clorofila.

Según la FAO (1981), entre los diversos insumos, los fertilizantes quizás solo después del agua, contribuyen al máximo el incremento de la producción agrícola. Para lograr uso más económico del fertilizante debe considerarse la cantidad optima de fertilizante adecuado.

3.8 Riego

3.8.1 Generalidades de Riego

Según Encarta (2007), el riego es la aportación de agua a la tierra por distintos métodos para facilitar el desarrollo de las plantas. Se practica en todas aquellas partes del mundo donde las precipitaciones no suministran suficiente humedad al suelo o bien donde se quieren implantar

cultivos de regadío. En las zonas secas, el riego debe emplearse desde el momento en que se siembra el cultivo. En regiones de pluviosidad irregular, se usa en los periodos secos para asegurar las cosechas y aumentar el rendimiento de éstas. Esta técnica ha aumentado notablemente la extensión de tierras cultivables y la producción de alimentos en todo el mundo.

El riego es el suministro oportuno de la cantidad adecuada de agua a los cultivos

(Chipana, 1996) de tal manera que éstos no sufran disminución en sus rendimientos y sin causar daño al medio ambiente. La práctica del riego combina elementos de la ciencia del suelo, agronomía, ciencias sociales, hidráulica, hidrología y economía.

3.8.2 Riego Deficitario

Según Puyo (1992), el riego deficitario controlado es una asignación del agua de riego, consiste en un aporte hídrico de magnitud inferior a los requerimientos evaporativos.

Su objetivo fundamental es el control de crecimiento vegetativo de la planta y la provocación de un pre – acomodamiento el cultivo para obtener mayor rendimiento.

Según FAO (1981), el contenido de agua en el suelo afecta a la disponibilidad de todos los nutrientes. La actividad biológica se limita, de modo que la desintegración de la materia orgánica se reduce, junto con ella la mineralización de las formas orgánicas.

Chipana (1996), indica que el riego es una tentativa del hombre de alterar el ciclo hidrológico y promover el incremento de la producción agrícola. En otras palabras el riego es el suministro oportuno de la cantidad de agua a los cultivos de tal manera que estos no sufran disminución en sus rendimientos y sin causar daños al medio ambiente.

García, (2003) y Geerts, et al. (2006), mencionan que se demostró que el estrés hídrico que ocurre durante la pre-floración, floración y la etapa de grano lechoso de la quinua, tiene un efecto negativo en el rendimiento total y en la eficiencia de uso de agua.

La quinua se comporta de manera excepcional en sus reacciones fisiológicas, en respuesta al déficit hídrico, funcionando como una planta del desierto, cuya estrategia de respuesta a la sequía es el constante consumo

por medio de la apertura de estomas, constante producción de materia seca y elevado potencial foliar, sin detener la absorción de agua (García, 1991). La aplicación de riego antes de la fase de floración asegura un buen rendimiento.

El riego deficitario es definido como un moderno sistema de manejo del agua basado en el riego sólo en momentos concretos del cultivo, y que permite un sustancial ahorro del agua sin merma de producción.

Oweis y Hachum (2005) mencionan que el riego suplementario es la aplicación de riego cuando la lluvia no es suficiente para los requerimientos de la planta. La cantidad adicional aplicada sola es insuficiente para la sobrevivencia del cultivo. El riego deficitario (English, 1990) tiene como meta principal de maximizar la eficiencia del uso del agua y de estabilizar la producción en vez de maximizar la producción. Eso es muy válido en lugares con recursos limitados de agua como el Altiplano.

Al respecto Freere *et al.*, (1978), citado por Ramos (2000), indica la importancia del riego suplementario, se debe aplicar riego en forma oportuna, en determinadas fases fenológicas la cual, reduce pérdidas en el rendimiento de las plantas cultivadas.

Mamani (2007) menciona que las fases óptimas para aplicar riego deficitario en quinua son las fases de establecimiento, pre-floración, floración y grano lechoso. Lo contrario causa un bajo rendimiento y significativamente bajo valor en la Eficiencia de Uso de Agua.

Freere *et al.*, (1978), citado por Ramos (2000), mencionan que el riego suplementario puede tener un aporte significativo en regiones con precipitaciones erráticas y muchas veces concentradas en solo 2 o 3 meses. Podría afirmarse, entonces, que en toda la región andina se podría usar el riego suplementario, con el objetivo de que los cultivos tengan un normal desarrollo, bajo un régimen pluvial muy variable de las montañas andinas, en las que crecen dichos cultivos.

El riego deficitario controlado es una estrategia de asignación del agua de riego, consistente en un aporte hídrico de una magnitud inferior a los requerimientos de evapotranspiración.

3.8.3 Eficiencia del uso de agua

La palabra eficiencia fue empleada por Amthor (1996), citado por Soliz (2002), para denotar la fitomasa producida por unidad de recurso usado, entre las que se destaca la eficiencia en el uso de la radiación solar por la planta, la eficiencia en el uso de agua en la producción de compuestos orgánicos, una especie con buena capacidad productiva está relacionada

con la eficiencia con que transloca los compuestos de nitrógeno de los tejidos vegetativos hacia los granos (semilla) (Kramer, 1984 citado por Soliz, 2002).

Mujica *et al.* (2004), también afirma que la quinua es un organismo eficiente en el uso de agua, en general, la quinua prospera con 250 a 500 mm anuales en promedio.

3.8.4 Evapotranspiración

Allen, et, al. (2006), menciona que la evapotranspiración incluye dos procesos distintos por el cual se pierde agua; uno de carácter físico y el otro de carácter fisiológico, que son la evaporación de agua del suelo y la transpiración de las plantas, ocurre simultáneamente y no hay una manera sencilla distinguir entre estos dos procesos.

En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero con el desarrollo del cultivo y finalmente cuando este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal.

3.8.5 Evapotranspiración de referencia (ET_o)

Allen, et al. (2006), mencionan que la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia y se denomina ET_o. La superficie de referencia es un cultivo hipotético de pasto, con características específicas como la altura asumida de 0.12 m, con una resistencia superficial fija de 70 s m⁻¹ y un albedo de 0,23. ET_o es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos. ET_o expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas, y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo.

3.8.6 Evapotranspiración del cultivo (ET_c) y coeficiente del cultivo K_c

Allen *et al.* (2006), señalan que las necesidades de agua del cultivo se refieren a la cantidad de agua que necesita ser proporcionada al cultivo como riego o precipitación, mientras que la evapotranspiración del cultivo se refiere a la cantidad de agua perdida a través de la evapotranspiración.

García et al. (2003), mencionan que la planta de quinua tiene un requerimiento de agua mínima durante las dos primeras semanas del cultivo con 2.8 mm día⁻¹, el requerimiento de agua aumentó en 5 a 8 semanas

después de la siembra con 4.21 mm dia^{-1} los mayores requerimientos de agua por parte del cultivo se presentaron durante las etapas de floración y grano lechoso con 4.54 y 4.71 mm dia^{-1} respectivamente.

3.8.7 Riego en quinua

Freere *et al.* (1978), citado por Ramos (2000), indica que la importancia del riego suplementario radica en que una aplicación oportuna, en determinadas fases fenológicas, reduce pérdidas en el rendimiento de las plantas cultivadas. En el cultivo de la quinua para asegurar la germinación, en regiones secas, se efectúa riego suplementario para evitar fracasos en las primeras fases de su crecimiento.

Según Alanoca (2002), pocos trabajos han considerado el riego como un factor importante para el cultivo de la quinua. Como en la mayoría de las especies cultivadas, la quinua también es susceptible a la sequía en determinadas fases fenológicas, ante todo en la fase de floración y por lo tanto una alternativa puede ser la aplicación de riego suplementario, que favorece al proporcionar humedad en el suelo, también aumenta la productividad del mismo, pero no solo se debe proporcionar solo humedad, sino debe hacerse en el momento y cantidad adecuada, haciendo que esta se independice del régimen de lluvias.

García (2003), menciona que el estrés hídrico en quinua parece ser crítico durante todo el desarrollo de los órganos de reproducción, esto es desde la antesis hasta el llenado de grano, por lo tanto estas son las etapas donde se debe aplicar riego suplementario.

Mamani (2007), indica que los cultivos de quinua durante años secos o muy secos resultan en un rendimiento pobre con relación a cualquier otra opción de aplicación de agua. Por lo tanto es muy recomendable aplicar riego suplementario en años secos en etapas sensibles, incluso en pequeñas cantidades. Es importante evitar un déficit hídrico durante las etapas de prefloración, floración y grano lechoso, puesto que son las etapas más susceptibles al déficit hídrico.

3.8.8 Efecto de la sequía en las fases fenológicas de quinua

Espíndola (1994), sostiene que en un trabajo de respuestas fisiológicas, morfológicas y agronómicas de la quinua al déficit hídrico, en condiciones controladas, indica que la fase fenológica de grano lechoso es la más susceptible al déficit hídrico, para el rendimiento de grano.

Huiza (1994), citado por Ramos (2000), menciona que en un trabajo similar, da a conocer que la fase fenológica de grano lechoso es la más susceptible al déficit hídrico ya que reportó un 60% de pérdida en el rendimiento de grano, debido a que la sequía se presentó en esta fase.

Ramos (2000), indica que muchos investigadores coinciden en señalar que los efectos de la sequía se ven reflejados en el rendimiento del cultivo, por cual esta variable es muy importante para cuantificar los daños ocasionados por la sequía.

3.9 Características físicas del suelo respecto al riego

3.9.1 Profundidad efectiva

Álvarez (1985), menciona que la profundidad y la distribución del sistema radicular del cultivo es de gran importancia para determinar la lamina de riego a aplicar de manera que al humedecer el suelo hasta profundidades inferiores trae problemas de déficit hídrico en la planta y al hacerlo hasta profundidades mayores constituyen un gasto innecesario de agua.

3.9.2 Textura

Ortiz (1984), menciona que se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo, define la cantidad de agua que puede almacenar un suelo, movimiento del agua al suelo, facilidad de abastecimiento de nutrientes, de agua y de aire.

3.10 Calidad de agua

Gurovich, R. L. (1999), mencionado por Hurtado (1995), señala al riego como un factor importante de salinización del suelo, cuando no es manejado correctamente. Todas las aguas de riego tienen un contenido mayor o menor de aguas solubles. Las aguas de riego consideradas salinas, tienen un contenido actual de sales insuficiente para perjudicar a los cultivos, los daños se ocasionan cuando esa agua, una vez en el suelo, se concentra como consecuencia de la evapotranspiración y transpiración con lo que aumenta su salinidad y se puede producir fenómenos que altere la producción de los distintos iones como por ejemplo, la precipitación de sales menos solubles.

Pizarro F. (1990), señala que la concentración total de sales solubles en las aguas de riego se expresa en términos de conductividad eléctrica. La clasificación es la siguiente:

Cuadro 5. Clasificación de la conductividad eléctrica

Clasificación	C.E. (mmhos/cm)
C 1 Baja	Menor a 0.75
C 2 Media	0.75 – 1.5
C 3 Alto	1.5 – 3
C 4 Muy alto	Mayores a 3

Fuente: U.S. Salinity Laboratory (1975).

Según USDA (1975), el RAS es una relación que se usa para expresar la “actividad relativa de iones de sodio en reacciones de intercambio en el suelo”, donde las concentraciones de los iones se expresan en mili equivalentes/ litro, tanto en extractos de suelo o aguas de riego mediante la siguiente expresión:

$$RAS = \frac{Na^+}{((Ca^{++} + Mg^{++})/2)^{1/2}} \quad \text{Ec. 1}$$

Los valores del RAS que permiten clasificar el agua de riego en sus distintas clases dependen de la CE de esa agua, en base a la tabla:

Cuadro 6. Clasificación de R.A.S.

Clasificación	R.A.S.	
	C.E. = 100	C.E. = 750
S1 Baja sodicidad	de 0 a 10	de 0 a 6
S2 Media sodicidad	de 10 a 18	de 6 a 12
S3 Alta sodicidad	de 18 a 26	de 12 a 18
S4 Muy alta sodicidad	Mayor a 26	Mayor a 18

Fuente: E.S. Salinity Laboratory

3.11 Respuesta de la planta a la sequía

Rodríguez (1991), indica que existen dos tipos de reacciones por parte de la planta, en respuesta a la sequía:

- a) **Elasticidad:** una vez que la sequía cesa, el organismo vuelve a su estado inicial o estado de desarrollo en el que se encontraba.

b) Plasticidad: involucra una rápida y alta flexibilidad para reaccionar a los cambios en la distribución de los recursos dentro del hábitat. Dichos cambios son ajustes morfo genéticos, tanto en la distribución de productos foto sintetizados entre la raíz y el vástago, como en el tamaño, morfología, y distribución de las hojas individuales y las raíces, una característica que involucra una alta tasa de reinversión de los materiales adquiridos en el crecimiento y la respiración. El efecto de tales reacciones, junto con el rápido reemplazo de las hojas y de las raíces, es el de producir, durante la estación de crecimiento, constantes reajustes en la distribución espacial de las superficies de absorción (ejemplo: el follaje y la superficie radical) de la planta durante la estación de crecimiento.

Para Jacobsen y Mujica (1999), la plasticidad es el desarrollo de una planta con ritmos variables de crecimiento, por ejemplo, la quinua crece cuando hay humedad y detiene su crecimiento cuando se presenta una sequía. Por lo que en quinua la tolerancia a la sequía se debe a la plasticidad.

3.11.1 Resistencia a la sequía

Bidwell (1993), indica que la resistencia a la sequía no es un fenómeno simple, ni tampoco existe un solo mecanismo de resistencia ante cualquier tipo particular de tensión.

Rodríguez (1991), define la resistencia a sequía como una capacidad que poseen las plantas para resistir o sobrevivir a los períodos de sequía, sin ningún o con poco efecto nocivo que comprometa la vida de la planta.

Para Armas *et al.* (1990) la resistencia a sequía es una capacidad que tienen las plantas para sobrevivir, durante los períodos de sequía, con poca o ninguna consecuencia para ella. Dos amplios tipos de resistencia a sequía son:

- a) Prevención:** Se basa usualmente en un mecanismo que permite a la planta, crear un ambiente interno de tal manera que sus células no estén bajo tensión, aun cuando el ambiente externo sea muy tensionante.
- b) Tolerancia:** Consiste en la habilidad de la planta para tolerar períodos sin lluvia. Esta tolerancia se puede efectuar reduciendo el agua transpirada; incrementando la resistencia estomatal o cuticular que consiste en un mecanismo fisiológico por el cual la planta limita la pérdida de agua; manteniendo la velocidad de absorción del

agua; o mediante el control estomático.

3.11.2 Mecanismos de escape a la sequía

Soliz (2002), indica que entre los medios de escape a la sequía se encuentra:

a) Precocidad a la maduración. Básicamente es una adaptación, aunque menos extrema, se encuentra en muchas plantas cultivadas, en las de los cultivares más tolerantes a la sequía, son frecuentemente los que primero florecen y maduran, evitando así lo peor de la estación seca. Muchas de estas especies anuales adelantan su floración si se les somete a una sequía prematura.

b) Conservación del agua. La forma más corriente de regular el equilibrio hídrico, y mantener la turgencia en la planta, es reducir la pérdida de agua o almacenarla. Entre los mecanismos más comunes se consideran:

- Cierre estomático rápido y completo.
- Cutícula gruesa y muy impermeable.
- Pérdida de hojas.
- Reducción de la transpiración.
- Almacenamiento de agua.

c) Mantenimiento de la absorción de agua. Muchas plantas que tienen éxito en hábitats secos dependen del desarrollo de un sistema radical profundo y extenso, el cual puede obtener agua de un volumen muy grande del suelo.

3.11.3 Efecto de la sequía en las fases fenológicas de quinua

Espíndola (1994), sostiene que en un trabajo de respuestas fisiológicas, morfológicas y agronómicas de la quinua al déficit hídrico, en condiciones controladas, indica que la fase fenológica de grano lechoso es la más susceptible al déficit hídrico, para el rendimiento de grano.

Huiza (1994), citado por Ramos (2000), menciona que en un trabajo similar, da a conocer que la fase fenológica de grano lechoso es la más susceptible al déficit hídrico ya que reportó un 60% de pérdida en el

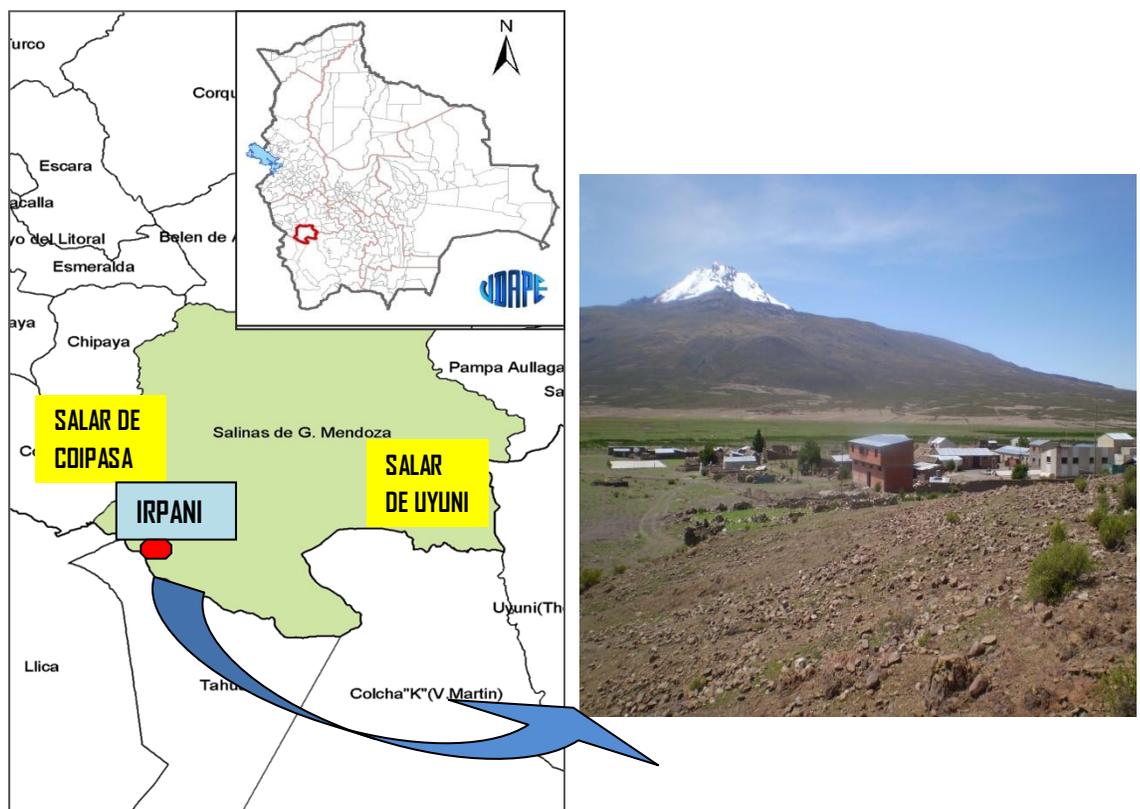
rendimiento de grano, debido a que la sequía se presentó en esta fase.

Ramos (2000), indica que muchos investigadores coinciden en señalar que los efectos de la sequía se ven reflejados en el rendimiento del cultivo, por cual esta variable es muy importante para cuantificar los daños ocasionados por la sequía.

4. LOCALIZACION

4.1 Ubicación Geográfica

El presente trabajo se realizó en la Comunidad de Irpani perteneciente a la primera sección Municipal Salinas de Garci Mendoza de la provincia Ladislao Cabrera del departamento de Oruro, se encuentra situada a 240 kilómetros de la ciudad de Oruro en el altiplano sur del departamento, a los pies del Volcán Tunupa, geográficamente se encuentra situada a $66^{\circ} 56'$ longitud oeste; $19^{\circ} 02'$ de latitud sur y una altura de 3724 m.s.n.m.



Fuente: Instituto Geográfico Militar (2003).

Figura 1. Ubicación de Comunidad de Irpani - Municipio Salinas de Garci Mendoza Oruro.

4.2 Características agroecológicas de zona

4.2.1 Clima

Montes de Oca (2005), menciona que el área de estudio corresponde a un clima de tipo semiárido con fríos extremos secos y con humedad deficiente en los meses de marzo hasta noviembre.

Con una precipitación media de 150 a 250 mm, una temperatura media anual es 5 ° C y una humedad relativa del 33.5 %.

El régimen de lluvias comienza en el mes de noviembre y dura hasta marzo, la precipitación media para el municipio alcanzo a 257 mm durante la gestión de trabajo 2008/2009 siendo esta escasa, además considerando la alta evaporación que se presenta en la zona, desnivelando el balance hídrico ya muy deficitario.

4.3 Riesgos climáticos

Información proporcionada por SENAMHI / ORURO para el Municipio de Salinas de Garci Mendoza:

- **Vientos.** Los vientos son muy variables debido a la ubicación de las serranías; en la zona alta los vientos son más fuertes en comparación a las zonas bajas o planicies alcanzando 4.48 m/s en dirección NW.
- **Sequías.** Son frecuentes, acelerando los procesos de desertificación. La falta de lluvias en el periodo (septiembre a diciembre) de crecimiento de las plantas es de más peligro, se corre el riesgo de perder la producción. Las sequías al igual que las heladas, son de consideración siendo los periodos más susceptibles los meses de Mayo a Noviembre.
- **Heladas.** La ocurrencia de las heladas son frecuentes y más fuertes en toda la región, un promedio de heladas de 180 a 200 días al año, de intensidad fuerte afectando al periodo de desarrollo del cultivo y los más peligrosos son los que se presentan en el mes de febrero (2 de febrero Candelaria), muchas veces ocasionando grandes pérdidas en el cultivo sobre todo en la planicie. La ocurrencia de heladas coincide con el inicio de la época de crecimiento de las plantas, por lo que genera reducción en los
- rendimientos de los cultivos del lugar, como se puede observamos en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Frecuencia de presentación de heladas y granizo

meses

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal Salinas de Garci Mendoza, 2009-2010

Según el Cuadro 7, la mayor frecuencia de heladas se da entre los meses de mayo a agosto, periodo conocido como época seca, disminuyendo a medida que comienza la época de lluvias.

➤ **Granizada.** Es un fenómeno natural que causa serios daños en

Meses	Jun	Jul	Agos	Sep	Otc	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Promedio de días con helada	29	30	27	18	10	6	2	1	1	2	11	26
Frecuencia de heladas (%)	95	95	87	59	33	19	6	2	2	6	37	83
Promedio de días con granizo	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0

debido al impacto físico que presenta, causando defoliación, tallos rotos y en algunos casos la pérdida total de las plantas. Este fenómeno se presenta en los meses de Enero y Marzo.

4.4 Suelo

La zona es montañosa y ondulada, los suelos son relativamente jóvenes por tener pocos horizontes, la textura es franco arenosa, de escasa fertilidad, de origen volcánico o fluvio lacustre con afloraciones salinas debida a la cercanía de los salares. El contenido de materia orgánica es bajo, con pH de ligeramente básico a neutro, la profundidad de la capa arable es de 15 a 45 cm. (Plan de Desarrollo Municipal- Gobierno Municipal de Salinas de Garci Mendoza, 2009-2010).

4.5 Vegetación.

En las zonas más elevadas de mayor pendiente y de mucha pedregosidad (5000 msnm), están cubiertas por quewiña (*Polilepis andinícola*), yareta (*Azorella compacta*). En el piso inferior ecológico (4000-4600 msnm), de estos volcanes se encuentran pajonales compuestos de ichus y sikuyas (*Stipa ichu*), asociados con iru ichus (*Festuca arthropilla*). Las serranías de

menor altura (4000-3800 msnm), ubicados en las faldas de estos volcanes se cubren de varias especies de tholas en los que predomina la tara (*fabiana densa*), asociada con la ñak'a th'ola o lejía (*Baccharis incarum*), pisku thola (*Baccharis boliviensis*), y Tholares, estos últimos compuestos de Unu Th'ola y qhiruta. (Plan de Desarrollo Municipal- Gobierno Municipal de Salinas de Garci Mendoza, 2009-2010).

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 Materiales y equipos

5.1.1 Material biológico

Para el presente trabajo de investigación se utilizó Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) variedad Toledo rojo, característico por su alto rendimiento en la zona. La procedencia de este ecotipo es de la zona intersalar de Uyuni – Coipasa, de los departamentos de Potosí y Oruro, con las siguientes características: (cuadro 8)

Cuadro 8. Características agronómicas variedad Toledo rojo

Características	Variedad Toledo rojo
Precocidad	Tardío (180-210 días)
Tolerancia a enfermedades	Tolerante
Tolerancia a insectos	Medianamente resistente
Contenido de saponina	Semiamargo
Tamaño de grano	Grande
Tolerancia a heladas	Tolerante
Tolerancia a sequía	Medianamente resistente

Fuente: IBTA (1996).

5.1.2 Abono orgánico (estiércol de llama).

Se utilizó como abono orgánico estiércol de llama parcialmente descompuesto proveniente de un corral de camélidos de la comunidad de Irpani, este se caracteriza por su color amarillo oscuro hasta café, siendo moderadamente húmedo con un 25 % de humedad. (Valdez 1995).

5.1.3 Material de campo

- Estacas de madera
- Flexo metro
- Hoz
- Mochila fumigadora
- Cámara fotográfica
- Bolsas de plástico
- Calibrador vernier
- Libreta de campo
- Balanza de bolsillo
- Nivel en "A"

5.1.4 Equipos utilizados

- Balanza analítica
- Mufla
- Crisoles
- Probetas
- Hidrómetro
- Cilindro Infiltró metro

5.1.5 Material de gabinete

- Computadora
- Hojas Bond
- Programa S.A.S
- Apuntes de campo

5.2 Metodología

5.2.1 Procedimiento experimental

El trabajo de investigación se hizo durante la gestión agrícola 2008-2009, desde el reconocimiento de terreno (02-08-2008) hasta la cosecha y obtención de grano limpio (25-05-2009).

5.2.2 Diseño experimental

Para el análisis y la interpretación de datos obtenidos se utilizó el diseño experimental de Diseño de Bloques Completos al Azar con un arreglo de parcelas divididas, debido a la heterogeneidad del terreno. (Calzada, 1982).

El arreglo de parcelas divididas, considera realizar la distribución de los factores en estudio tomando en cuenta que uno de ellos tiene mayor importancia; desde el punto de vista investigativo, es el que debe ser colocado en la parcela principal (Arteaga, 2001).

5.2.3 Modelo lineal aditivo

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \epsilon_a + \gamma_j + \alpha\gamma_{ij} + \epsilon_b$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación individual cualquiera

μ = Media poblacional

β_k = Efecto de la k-esima replicación

α_i = Efecto del i-esimo nivel del factor Riego

ϵ_a = Error de la parcela grande (error a)

γ_j = Efecto del j-esimo nivel del factor Niveles MO

$\alpha\gamma_{ij}$ = Efecto de ij-esima interacción (Riego X MO)

ϵ_b = Error de la parcela pequeña (error b)

Fuente: Arteaga, 2001

5.2.4 Factores en Estudio

En el presente trabajo de investigación se aplicaron los siguientes factores de estudio:

Factor Principal A: Riego

a1: Con riego Deficitario

a2: Sin riego Deficitario

Factor Secundario B: Niveles de fertilización orgánica

b1: 0 ton de estiércol / ha (testigo)

b2: 4 ton de estiércol / ha

b3: 8 ton de estiércol / ha

b4: 12 ton de estiércol / ha

Fuente: En base a análisis de suelo y abono en laboratorio (Anexo 4)

Para los niveles de abonamiento propuestos en el trabajo de investigación, se tomaron en cuenta los resultados del análisis de suelo, análisis de abono y también en función al requerimiento del cultivo como se muestra en el Anexo 4. Tomando como referencia un valor superior de 8 y 12 t/ha e inferior de 0 t/ha al valor calculado de 4t/ha.

5.2.5 Formulación de tratamientos

Los factores antes mencionados fueron distribuidos al azar en ocho tratamientos como se muestra a continuación en el cuadro 9:

Cuadro 9. Descripción de los tratamientos

TRATAMIENTOS	DESCRIPCION
T1: a1b1	Con riego – 0 ton de estiércol
T2: a1b2	Con riego – 4 ton de estiércol
T3: a1b3	Con riego – 8 ton de estiércol
T4: a1b4	Con riego – 12 ton de estiércol
T5: a2b1	Sin riego – 0 ton de estiércol
T6: a2b2	Sin riego – 4 ton de estiércol
T7: a2b3	Sin riego – 8 ton de estiércol
T8: a2b4	Sin riego – 12 ton de estiércol

5.2.6 Dimensiones y Croquis del experimento

Se observa la distribución al azar de los tratamientos dentro de los tres bloques presentes en el experimento en la figura 3:

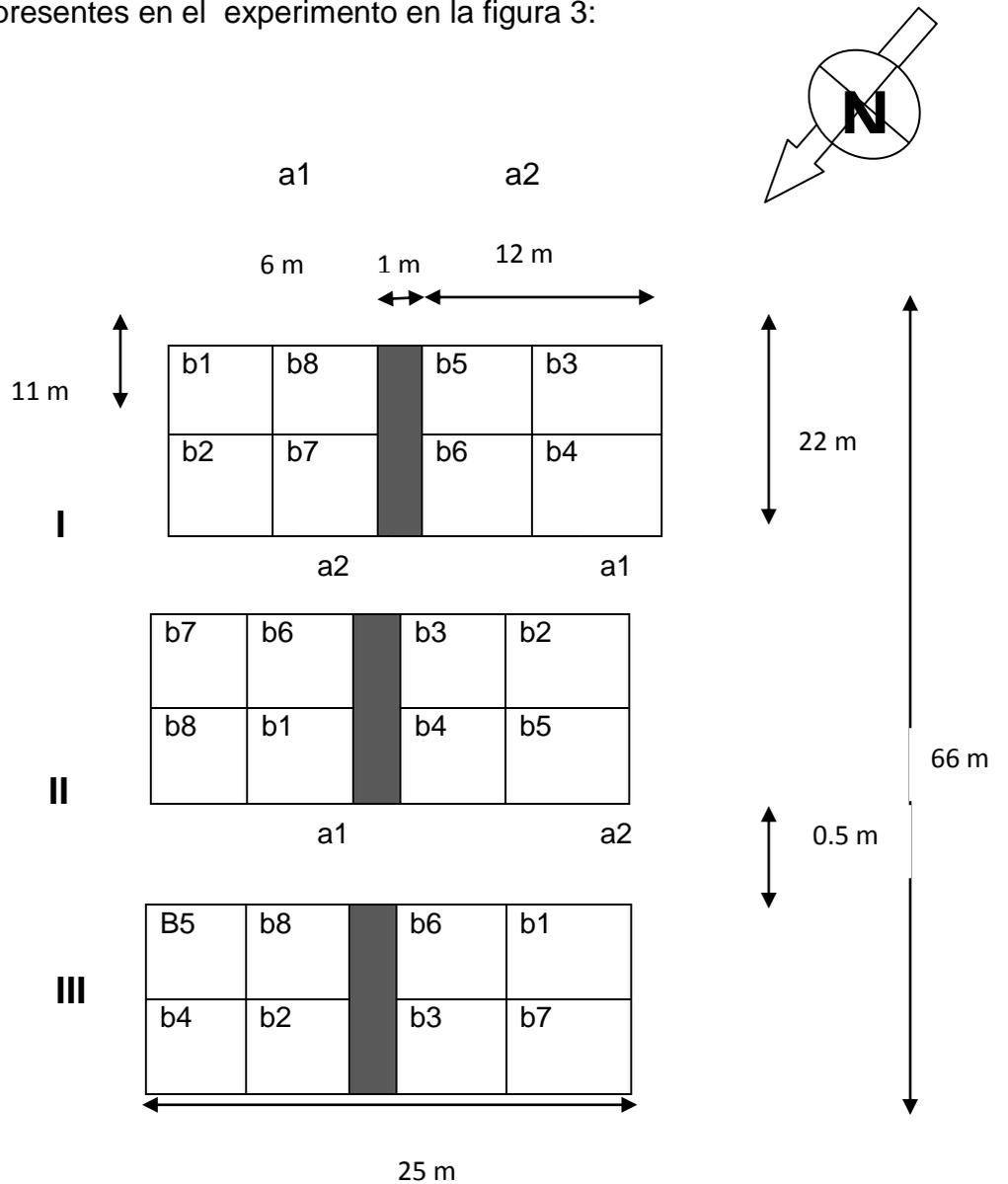


Figura 2. Croquis de la parcela experimental

Área total	: 1650 m ²	Largo de unidad experimental	: 11 m
Ancho pasillo principal	: 1	Numero de tratamientos	: 8
Área de bloque	: 550 m ²	Número de repeticiones	: 4
Ancho pasillos secundarios	: 0.5 m	Numero unidades experimental:	24 UE
Área de unidad experimental:	66 m ²	Ancho de unidad experimental	: 6 m
Distancia entre surcos	: 1 m	Distancia entre plantas	: 1 m

5.2 Trabajo de campo

5.3.1 Muestreo de suelo

Se recolecto muestras de suelo por el método de zigzag en cuatro lugares del área de estudio, por bloque; posteriormente se hizo una mezcla de las doce muestras para realizar el cuarteo, obteniendo de esta manera muestras de suelo, con un peso de 500 gramos cada una, en fecha 28 de agosto de 2008. Las muestras de suelo se evaluaron en laboratorio para diferentes propósitos:

- **Textura**, utilizando el barreno muestreador (Figura 3), el muestreo se realizo en toda la parcela a diferentes profundidades, las muestras se pusieron en bolsas con su respectiva identificación.
- **Densidad Aparente**, se utilizaron cilindros de volumen conocido (Figura 4), donde el muestreo de suelo, se realizo a diferentes profundidades.
- **Humedad Gravimétrica**, también se utilizo el barreno muestreador (Figura 3), este muestreo se realizo en toda la parcela y a tres profundidades (10, 20 y 30 cm), con una frecuencia de 15 días, a partir del 15 de octubre del año 2008 hasta el 15 de mayo de 2009.
- **Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP)**, el muestreo de suelo se efectuó con la ayuda de cilindros de volumen conocido (Figura 5), en toda la parcela.



Figura 3. Barreno muestreador

Figura 4. Ollas de presión de Richards.

Figura 5. Cilindros para Dap

- **Nitrógeno total**, el muestreo de suelos para la determinación del nitrógeno en la parcela, se efectuó en dos épocas, antes de la siembra (septiembre) y después de la cosecha (mayo) este muestreo se realizó a tres profundidades (10, 20 y 30 cm) con la ayuda del barreno muestreador.

5.3.2 Preparación del terreno

Por un acuerdo realizado entre el proyecto “Quinagua” y la comunidad se nos facilitó una parcela donde no se hizo un roturado ya que el suelo había sido utilizado un año antes, con cultivo de quinua. Se procedió a delimitar el terreno en general para diferenciarlo por bloques y tratamientos, en fecha 31 de agosto de 2008.

5.3.3 Fertilización

Se utilizó como abono orgánico el estiércol de llama conocido como “guano”, por la disposición en la zona; con niveles de 0 ton/ha (testigo); 4 ton/ha; 8 ton/ha y 12 ton/ha (calculando los niveles aplicados en función al requerimiento del cultivo y los análisis de suelo y estiércol, ver Anexo 4). Se aplicó una sola vez, tres semanas antes a la siembra, comúnmente como se aplica en la zona, removiendo con picota a una profundidad de 20 cm para uniformizar la mezcla del suelo - abono y con una humedad del estiércol de 25 %.

5.3.4 Siembra

Se llevó a cabo en el 24 de septiembre de 2008, utilizando la sembradora denominada “Satiri 1”, se caracteriza por la siembra en surcos de 1 metro entre surcos e intra surcos de 0.9 m y de 40 a 50 semillas por golpe, con una densidad de 8 kg. /ha., teniendo por lo tanto 11 surcos y 66 plantas por unidad experimental.

5.3.5 Riego

Se aplicó riego suplementario en las fases más críticas del cultivo: fase de pre-floración y grano lechoso, la aplicación del riego fue manual con la ayuda de una cisterna y manguera. La lámina aplicada fue de 55 y 60 mm respectivamente para cada fase, con una frecuencia de riego cada 3 días durante 10 días y un tiempo de riego de 10 segundos por planta con un caudal de 1.8 lt/s. Para un mayor aprovechamiento del riego se realizó unos camellones en los surcos.

Para cubrir la demanda de agua del cultivo se realizó un balance hídrico, para la evapotranspiración de referencia (ET_o), se utilizó los valores históricos de Evapotranspiración de referencia, (Geerts *et al.*, 2006), con datos de 40 años; Una vez obtenida la ET_o, se procedió a calcular la evapotranspiración del cultivo (ET_c) con la siguiente formula (Allen *et al.*, 2006):

$$ET_c = ET_o * K_c \quad \text{Ecuación. 2}$$

Donde: ET_c = Evapotranspiración del cultivo de quinua (mm/día)

ET_o = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

K_c = Coeficiente del cultivo de quinua

En las diferentes fases fenológicas, se tienen diferentes coeficientes de cultivo propuestos por Choquecallata, (1993) para el cultivo de la quinua (Cuadro 10).

Cuadro 10. Coeficiente de cultivo (K_c) para las diferentes fases fenológicas

Fase fenológica	Coeficiente del cultivo
5 hojas alternas	0,54
13 hojas alternas	0,63
Floración	1,08
Grano lechoso	1,14
Grano pastoso	0,78
Madurez fisiológica	0,54

Fuente: Choquecallata (1990)

Para de riego deficitario se realizó dos aplicaciones a cuatro de ocho tratamientos, se aplico el primer riego deficitario en la fase de prefloración y el segundo riego deficitario en la fase de grano lechoso, presentamos (Cuadro 11), el balance hídrico y la programación de riego por tratamiento y en surcos, calculado para la gestión agrícola 2006/2007:

Cuadro 11. Balance hídrico y programación de riego calculado para la gestión 2008/2009 expresado en mm.

Mes	ETo	Kc	Fase	ETc	Consumo mes (*)	Precipitación	Déficit	Cantidad (lt/hoyo)	Fechas de aplicación
Enero	5.14	1.0	Floración	5.14	102.8	37.8	65	55**	17,20 y 23/01/2009
Marzo	6.1	1.14	Grano lechoso	6.9	138	44.3	93.7	60**	09, 13 y 16/03/2009
Total					240.8	82.1	158.7	125	

Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo.

(*) Días de duración de la fase

(**) Cantidades de riego aplicados en las fases de prefloración y grano lechoso respectivamente.

5.3.6 Labores culturales y control fitosanitario

No se presentaron problemas con las malezas, durante el desarrollo del ensayo no se realizó el deshierbe, debido a las condiciones áridas del lugar no existían muchas malezas.

En el caso de control fitosanitario no se detectó la presencia de enfermedades en el cultivo de Quinoa durante el seguimiento del experimento, pero si se tuvo una fuerte presencia de plagas como: Kcona kcona (*Eurysacca melanocampta*) y Ticona (*Feltia experta*), por lo que se fumigó la parcela con "Succes", insecticida natural etiqueta verde, con una dosis de 5 ml por cada 20 lt de agua. Aplicando un volumen total de 60 litros en toda la parcela. Esta aplicación se hizo en dos ocasiones; una en la fase de trece hojas (50 días después de la siembra) y la otra en grano lechoso (140 días después de la siembra), debido al aumento de larvas de polilla en la panoja, pudiendo causando una baja en el rendimiento.

5.3.7 Cosecha, trilla y venteo

A medida que cada tratamiento iba llegando a su madurez fisiológica en su totalidad, se realizó la cosecha en forma manual y gradual con hoz las 240 plantas marbeteadas, dejándolas expuestas al sol con el fin de reducir su humedad por desecamiento por la radiación solar por dos a tres semanas.

También para el dato de rendimiento se cosecharon 4 metros lineales de los surcos centrales esta con 3 repeticiones por unidad experimental.

Las actividades de trilla y venteo también se las realizaron en forma manual , separando el grano obtenido por cada tratamiento en su totalidad en diferentes bolsas para su posterior pesaje y registro.

5.4 Variables de respuesta

5.4.1 Variables agronómicas

5.4.1.1 Porcentaje de germinación

Se realizó tres repeticiones en placas petri para determinar el porcentaje de germinación en laboratorio, colocando 100 semillas en placas con papel filtro humedecido; por otra parte también se hicieron repeticiones de germinación en campo, sembrando también 100 semillas por metro lineal.

5.4.1.2 Altura de planta

Se registró cada dos semanas en centímetros (cm), desde el cuello de la planta hasta el ápice de la panoja. La medición de la altura de planta se realizó desde los noventa días después de la siembra: tomando 10 plantas representativas por cada unidad experimental.

5.4.1.3 Diámetro de panoja

Se evaluó el diámetro de panoja con la ayuda de un calibrador vernier, en la parte media de la panoja durante la fase de floración, grano lechoso y

madurez fisiológica; la frecuencia de medición fue de cada dos semanas.

5.4.1.4 Longitud de panoja

Se registró en centímetros (cm), desde la base hasta el ápice de la panoja principal, cuando esta ya se diferenciaba notoriamente, la frecuencia de medición fue cada dos semanas a partir de la diferenciación.

5.4.1.5 Peso de 1000 granos

Este parámetro se registró en gramos (g) con el peso de 1000 granos de Quinoa después de la cosecha y venteo con 3 repeticiones por cada unidad experimental.

5.4.1.6 Rendimiento

En fecha 25 de mayo de 2009 se procedió a obtener el rendimiento final de grano luego de la cosecha y pos cosecha por unidad experimental. Se procedió a trillar las 240 plantas marbeteadas y plantas de los 4 metros lineales con 3 repeticiones por unidad experimental para obtener el rendimiento promedio en kg/ha en grano limpio.

5.4.1.7 Índice de cosecha

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

$$\text{índice de cosecha} = \frac{\text{peso de grano limpio}}{\text{peso seco de la biomasa aérea}} \quad \text{Ecuación. 3}$$

5.5.2 Variables Edáficas

5.5.2.1 Velocidad de Infiltración

Se realizo dos pruebas en la parcela para efectos de repetición, para la Velocidad de Infiltración Básica del suelo, con la ayuda de los cilindros infiltrómetros (Anexo 11). El método consiste en elegir un lugar representativo para cada par de cilindros, en el que no exista ninguna alteración física del suelo. Se golpeo el cilindro grande y pequeño en el lugar determinado haciendo penetrar 15 a 20 cm.

Finalmente se hizo el aporte de agua en los cilindros en una misma altura de lámina, se midió el nivel de agua y se realizaron mediciones periódicas; que se registraron y mediante ellos se obtuvo la evolución de la velocidad de infiltración básica.



Figura 6. Determinación de la velocidad de infiltración básica por el método del doble anillo

Según Kostiakov (1932) citado por Gurovich, 1999 la velocidad de infiltración básica se define como la relación que existe en un momento dado entre la lámina o altura de agua infiltrada y el tiempo empleado. Se expresa comúnmente en (cm/hrs), la velocidad de infiltración comienza generalmente con un valor relativamente alto y decrece con el tiempo.

Cuadro 12. Clasificación de la velocidad de infiltración

Clasificación	Velocidad de Infiltración (cm/hr)
Muy lenta	Menor a 0.10
Lenta	0.10 – 0.50
Moderadamente lenta	0.50 – 2
Moderada	2 – 6
Moderadamente rápida	6 – 12
Rápida	12 – 25
Muy rápida	Mayores a 25

Fuente: Chilón (1997).

5.5.2.2 Eficiencia de uso de agua (EUA) en grano

La eficiencia de uso de agua (EUA) expresa el peso de granos producido por unidad de agua usada. Fue calculada como la relación de peso de grano sobre la masa de agua aplicada como riego total del experimento por tratamiento. Este valor sirve para determinar cuánto de grano ha producido con la cantidad de agua total recibida, con la siguiente ecuación:

$$\text{EUAg} = \frac{\text{Peso de Grano}}{\text{Evapotranspiración actual del cultivo}} \quad \text{Ecuación 4}$$

5.5.2.3 Análisis del estiércol de llama

El análisis del estiércol de llama, que se utilizó para el abonamiento del terreno, se realizó en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN) el mismo análisis se presenta en el Anexo 13, tomando como parámetros los datos de nitrógeno, fósforo, potasio, carbono orgánico y materia seca.

5.5.2.4 Análisis de suelo

El análisis físico y químico del suelo, se realizó antes de la siembra tomando tres muestras de distintos lugares de la parcela a tres diferentes profundidades, las muestras se mezclaron y luego se hizo un cuarteo para el laboratorio, tomando los siguientes parámetros; nitrógeno, fósforo, potasio. El análisis se efectuó en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN), el resultado del análisis se muestra en el Anexo 13.

5.5.2.5 Análisis Nitrógeno Mineral

Se realizó un muestreo de suelo para el análisis de Nitrógeno mineral,

antes de la aplicación de la materia orgánica y después de la conclusión del trabajo de campo se hizo otro muestreo para comparar el nitrógeno presente en el suelo por la aplicación del estiércol. El análisis se efectuó en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN), el análisis se realizó por el método de Kjendal, los resultados del análisis se muestra en el Anexo 14.

5.5.2.6 Contenido de agua en el suelo

La medición de la humedad del suelo se hizo con el Barreno muestreador, los muestreos de suelo se realizaron cada 2 semanas, (02/08/08 y las fechas 15, 30 de los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre de 2008 y enero, febrero, marzo, abril, mayo de 2009), en la cual se tomo las muestras a tres profundidades; 10, 20 y 30 cm., las muestras se embolsaron y luego se llevaron a laboratorio donde se colocó a la mufla por 24 horas a una temperatura de 105° C, para luego determinar el contenido de agua presente en el suelo. El contenido de agua en el suelo se determinó por el método gravimétrico con la siguiente ecuación:

$$Hg = \frac{mss}{ms} \times 100 \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

Hg = Humedad gravimétrica

mss = masa de suelo seco

ms = masa de suelo

El contenido de humedad expresado en volumen (%) a partir de θ masa (%) o humedad gravimétrica, (Ecuación 6).

$$\phi \text{ Vol (\%)} = \phi \text{ masa (\%)} * Dap \quad \text{Ecuación. 6}$$

Donde:

Da = Densidad aparente del suelo (g/cm³)

ϕ masa (%) = Contenido de humedad expresado en masa (%) (Humedad

gravimétrica)

$\phi \text{ Vol (\%)} = \text{Contenido de humedad expresado en volumen (\%)}$

5.5.3 Variables económicas

En este trabajo se consideró la rentabilidad de la variedad. Esta evaluación se realizó siguiendo el método de costos marginales para la estimación de estos costos comparativos, metodología utilizada en la evaluación económica en los campos de agricultura (Perrin *et al.*, 1988), por lo que se tiene el siguiente desglose económico:

5.5.3.1 Costos que varían

Los costos que varían son aquellos que varían en la producción agrícola, se incluye los insumos, la mano de obra requerida, riegos aplicados, etc.

5.5.3.2 Beneficio Bruto

El ingreso bruto es el resultado del rendimiento del cultivo de quinua por el precio del mismo en el mercado, por unidad de superficie.

$$BB = R * P \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde: BB = Ingreso Bruto

R = Rendimiento (kg/ha)

P = Precio en el mercado (Bs.)

5.5.3.3 Beneficio Neto

El ingreso es el resultado del ingreso bruto menos los costos de producción:

$$BN = BB - CP \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde: BN = Beneficio Neto

CP = Costos de producción

5.5.3.4 Relación Beneficio/ Costo

Beneficio/costo es una relación de los ingresos brutos sobre los costos de producción, el cual indica la rentabilidad de una actividad.

$$B/C = BB / CP$$

Ecuación 9

Donde: B/C = Relación Beneficio Costo

BB = Ingreso Bruto

CP = Costos de producción

La relación Beneficio/Costo (B/C) se determina de la siguiente manera:

La relación $B/C > 1$: Los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción por lo tanto el cultivo con cierto sistema de producción es rentable, el agricultor tiene ingresos.

La relación $B/C = 1$: Los ingresos económicos son iguales a los costos de producción, el cultivo con cierto sistema de producción no es rentable, solo cubre los gastos de producción, el agricultor no gana ni pierde.

La relación $B/C < 1$: No existe beneficios económicos, por lo tanto el cultivo con cierto sistema de producción no es rentable, el agricultor pierde.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 Comportamiento climático y edáfico de los de la comunidad de Irpani Gestión 2008/2009

El registro de datos meteorológicos se hizo con una estación meteorológica automática, obteniendo datos como precipitación, temperaturas máximas y mínimas, etc.

6.1.1 Precipitación

En la Figura 7, se muestra las precipitaciones mensuales registradas en la comunidad de Irpani del Municipio Salinas de Garci Mendoza durante tres gestiones (2008-2009), (2007-2008) y (1994-1997). Donde la precipitación anual para la gestión 2008-2009 fue de 254 mm, teniendo mayor cantidad de lluvia entre los meses de Diciembre con 80.1 mm, Febrero con 89.5 mm y Marzo con 44.3 mm; siendo 89.5 mm el máximo valor en el mes de Febrero, como se muestra:

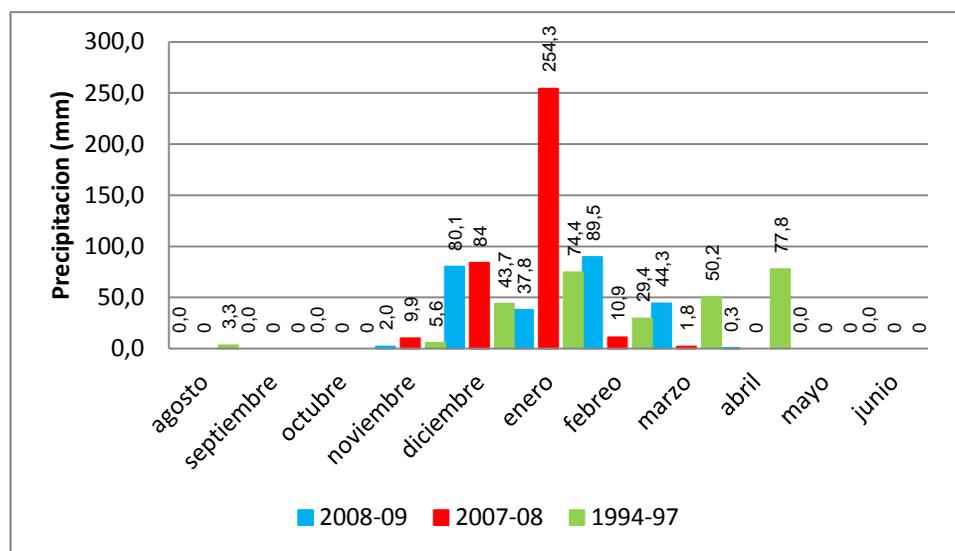


Figura 7. Precipitaciones mensuales en la comunidad de Irpani durante la gestión 2008-2009, 2007-2008 y 1994-1997.

La precipitación pluvial se concentró entre los meses de Diciembre a Marzo esta situación se atribuye a las características climáticas propias del Altiplano Sur.

Asimismo la precipitación anual en la gestión 1994-1997 se reporto 216.9 mm/año, sin embargo, la distribución en la gestión 2007/2008 fue de 285.2 mm/año superior a las dos precipitaciones registradas anteriormente.

Mújica, et al. (2004) menciona que a la quinua se le encuentra creciendo y dando producciones aceptables con precipitaciones mínimas de 200-250 mm anuales, como es el caso del altiplano sur boliviano.

Para Jacobsen y Mujica (1999), la plasticidad es el desarrollo de una planta con ritmos variables de crecimiento, por ejemplo, la quinua crece cuando hay humedad y detiene su crecimiento cuando se presenta una sequía. Por lo que en quinua la tolerancia a la sequía se debe a la plasticidad.

6.1.2 Temperatura

Durante la duración del trabajo de campo se registraron temperaturas máximas y mínimas mensuales (Figura 8).

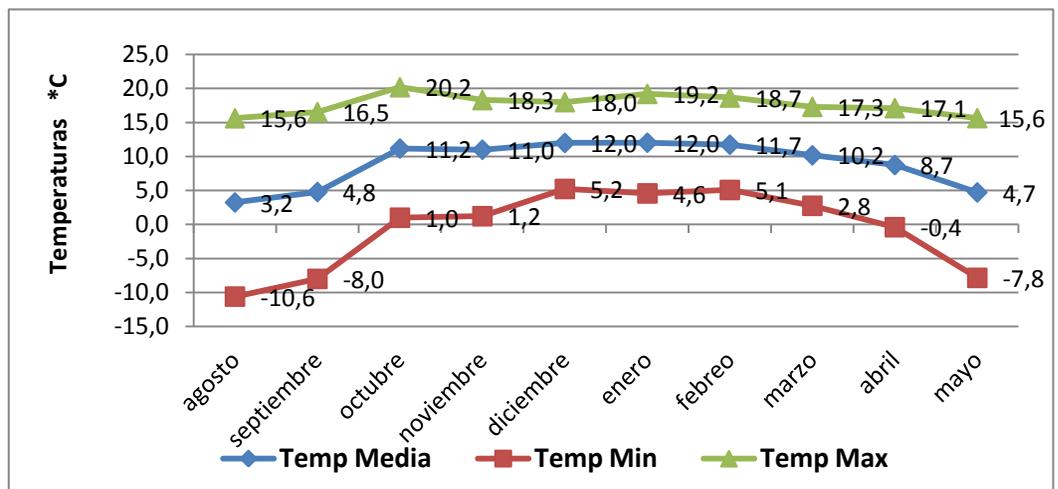


Figura 8. Temperaturas Máximas, medias y mínimas registradas en la comunidad de Irpani durante la gestión 2008/2009

Se observa, los máximos valores de temperatura ocurrieron durante los meses de Octubre, Enero y Febrero llegando a los 20 °C. En cambio se presentaron heladas por debajo de 0 °C en el mes de Mayo a Agosto. Sin embargo, durante el periodo de crecimiento y desarrollo del cultivo, no se presentaron heladas de consideración que perjudicaran el desarrollo del cultivo, tal vez esto se deba a la topografía del terreno, que corresponde a ladera.

La quinua en estas condiciones de variación de temperaturas está expuesta a varios factores adversos, como ser la etapa de emergencia y cotiledonar en los meses de octubre y noviembre fueron quemadas por la alta radiación solar y la falta de precipitación causó estrés en la planta.

La quinua soporta radiaciones extremas de las zonas altas de los andes, sin embargo estas altas radiaciones permiten compensar las horas calor necesarias para cumplir con su periodo vegetativo y productivo, (García, 1991).

Como se puede observar en la Figura 8, las temperaturas no llegaron a los extremos se mantuvieron en un rango que la quinua puede soportar (8 a 20 °C) pero en las primeros estadios de la quinua, en la etapa de cotiledones y dos hojas verdaderas las temperaturas alcanzaron 20 a 22 °C ocasionando que algunas plántulas se quemaran.

6.2 Características del suelo

6.2.1 Propiedades físicas del suelo

El Cuadro 13, muestra el análisis físico de los diferentes perfiles del suelo en el área de estudio, en una etapa inicial. El análisis de textura de las muestras en laboratorio se hizo mediante el método del hidrómetro de Boyucus basado en la ley de Stokes.

Cuadro 13. Análisis de textura del suelo de la parcela experimental
Comunidad Irpani

Muestra	Prof. (cm)	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Clase textural	Dap (g/cm ³)
1	10	74.8	20.0	5.2	franco-arenoso	1.47
2	20	70.8	21.0	8.2	franco-arcillo-arenoso	1.44
3	30	73.6	20.0	6.4	franco-arcillo-arenoso	1.44

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en el análisis físico del suelo

De acuerdo a la clasificación de suelos del departamento de agricultura de los Estados Unidos (1972) y el triangulo textural; el suelo de la parcela experimental presenta una textura franco arenosa en el primer perfil y franco-arcillo-arenoso en los dos últimos.

Lo que significa según Chilón (1997), que tiene una permeabilidad y almacenamiento moderada de agua, también a la clase textural la fertilidad del suelo es bajo.

6.2.2 Propiedades químicas del suelo

A continuación se muestra un resumen de los resultados del análisis químico del suelo.

Cuadro 14. Análisis químico del suelo en la parcela experimental

N (%)	Amonio (%)	Nitrato (%)	Materia Orgánica (%)	CIC meq/100gS°	pH	CE (mS/cm)
0.030	0.003	0.022	0.074	1.2	6.10	0.1615

Fuente: Análisis realizado por el Instituto Boliviano de Ciencia Y Tecnología Nuclear (IBTEN)

El cuadro 14 muestra los resultados del análisis químico del suelo, se observa que la capa arable de la parcela experimental presento pH ligeramente ácido de 6.10 valor que se encuentra dentro del rango óptimo de 5.5 a 9 recomendado por Mújica, et al. (1997).

Presenta una conductividad eléctrica baja de 0.16 mS/cm, valor que indica que no hay problemas de sales que puedan causar daño al cultivo (Fundación AUTAPO, 2008).

Con una capacidad de intercambio catiónico baja de 1.2 meq/100 g de suelo, debido a la clase textural por que la arena tiene menor capacidad de retención e intercambio de cationes, también menor retención de agua;

El análisis químico del suelo según Chilón (1997), muestra un contenido bajo de nitrógeno de 0.030 %; este valor es bajo a efecto de la sobreexplotación de los suelos debido al monocultivo y a consecuencia del descanso no prolongado debido al aumento de superficie del cultivo por el precio en el mercado y a la vez se tiene un bajo contenido de materia orgánica con un valor de 0.074 % (Fundación AUTAPO, 2008).

Huanca (2007), encontró un contenido bajo de nitrógeno de 0.03 % y a la vez un bajo contenido de materia orgánica de 0.78 %. Considerando estos parámetros de nitrógeno y materia orgánica el suelo si apto para el cultivo de quinua, pero la falta de nutrientes en el suelo se demuestra en el rendimiento bajo del cultivo y una de las limitantes es la falta de mano de obra para la aplicación de materia orgánica en el suelo.

Para Fassbender (1986), el contenido de nitrógeno total en los suelos presenta un amplio rango, pero es común el comprendido entre 0.2 y 0.7 %, para la capa arable. El porcentaje tiende a disminuir al aumentar la profundidad del perfil. La textura es determinante en el contenido de nitrógeno. El nitrógeno orgánico representa comúnmente entre el 85 a 95 % del nitrógeno total del suelo, buena parte de su naturaleza es desconocida, las formas inorgánicas por lo general constituyen solo el 2 % del nitrógeno total del suelo.

6.2.3 Abonamiento orgánico con estiércol de llama

Cuadro 15. Análisis químico del estiércol de llama (guano) en % de materia seca

	N Total (%)	Fósforo (%) P₂O₅	Potasio (%) K₂O	Calcio (%) CaO	Carbono org %	Sodio %	pH
Muestra de Abono	1.36	0.024	2.73	5.43	10.09	0.23	6.58

Fuente: Análisis realizado por el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN)

En el Cuadro 15, se observa que el estiércol de llama presento un pH ligeramente ácido de 6.58. Por otro lado se aprecia que el estiércol tiene presencia muy baja de nitrógeno total de 1.36 % según Fundación AUTAPO

(2008) y con un contenido de fósforo de 0.024% y presencia de potasio de 2.73 %, con contenido de 5.43 % de calcio, 2.33 % de magnesio.

En el cuadro 16, se muestra el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio presente con la aplicación de los niveles de abono al suelo (Anexo 2).

Cuadro 26. Aporte de elementos nutritivos (E.N.) con la aplicación de los niveles de estiércol de llama aplicado en el suelo.

Elemento nutritivo (kg/ha)	Nivel de estiércol de llama			
	0 t/ha	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha
Nitrógeno Total *	0	40.5	81	121.5
Fosforo (P₂O₅) **	0	0.96	1.92	2.88
Potasio (K₂O) ***	0	109.2	218.4	327.6

Fuente: Elaboración propia en base al análisis de estiércol

* Datos estimados según análisis del estiércol, solo el 1 % es disponible para las plantas. Para un nivel de 4 ton/ha se tiene 40.5 kg/ha del cual solo 0.405 kg/ha de nitrógeno es disponible. (Fundación AUTAPO, 2008). Estos datos se deben a las condiciones climáticas adversa del lugar.

** En el caso del fosforo este ya se encuentra en términos asimilables. Entonces para un nivel de 4 ton /ha se tiene 0.96 kg/ha de fosforo disponible. (Fundación AUTAPO, 2008)

*** Para el Potasio, se considera que un 50% del total es disponible para la mayoría de los cultivos. Entonces para un nivel de 4 ton /ha se tiene 109.2 kg/ha del cual solo 54.6 kg/ha de fosforo es disponible. (Fundación AUTAPO, 2008)

En el Cuadro 16, se observa que al aplicar diferentes niveles de estiércol de llama, se incorporó al suelo 40.5, 81 y 121.5 kg/ha de nitrógeno total. Del total aplicado solo una fracción es disponible para las plantas, en nitrógeno solo 1% del total ya que el proceso de mineralización, en estas condiciones no está determinado, pero es muy lento debido a las condiciones climáticas (sequias, bajas precipitaciones y poca vegetación) y al corto periodo del ciclo de la quinua que es de seis meses aproximadamente (Fundación AUTAPO, 2008).

Por otro lado de acuerdo al análisis químico, y realizando los cálculos respectivos (Anexo 3), el suelo de la parcela experimental, presenta el siguiente contenido de nutrientes de: **2.2 - 29.03 - 188.74 N - P₂O₅ - K₂O** respectivamente.

Mújica (1997), indica que en zonas áridas la cantidad de materia orgánica es extremadamente escasa y los suelos son arenosos, la cantidad de nutrientes también son escasos, salvo algunas excepciones. Sin embargo, en general se recomienda una formula de fertilización de 240-200-80, equivalente a: 523

kg/ha de urea del 46%, 435 kg/ha de superfosfato triple de calcio del 46% y 134 kg/ha de cloruro de potasio del 60%, y aplicación de estiércol, compost, humus o materia orgánica en las cantidades disponibles en la finca.

MACA, IBTA (1988) indican que la quinua responde favorablemente a la fertilización nitrogenada, recomendándose una dosis de 60 a 80 kilos de nitrógeno disponible por hectárea.

6.2.4 Calidad de agua

El agua utilizada para el riego deficitario presenta las siguientes características (Anexo 15):

Cuadro 3. Análisis químico de agua de la comunidad de Irpani.

	pH	C.E. (mmhos/cm)	Sodio (mg/l)	Potasio (mg/l)	Calcio (mg/l)	Magnesio (mg/l)	Clasificación del agua
Muestra de agua	7.94	0.7	47.0	4.28	58.3	11.85	C1 S2

Fuente: Análisis realizado por el Instituto Boliviano de Ciencia Y Tecnología Nuclear (IBTEN)

El análisis físico-químico del agua utilizada para riego, contiene los siguientes elementos: Ca con un valor de 58.3 mg/l, el Mg con un valor de 11.85 mg/l, finalmente con un contenido de 47.0 mg/l de Na, lo que equivale a valores moderados según USDA (1970), dando como resultado un valor de R.A.S. de 0.7 que se clasifica como S2 de media sodicidad y el agua media en sodio puede utilizarse en suelos de textura gruesa, pero en suelos de textura fina, el sodio representa un peligro considerable mas si aun si dichos suelos poseen una alta capacidad de intercambio catiónico y finalmente una C.E de 0.7 mmhos/cm, es considerada como C1 de baja C.E. según el (USDA 1975). De acuerdo a los resultados y a la clasificación del USDA el agua utilizada para el riego de la quinua no tiene peligro de salinización, así también se puede utilizar para el riego de otros cultivos.

Según Pizarro (1990), el agua es de baja salinidad (C1); puede utilizarse siempre y cuando haya un grado de lavado; esta práctica es sumamente difícil de realizar debido a la escasez de este recurso, se pueden producir plantas moderadamente tolerantes a las sales, por ejemplo la quinua.

Variables Agronómicas

6.3.1 Porcentaje de Germinación

El porcentaje de Germinación se determinó en dos condiciones, en laboratorio y en campo, (Cuadro 18):

Cuadro 18. Promedios de porcentaje de germinación en placas petri y campo

Repetición	% Germinación en laboratorio	% Germinación en campo
1	96	77
2	94	83
3	95	87
Promedio	95	82

Como se observa en los valores presentados, se tiene una gran diferencia entre las semillas colocadas en placas petri 95 % y las sembradas en campo 82 %; esto se debe a que en las placas petri es posible proveer de humedad necesaria y proteger de la radiación, en cambio en la siembra en campo se realizó un riego antes de colocar la semilla, después fue afectado por la sequía.

6.3.2 Altura de planta

Se muestra el análisis de varianza para la altura de planta donde se analizó el efecto de los niveles de abonamiento y el riego deficitario.

Cuadro 19. Análisis de varianza para altura de planta (cm) del cultivo de quinua

Total	23
-------	----

C.V. = 7.35 %

ns = no significativo

* = significativo

El análisis de varianza para la variable altura de planta muestra que no existen diferencias significativas producidas por el riego en las fases de prefloración y grano lechoso. También podemos observar que no existen diferencias significativas entre los niveles de fertilización orgánica, lo que quiere decir que ni la fertilización orgánica ni el riego deficitario han influido en la altura de planta.

Del mismo modo se observa que no existen diferencias significativas en la interacción riego por nivel de fertilización, lo cual indica que la altura de

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal	Pr. > F
Bloques	2	255.46	127.73	0.39	0.7211 ns
Riego	1	174.42	174.42	0.53	0.5429 ns
Error "A"	2	660.33	330.16		
Nivel Fer. Orgánica	3	101.46	33.82	0.754	0.5423 ns
Interacción Riego * Nivel	3	66.65	22.22	0.49	0.6934 ns
Error "B"	12	540.10	45.01		

planta es un componente de rendimiento que expresa eficientemente el impacto de niveles incluso reducidos de aplicación de agua y de fertilizantes.

Asimismo el coeficiente de variación (CV) con un valor de 7.35 % indica que los datos son confiables, encontrándose en el rango permitido del 30 %

siendo el límite para experimentos de campo (Calzada, 1982).

6.3.2.1 Riego Deficitario

La Figura 9, confirma que no existen diferencias significativas en el riego; se puede observar que la aplicación de riego deficitario no produjo diferencia en altura de planta. Esto tal vez se deba a que durante la aplicación del segundo riego deficitario (fase de grano lechoso) se presentaron lluvias intensas en el mes de marzo de 203 mm, de modo que no se aprovechó el agua de riego si no se perdió por escurrimiento y percolación. En el caso de los tratamientos sin riego la precipitación fue favorable por lo que se almacenó agua en el suelo, aprovechándose en la fase de grano lechoso.

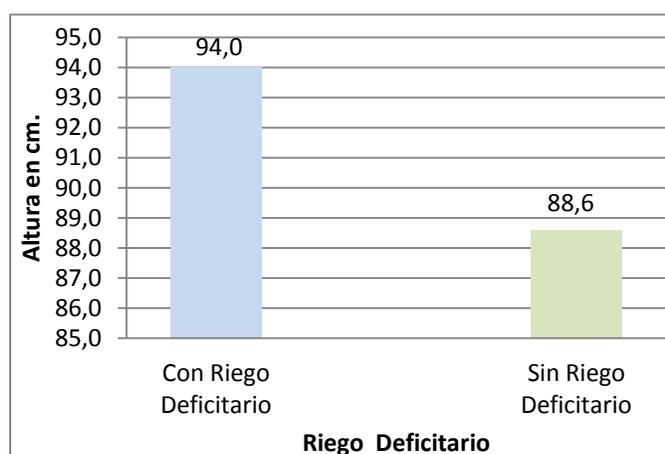


Figura 9. Promedios de altura de planta de los tratamientos T4 y T8 del cultivo de quinua con riego deficitario

Donde: T4: 12 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)

T8: 12 Ton/Ha de estiércol Sin Riego (SR)

Oweis. T. y Hachun, A. (2005), indican que la quinua es un cultivo tolerante a la sequía con un requerimiento de agua por ciclo de sólo 250 a 500 mm, también señalan que en 1987 en Colorado, encontraron que, con cantidades bajas de agua aplicada (menor a 200 mm.) provocaron una disminución de la altura de las plantas en un 50 por ciento.

Al respecto Gandarillas y Bonifacio (1992), indican que la altura de planta en la quinua es un carácter muy variable dependiendo de la disponibilidad de agua, donde es posible encontrar altas y pequeñas según las características variando estos de 0.70 a 1.40 metros de altura.

Por su parte Huiza (1994), indica que la sequía afecta a la altura de planta puesto que solo alcanza el 66% en tamaño al testigo, menciona también que la supresión del riego a partir del estado lechoso origina las más bajas tasas de crecimiento absoluto.

6.3.2.2 Niveles de Abonamiento

Para los niveles de abonamientos (Figura 10), se muestra que para un nivel de 0 ton/ha (T1 testigo) se tiene una altura inferior a las demás con 89.6 cm, esto tal vez por el poco contenido de materia orgánica por lo tanto menor acumulación de humedad en el suelo.

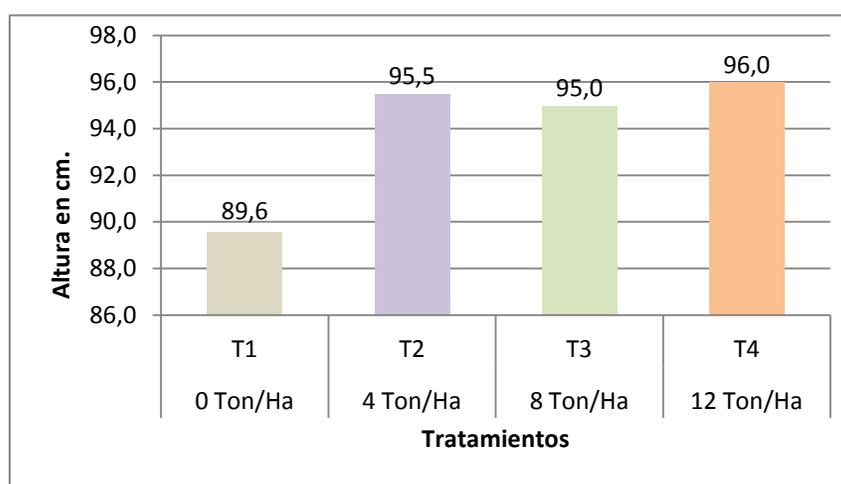


Figura 10. Promedios de altura de planta de Quinoa por niveles de abono con aplicación de riego deficitario

Donde: T1: 0 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)
T2: 4 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)
T3: 8 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)
T4: 12 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)

La Figura 10, también muestra la respuesta de la variable altura de planta a los niveles de abono orgánico, donde se observa que no existe diferencia en cuanto a altura, a excepción del T1 (testigo), el ANVA nos muestra que no existe diferencias significativas para la variable altura de planta por la aplicación de los niveles de abono, una de las posibles razones para que el abono no influya en la altura de la planta es el poco contenido de nitrógeno de 0.45 kg/ha considerando una mineralización de la materia orgánica lenta de 1 % según Chilón (1997), debido a las condiciones adversas de la zona de estudio, lo que dificultó una descomposición adecuada. Confirmándose la necesidad del nitrógeno en el cultivo de la quinoa y que la deficiencia de este elemento esencial influye en la reducción del crecimiento de la planta, según Tudela, (1999) y Rodríguez (1991).

Al respecto, Paz Y. (1997), menciona que el abono orgánico debe considerarse como una inversión a mediano y largo plazo, su incorporación se la debe hacer en otoño o en invierno, para que en primavera se

encuentren en estado avanzado de descomposición.

La curva de crecimiento de la planta, así como cualquiera de sus órganos y en general de todos los seres vivos, posee la típica forma de "S" o sigmoidea (Alcón, 2005).

En la Figura 11, se presenta la evolución del crecimiento para los ocho tratamientos.

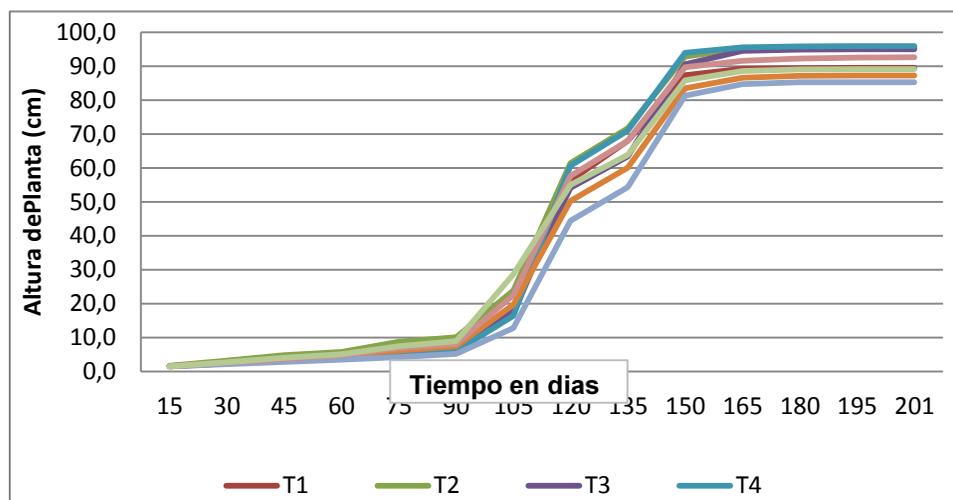


Figura 11. Curva de crecimiento Sigmoidea del cultivo de quinua para los ocho tratamientos durante el ciclo agrícola 2008-2009

En la Figura 11, se puede observar en los ocho tratamientos alturas similares con un desarrollo normal en todo el ciclo del cultivo, por otro lado los tratamientos sin riego (SR), (T5, T6, T7 y T8) presentaron bajas alturas en comparación con los tratamientos con riego CR (T1, T2, T3 y T4) con 56.7 cm, entonces podemos mencionar que la incorporación de materia orgánica tiene mayor efecto con el riego debido a una mejor asimilación de los nutrientes, Rodríguez, J (2005), menciona al respecto que la materia orgánica ingresa en el suelo con hormonas de los ácidos nucleicos que ayuda al desarrollo de las raíces, para una absorción mayor de nutrientes. También la aplicación de riego deficitario en etapas críticas favorece en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

6.3.3 Diámetro de panoja

Se muestra el análisis de varianza para el diámetro de panoja, para observar el efecto de los niveles de abonamiento y el riego deficitario en el cultivo de quinua. (Cuadro 20):

Cuadro 20. Análisis de varianza para diámetro de panoja (cm) del cultivo de quinua

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	Pr. > F
Bloques	2	24.64	12.32	0.05	0,9421 ns
Riego	1	177.67	177.65	0.89	0,4460 ns
Error "A"	2	401.26	200.63		
Nivel Fer. Orgánica	3	143.04	47.68	1.54	0,2540 ns
Interacción Riego * Nivel	3	26.26	8.75	0.28	0,8364 ns
Error "B"	12	370.65	30.89		
Total	23				

C.V. = 9.59 %

ns = no significativo

* = significativo

El análisis de varianza muestra que al igual que la altura de planta, no existen diferencias significativas de diámetro de panoja entre bloques, riego, niveles de abono e interacción de riego por abono. El coeficiente de variación de 9.59 % indica la confiabilidad de los datos obtenidos en campo.

6.3.3.1 Riego Deficitario

Se observa que no existen diferencias significativas estadísticamente en la aplicación de riego según la Figura 12. A pesar de no existir diferencia estadística, es remarcable que el mayor diámetro de panoja obtenido fue de 60.7 mm con riego, observando nuevamente que los tratamientos con riego alcanzaron mayores diámetros de panoja.

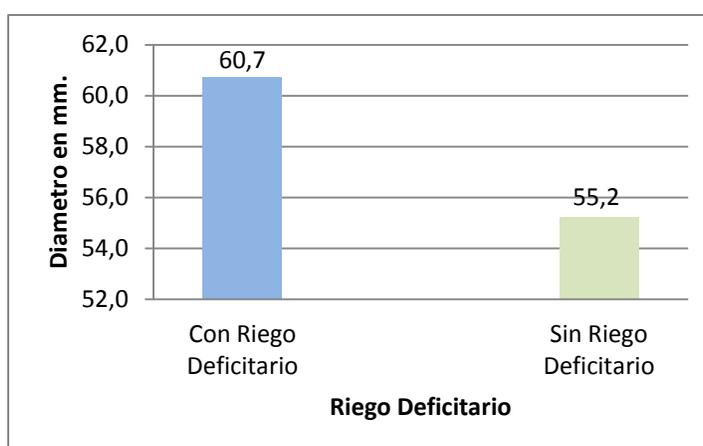


Figura 12. Promedios de diámetro de panoja de los tratamientos T4 y T8 del cultivo de quinua con aplicación de riego deficitario

Donde: T4: 12 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)

T8: 12 Ton/Ha de estiércol Sin Riego (SR)

Se observa que no existen diferencias significativas en la aplicación de riego según la Figura 12. A pesar de no existir diferencia estadística, es remarcable que el mayor diámetro de panoja obtenido fue de 60.7 mm con riego, observando nuevamente que los tratamientos con riego alcanzaron mayores diámetros de panoja.

Ramos (2000) que realizó experimentos de riego diferenciado por etapas fenológicas, encontró que los componentes de rendimiento altura de planta, longitud de panoja y diámetro de panoja, se comportan de manera similar en los tratamientos con riego en comparación al que estaba a secano, atribuyendo esto a la plasticidad de crecimiento fenotípica que posee esta especie.

Alegría (1998) indica que el crecimiento de la panoja está en función de las condiciones de humedad existente en el suelo.

Huiza, (1994) indica, que la mayor longitud de panoja se obtiene con el tratamiento que fue mantenido a capacidad de campo durante todo el ciclo biológico del cultivo.

6.3.3.2 Niveles de Abonamiento

Para los niveles de abonamiento aplicados en la variable diámetro de panoja, se muestra que con 12 ton/ha de abono alcanzo 62.8 mm de diámetro y que el menor diámetro se registro con 0 ton/ha de abono con un valor de 56.1 mm.

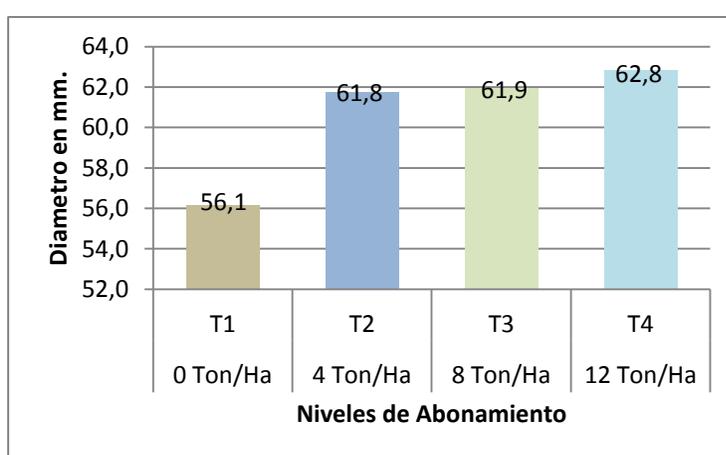


Figura 13. Promedios de diámetro de panoja de Quinoa por niveles de abono con aplicación de riego deficitario

Donde: T1: 0 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)

T2: 4 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)

T3: 8 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)

T4: 12 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)

En la Figura 13, también muestra los promedios de diámetro de panoja, con respecto a niveles de abonamiento teniendo 62.8 mm para un abonamiento de 12 t/ha, 61.9 mm para 8 t/ha, 61.8 para 4 t/ha y 56.1 para 0 t/ha; posiblemente los nutrientes presentes en el abono orgánico no fue asimilado por las plantas, probablemente por el estado de descomposición del abono y no se hizo un previo tratamiento por razones de tiempo.

Salas (2004), menciona que la incorporación de nitrógeno (80 kg/ha) influye notablemente en la variable de diámetro de panoja.

Al respecto Cahuaya (2001), hace notar que para la aplicación del estiércol, este previamente deberá descomponerse, humificarse y mineralizarse para posibilitar que los nutrientes que contienen sean liberados al suelo y asimilados por las raíces de la planta. Por lo tanto el aporte nutritivo de los abonos orgánicos durante el período de crecimiento del cultivo fue reducido, lo que limitó la multiplicación celular, la formación de tejidos y órganos nuevos, repercutiendo negativamente en la generación de mayores cantidades de biomasa aérea y por ende de materia seca.

6.3.4 Longitud de panoja

Se muestra el análisis de varianza para la longitud de panoja, para observar el efecto de los niveles de abonamiento y el riego deficitario en el cultivo de quinua. (Cuadro 21):

Cuadro 21. Análisis de varianza para longitud de panoja (cm) del cultivo de quinua

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	Pr. > F
Bloques	2	91.91	45.95	0.37	0.7289 ns
Riego	1	58.59	58.59	0.47	0.5622 ns
Error "A"	2	247.1	123.55		
Nivel Fer. Orgánica	3	33.86	11.29	0.68	0.5837 ns
Interacción Riego * Nivel	3	44.95	14.98	0.90	0.4713 ns
Error "B"	12	200.62	16.71		
Total	23				

C.V. = 11.79 %

ns = no significativo

* = significativo

El análisis de varianza indica que no se tiene diferencias significativas con respecto a riego, niveles de fertilización orgánica e interacción de riego * niveles. El coeficiente de variación de 11.79 % indica una confiabilidad en el manejo de los datos obtenidos en campo.

6.3.4.1 Riego Deficitario

El Cuadro 21, nos muestra que la longitud de panoja no se diferenció sustancialmente en su longitud a causa de la aplicación de riego deficitario, corroborando lo que mencionó Ramos (2000) que los componentes de rendimiento altura de planta, longitud de panoja y diámetro de panoja, se comportan de manera similar ya sea que tengan riego o no dispongan de ello, debido a la plasticidad de crecimiento fenotípica de la quinua.

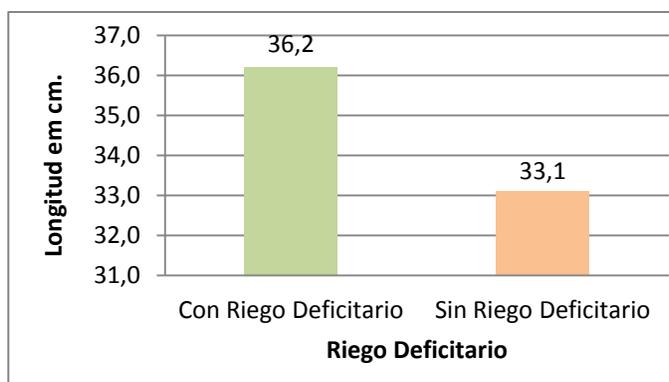


Figura 14. Promedios de longitud de panoja de los tratamientos T4 y T8 del cultivo de quinua con aplicación de riego deficitario

Donde: T4: 12 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)

T8: 12 Ton/Ha de estiércol Sin Riego (SR)

La Figura 14, nos muestra una longitud de panoja mayor con la aplicación de riego, pero estadísticamente no existen diferencias significativas en cuanto a esta variable.

Huiza, (1994) indica, que la mayor longitud de panoja se obtiene con el tratamiento que fue mantenido a capacidad de campo durante todo el ciclo biológico del cultivo.

Alegría (1998), indica que el crecimiento de panoja está en función de las condiciones de humedad que existen en el suelo.

Wong et al. (1983) citado por Ramos (1999), indica que las altas evapotranspiraciones del cultivo (ETc) afecta de forma negativa al crecimiento de la panoja.

La Figura 15, muestra resultados similares a los obtenidos en la Figura 14, siendo que aun que estadísticamente no es verificable, la aplicación de riego deficitario aparenta mostrar un mejor efecto sobre la longitud de panoja.

6.3.4.2 Niveles de Abonamiento

Con respecto a la aplicación de abono, para ninguno de los cuatro niveles se tiene diferencias significativas (Cuadro 21), mostrando valores estadísticamente similares

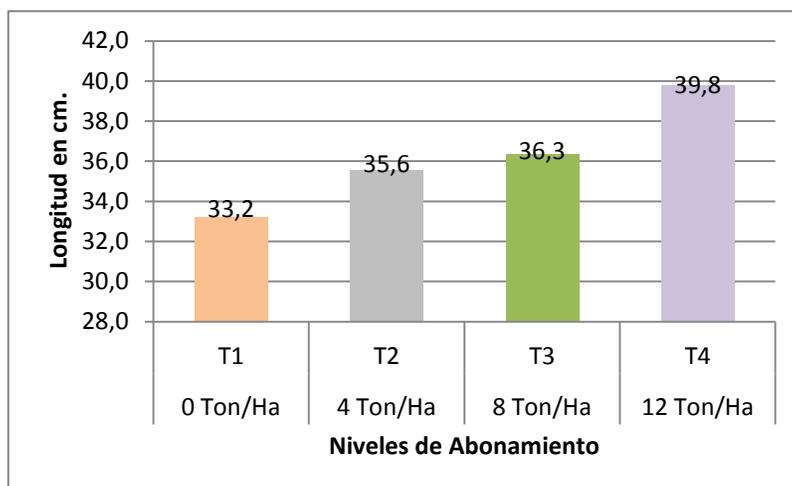


Figura 15. Promedios de longitud de panoja de quinua por niveles de abono con aplicación de riego deficitario

Donde: T1: 0 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)
T2: 4 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)
T3: 8 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)
T4: 12 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)

Los promedios de longitud de panoja con respecto a niveles de aplicación de abono se pueden observar en la Figura 15, demostrando que los resultados obtenidos estadísticamente son iguales, a excepción del tratamiento 1 (T1) que es diferente a los demás y que tiene una menor longitud a los demás con un valor de 33.2 cm.

PROINPA (2003), menciona que la longitud promedio de panoja en la variedad real blanca es de 27 cm.

6.3.5 Peso de 1000 granos

El análisis de varianza para la variable peso de 1000 granos de quinua, muestra que si se tiene efecto de los niveles de abonamiento y riego deficitario para el cultivo de quinua. (Cuadro 22):

Cuadro 22. Análisis de varianza para peso de 1000 granos (gr) de quinua

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	Pr. > F
Bloques	2	0.316	0.156	1.76	0.3622 ns
Riego	1	1.572	1.572	17.53	0,0526 **
Error "A"	2	0.179	0.089		
Nivel Fer. Orgánica	3	7.012	2.337	41.5	0,0001 **
Interacción Riego * Nivel	3	0.988	0.329	5.86	0,0105 **
Error "B"	12	0.675	0.056		
Total	23				

C.V. = 5.755 %

ns = no significativo

** = altamente significativo

El análisis de varianza indica que existe diferencias altamente significativas en el factor riego deficitario, en los niveles de fertilización orgánica e interacción de riego * niveles. El coeficiente de variación para el peso de 1000 granos de quinua es de 5.755 % indica la confiabilidad de los datos obtenidos en campo por encontrarse inferior al 30% siendo el límite de confiabilidad (Padrón, 1996).

6.3.5.1 Riego Deficitario

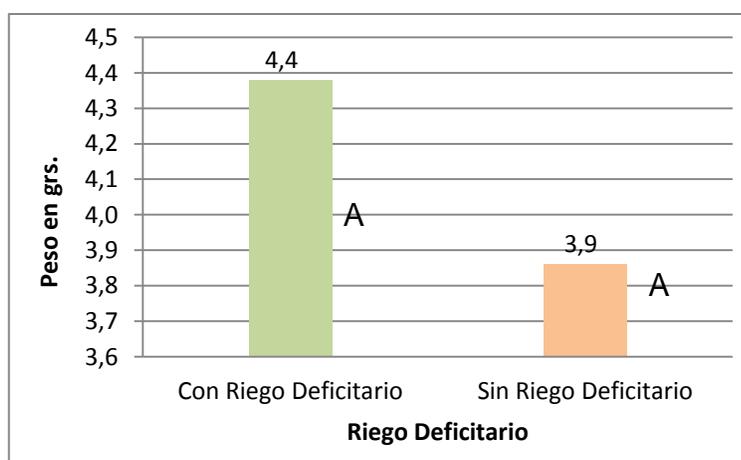


Figura 16. Promedios de peso de 1000 granos de quinua de los tratamientos del cultivo de quinua con aplicación de riego deficitario

Al respecto Mamani (2007), al experimentar con estrés hídrico en distintas etapas fenológicas, indica que el período de llenado de grano parece ser muy vulnerable e incide negativamente en la producción de biomasa y por ende en la producción de grano.

Por su parte Jacobsen *et al.* (1999), también mencionó que las fases susceptibles a la sequía para el rendimiento de grano son: la vegetativa, anthesis y llenado de grano.

Se puede decir entonces que al no disponer de agua en la etapa de llenado de grano, la planta no cuenta con suficiente cantidad de agua por lo que sufre estrés hídrico, afectando esto en la producción de biomasa y por ende en la calidad de grano, produciendo granos pequeños.

6.3.5.2 Niveles de Abonamiento

Existen diferencias altamente significativas entre el peso de 1000 granos de quinua y niveles de abono aplicados (Figura 17), lo cual sugiere aparentemente que el abono fue aprovechado en forma distinta por los tratamientos, siendo el resultado diferente.

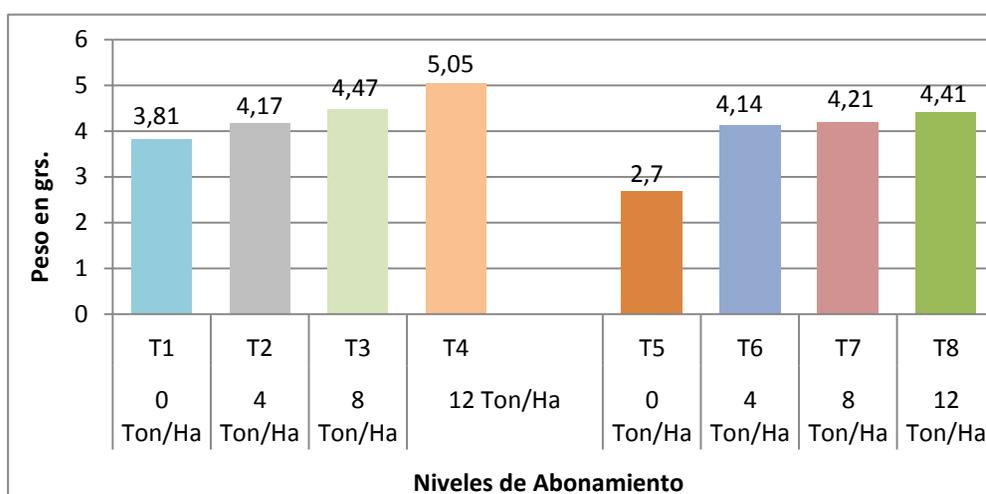


Figura 17. Promedios de peso de 1000 granos de quinua de Quinua por niveles de abono con la aplicación de riego deficitario de los ocho tratamientos

Donde: T1: 0 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)
 T2: 4 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)
 T3: 8 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)
 T4: 12 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)

La Figura 17, nos muestra diferencias significativas, entonces los niveles de abono aplicados en el presente trabajo pudieron influir de manera directa e indirectamente en el peso de grano tal vez al poder retener una cantidad mayor de agua y por tanto una mineralización de la materia orgánica.

Las diferencias identifican valores de 5.05 g que está en primer lugar con una aplicación de 12 t/ha; segundo lugar con 4.47 g para 8 t/ha de abono aplicado; 4.17 g para 4 t/ha y 3.81 g para 0 t/ha para los tratamientos que se aplicaron riego deficitario, entonces se puede decir que con ayuda de riego el abono si es aprovechable de manera significativa, además es recomendable aplicar riego si se va incorporar abono.

Tudela (1999) menciona que en cultivo de quinua, la fertilización nitrogenada en cualquier forma en cantidad, afecta al peso de 1000 granos.

6.3.6 Rendimiento

El análisis estadístico muestra que existen diferencias significativas entre bloques y riego, también en niveles de abonamiento, por lo que tanto los bloques (debido a la condición de pendiente transversal del terreno) y el riego han influido directamente en el rendimiento.

Cuadro 23. Análisis de varianza para rendimiento de grano (kg/ha) del cultivo de quinua

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	Pr. > F
Bloques	2	2405821.1	120260.5	34.8	0.0279**
Riego	1	229126.1	229126.1	66.3	0,0147**
Error "A"	2	6906.08	3453.041		
Nivel Fer. Orgánica	3	486963.46	162321.15	11.4	0,0008**
Interacción Riego * Nivel	3	30812.12	10270.71	0.72	0,557 ns
Error "B"	12	170708.2	14225.68		
Total	23				

C.V. = 12.41064 %

** = Altamente significativo

ns = no significativo

El coeficiente de variación para la variable rendimiento de quinua es de 12.41 % indica la confiabilidad de los datos obtenidos en campo por encontrarse inferior al 30% siendo el límite de confiabilidad (Padrón, 1996).

En la Figura 18, se muestra el promedio del rendimiento obtenido para los ocho tratamientos en función de niveles de abonamiento y aplicación de riego deficitario.

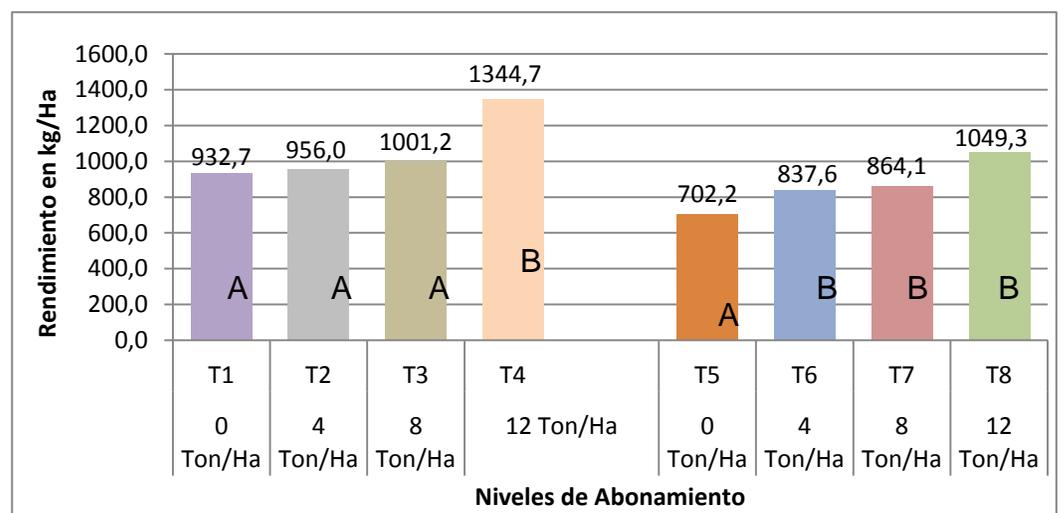


Figura 18. Promedio de rendimientos del cultivo de quinua de por niveles de abono con y sin aplicación de riego deficitario de los ocho tratamientos

Donde: T1: 0 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)

T2: 4 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)

T3: 8 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)
T4: 12 Ton/Ha de estiércol Con Riego (CR)
T5: 0 Ton/Ha de estiércol Sin Riego (SR)
T6: 4 Ton/Ha de estiércol Sin Riego (SR)
T7: 8 Ton/Ha de estiércol Sin Riego (SR)
T8: 12 Ton/Ha de estiércol Sin Riego (SR)

Se observa claramente que hay diferencia en cuanto a rendimientos obtenidos en los diferentes tratamientos; los tratamientos con menores rendimientos corresponden a T1, T2, y T3 a los cuales se aplicó riego deficitario (en la fase de prefloración y la fase de grano lechoso del cultivo), mientras el T4 sobrepasa los 1000 kg/ha.

El rendimiento obtenido por IBTA (1996), cuando esta variedad fue lanzada era de 2640 kg/ha a nivel experimental y 1200 kg/ha en forma extensiva. Por su parte, Mamani (2007), recomienda que los mejores rendimientos en grano se den cuando hay un estrés hídrico al inicio del cultivo; se debe evitar estrés hídrico en la etapa de llenado de grano que podría reflejarse obteniendo menores rendimientos.

Para las variedades de quinua real utilizadas en el altiplano sur de Bolivia, de acuerdo a PROINPA (2003), los rendimientos obtenidos a nivel agricultor están alrededor de 600 a 800 kg/ha y a nivel experimental muchas de esas variedades superan los 1000 kg/ha como Real blanca, Pandela rosada, Pisankalla, Toledo rojo, Puñete.

Los rendimientos obtenidos en campo dependen de muchos factores, Tapia (1997), indica que están muy relacionados con el nivel de fertilidad del suelo, uso de abonos químicos, época de siembra, variedad empleada, control de enfermedades, plagas y la presencia de heladas. El mismo autor menciona que se obtienen rendimientos de 600 a 800 kg/ha de grano en cultivos tradicionales; la variedad Sajama con tecnología moderna, empleo de fertilizantes, desinfección de semilla, control de malezas puede producir comercialmente 1500 kg/ha.

Aroni (1991), Bartolomé (1993), Nina (1992) y Tudela (1999) indican que la adición de nitrógeno al suelo tiene efecto benéfico en el rendimiento, ya que tiende a incrementarlo pero no de forma ilimitada, porque según la FAO (2000) a partir de los 120 kg de N/ha decrece el rendimiento por factores fisiológicos que resultan en decremento del rendimiento, siendo esta cantidad recomendada como máximo aplicable en los diferentes cultivos.

6.3.6 Índice de cosecha

El análisis estadístico mostrado en el Análisis de Varianza para el índice de cosecha, muestra que no existen diferencias significativas producidas por el riego en las fases de prefloración y grano lechoso. También podemos observar que no existen diferencias significativas entre los niveles de fertilización orgánica, lo que supone que ni la fertilización orgánica ni el riego deficitario han influido en esta variable.

Asimismo un coeficiente de variación de 8.83 % indica confiabilidad de los datos obtenidos por encontrarse dentro del límite de confiabilidad en trabajos de campo (Padrón, 1996).

Cuadro 24. Análisis de varianza para Índice de Cosecha del cultivo de quinua

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	Pr. > F
Bloques	2	0.08135625	0.04067813	4.88	0.1702 ns
Riego	1	0.00885504	0.00885504	1.06	0.4112 ns
Error "A"	2	0.01668808	0.00834404		
Nivel Fer. Orgánica	3	0.01327746	0.00442582	1.50	0.2636 ns
Interacción Riego * Nivel	3	0.00588479	0.00196160	0.67	0.5885 ns
Error "B"	12	0.03531100	0.00294258		
Total	23				

C.V. = 8.832987 %

* = Significativo

ns = no significativo

En la Figura 19, se presenta el índice de cosecha para cada tratamiento, el tratamiento T5 fue el que menor índice de cosecha obtuvo con un valor de 0.54, los tratamientos T1, T2, T7 y T8 obtuvieron valores similares y por debajo de 0,6.

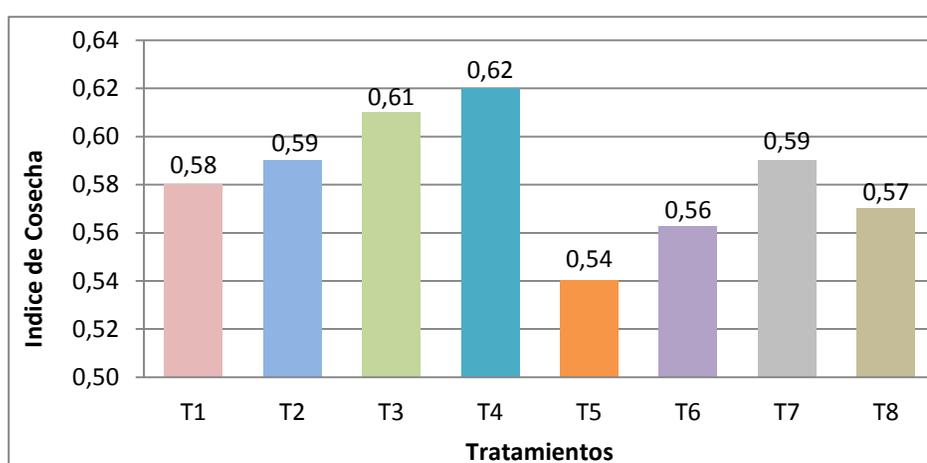


Figura 19. Índice de cosecha del cultivo de quinua con niveles de abono para los ocho tratamientos

Los tratamientos que mayor índice de cosecha fueron T3 y T4 con 0.61 y 0.62 respectivamente que corresponden ambos con riego deficitario y con aplicación de abono 8 y 12 ton/ ha, y como consecuencia mayor producción de biomasa y grano.

La Figura 19, que para niveles de abono orgánico, estadísticamente no presentan diferencias significativas lo que indica que ninguno de los cuatro niveles de abono orgánico tuvo efecto directo en el índice de cosecha, esto posiblemente se haya debido al estado del estiércol aplicado y al realizar riego haya habido un lavado y transporte parcial del estiércol, por lo que también no fue aprovechado.

Por otro lado el mayor índice de cosecha se obtiene con el T4 con 12 ton/Ha, esto nos da también a entender que se aprovecho el nitrógeno presente en el estiércol y la aplicación de riego, manifestándose en una mayor biomasa aérea.

Hurtado, G. (1995) indica que los efectos de la sequía pueden ser contabilizados por el índice de cosecha en varios casos, así por ejemplo cuando el déficit hídrico se presenta en la edad temprana o es distribuido en periodos cortos durante la vida de la planta el índice no es afectado, pero si esta se concentra alrededor de la floración o en el estado de formación del grano, el índice de cosecha puede ser reducido sustancialmente.

Espíndola (1995) citado por Alanoca (2002) quien señala que los factores como las heladas, sequías y mildiu afectan en el índice de cosecha cuyo efecto es la baja producción.

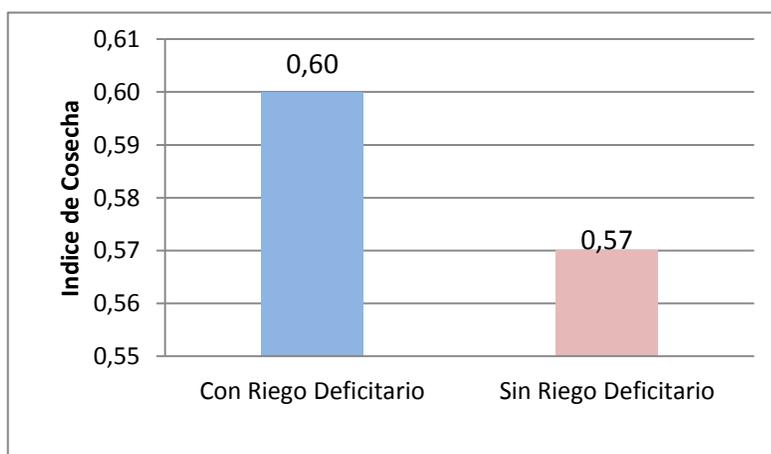


Figura 20. Índice de cosecha del cultivo de quinua promedios según la aplicación de riego deficitario

El índice de cosecha mostrado en la Figura 20, indica que los tratamientos con riego deficitario son los que obtuvieron un mayor valor entonces, el riego deficitario, influye en cierta forma en el índice de cosecha ayudando a que la planta aproveche de manera óptima el agua y lo distribuya en su organismo para obtener mayores beneficios en producción comercial y no

comercial.

Al respecto Mamani (2007), concluyó que si se tiene estrés hídrico en la etapa de grano lechoso se producen índices de cosecha bajos, la reacción de las plantas contra el estrés hídrico en esta etapa del cultivo es la defoliación, afectó considerablemente al tamaño, peso y cantidad de granos.

6.4 Variables de riego

6.4.1 Velocidad de infiltración

En la Figura 21, se presenta la curva de velocidad de infiltración de una repetición de dos pares de anillos al aumentar el tiempo de humedecimiento en el suelo se aprecia la disminución en el índice de infiltración lo cual permite acercarse a un valor casi constante de 23.3 cm/hrs (Anexo 11).

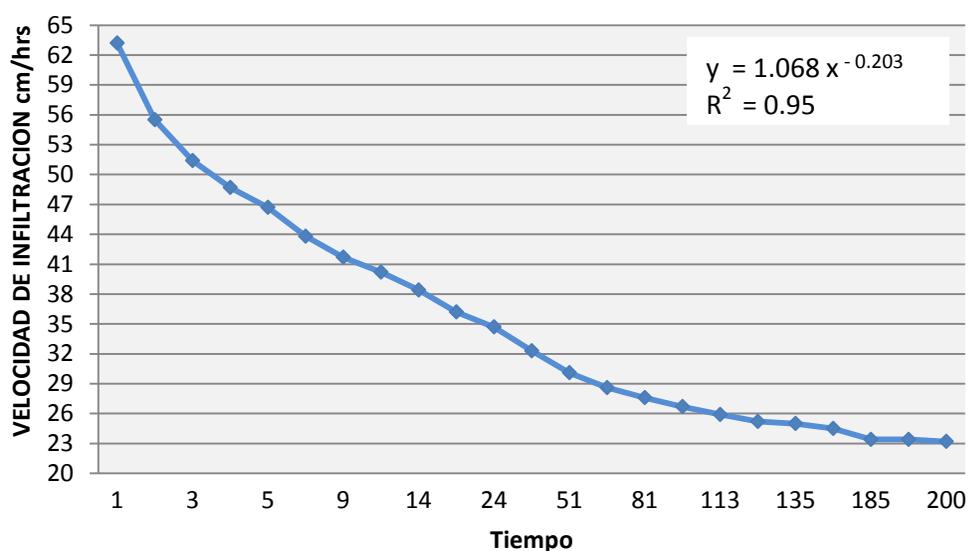


Figura 21. Velocidad de Infiltración

Según el valor de infiltración básica obtenida en el trabajo de campo, el grado de permeabilidad del suelo se considera infiltración rápida según Chilon (1997), esto se debe a la textura arenosa del suelo, considerado un factor de importancia.

6.4.2 Humedad gravimétrica, profundidad 10 cm

Cabe mencionar que la siembra se realizó el 15 de octubre de 2008 con un contenido de humedad gravimétrica de 5 %.

Se observa en la Figura 22, el T4 almaceno más agua, debido a un mayor nivel de materia orgánica con 12 ton/ha también fue el tratamiento que tuvo más agua disponible entre Capacidad de Campo y Punto de Marchites permanente lo cual afecta positivamente a la calidad y cantidad de grano.

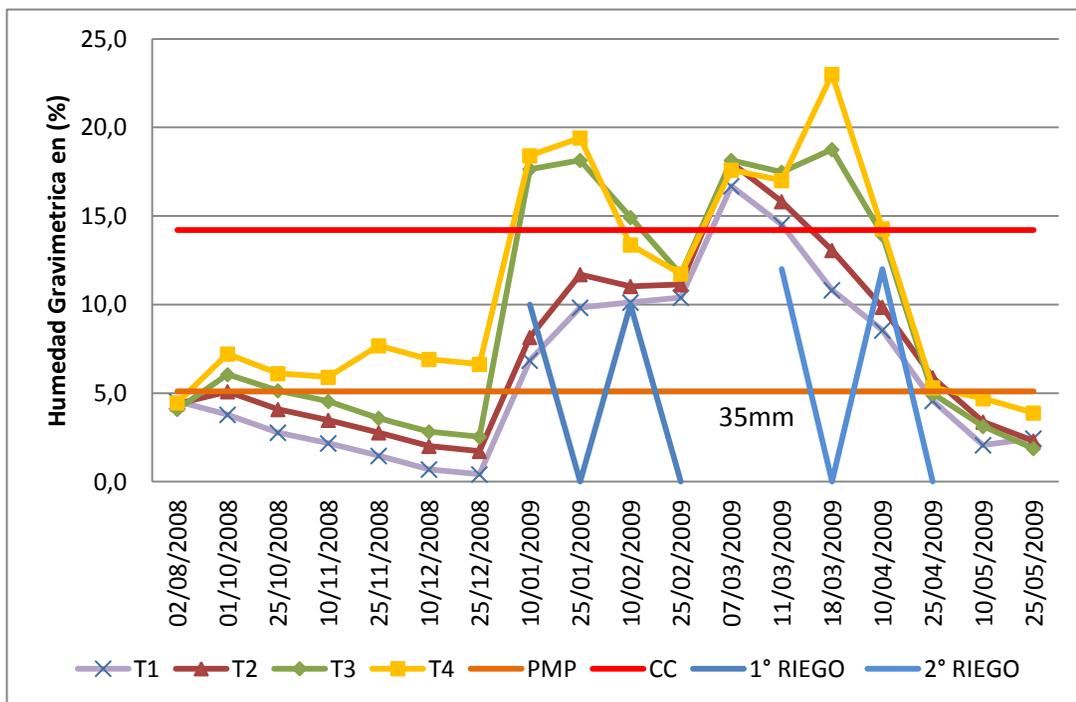


Figura 22. Contenido de humedad del suelo a 10 cm de profundidad en la Comunidad de Irpani en la gestión agrícola 08/09

En la Figura 22, muestra el contenido de agua en el suelo a 10 cm, va descendiendo desde 5 a 0.5 % de humedad gravimétrica en el mes de octubre hasta finales del mes de diciembre esta sequía causo que la humedad de los tratamientos T1, T2 y T3 esté por debajo del punto de marchitez permanente (PMP) afectando al cultivo en su crecimiento y desarrollo, causando una emergencia o fase cotiledonar des uniforme y una notable desigualdad en altura de planta.

Caída una precipitación de 55.4 mm a inicios del mes de diciembre, aumento la humedad y con la aplicación del primer riego deficitario (fase de Prefloración) de 60 mm; los T3 y T4 sobrepasaron la Capacidad de Campo (CC), este aumento en la humedad del suelo hizo que las plantas en algunos casos hasta se triplicaran en altura (Figura 11), dando a conocer que la quinua es una planta que aprovecha eficientemente el agua.

Después de un descenso de humedad a inicios del mes de febrero; nuevamente las precipitaciones caídas de 111.5 mm y la aplicación del segundo riego deficitario (Fase de Grano lechoso) de 65 mm, aumento la humedad del suelo, y esto llevo a que todos los tratamientos sobrepasaran la Capacidad de Campo, pero los T3 y T4 mostraron un almacenamiento mayor de agua debido al estiércol aplicado de 8 12 ton/ha respectivamente, tal suceso ocurrió cuando la planta se encontraba en la fase de grano lechoso asegurando de esta forma un rendimiento mayor a los demás.

Luego se tiene un descenso en el mes de mayo hasta un 3 % de humedad y a finales del mes de mayo se hizo la cosecha.

Al respecto Miranda y Mayta (2007), indican que la humedad varía más en superficie que en los horizontes subsuperficiales; como promedio se tiene variaciones de 1.4 a 1.8 % en los primeros 10 cm.

Por otro lado Palmer (1982), indica que el agua es uno de los constituyentes más variables del suelo. Diferentes suelos tienen distintas capacidades de retención de agua, en un suelo arenoso la CC oscila entre 6 a 12 % y el PMP de 2 a 6 %, en cambio un suelo franco arcilloso la CC fluctúa entre 27 a 35 % y su PMP es de 11 a 15 %.

6.4.3 Humedad gravimétrica, profundidad 20 cm

La variación de humedad gravimétrica a la profundidad de 20 cm de suelo se observa casi similar comportamiento de humedad en todos los tratamientos, a un inicio permanece casi constante desde 5 a 3 % desde el mes de agosto hasta finales del mes de diciembre, manteniendo los tratamientos T1, T2 y T3 por debajo del Punto de marchitez permanente (PMP), causando los mismos efectos que a los 10 cm de profundidad. Considerando que el agua acumulada en esta profundidad se debe a la infiltración de la anterior capa de suelo (10 cm).

(PMP), causando los mismos efectos que a los 10 cm de profundidad. Considerando que el agua acumulada en esta profundidad se debe a la infiltración de la anterior capa de suelo (10 cm).

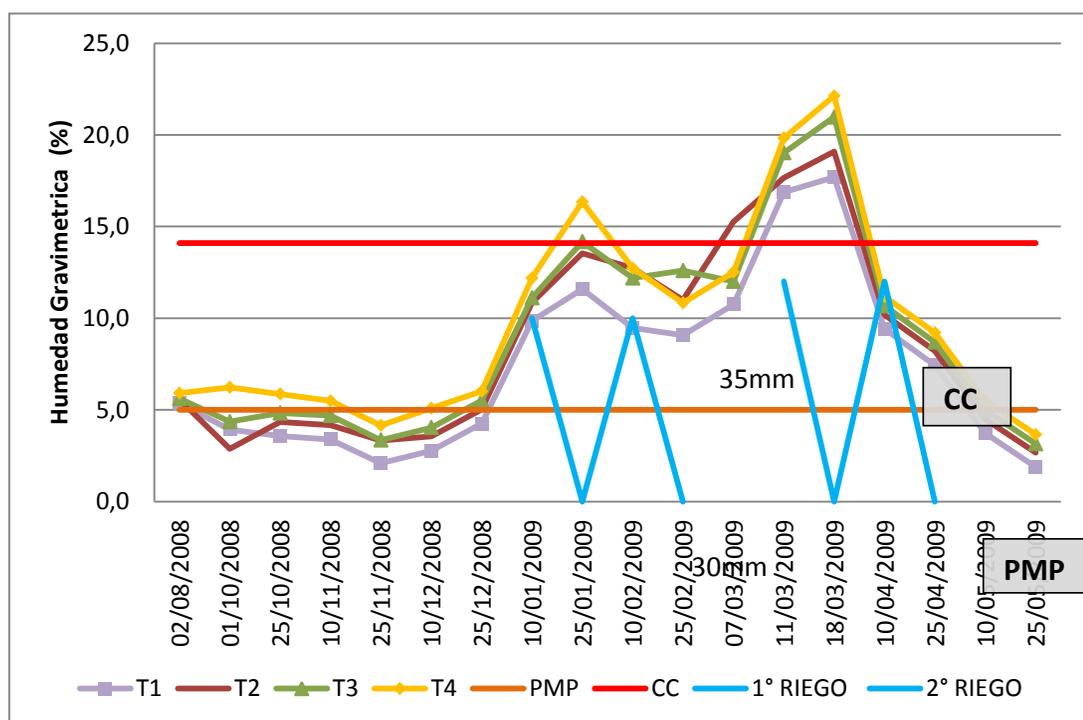


Figura 23. Contenido de humedad gravimétrica del suelo a 20 cm de profundidad gestión agrícola 08/09

Con una precipitación de 55.4 mm y la aplicación del primer riego deficitario (fase de Prefloración), se observa que la humedad está entre Capacidad de Campo (CC) y Punto de marchitez permanente (PMP), en todos los tratamientos alrededor en promedio de 13 %.

Las restantes precipitaciones caídas y con la aplicación del segundo riego deficitario (Fase de Grano lechoso), a inicio del mes de marzo llevaron a que todos los tratamientos sobrepasaran la Capacidad de Campo.

Con el cese de las lluvias y el riego se tiene un descenso de la humedad a finales del mes de mayo hasta un 1 % de humedad, con la cual se realiza la cosecha.

6.4.4 Humedad gravimétrica, profundidad 30 cm

En la Figura 24, se puede observar el comportamiento de la humedad gravimétrica para 30 cm de profundidad.

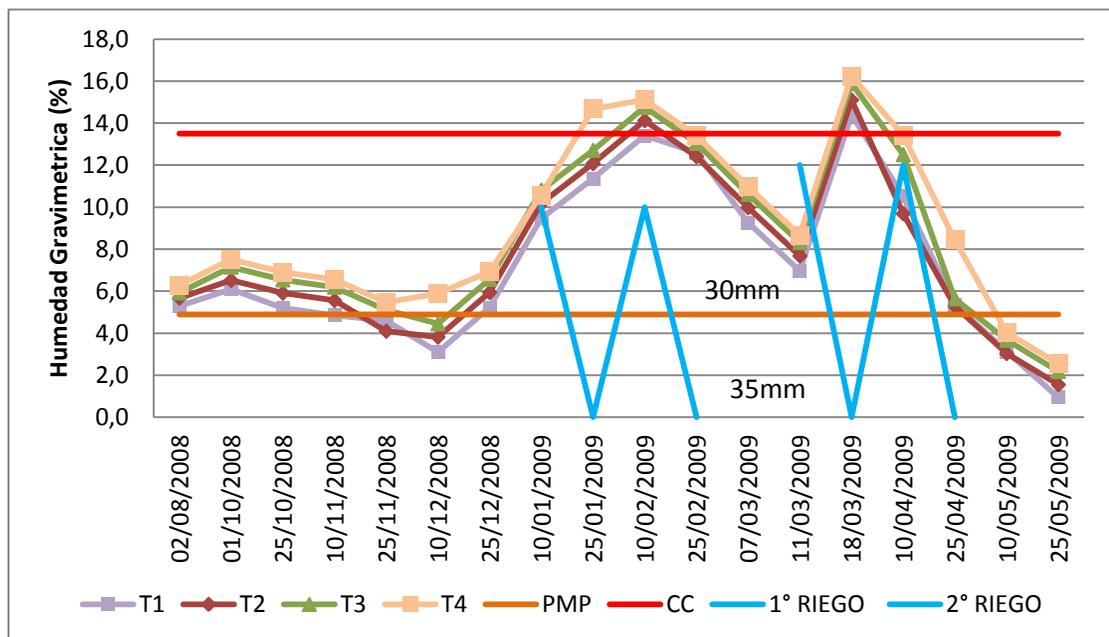


Figura 24. Contenido de humedad gravimétrica del suelo a 30 cm de profundidad gestión agrícola 08/09

Se puede observar la variación de humedad, a un inicio se tiene agua disponible excepto los T1 y T2 con 0 y 4 Ton/Ha respectivamente hasta finales del mes de diciembre; Debido a la precipitación y el primer riego aplicado se observa que la humedad permanece entre Capacidad de Campo (CC) y Punto de marchitez permanente (PMP), una mayor parte del ciclo del cultivo, que las anteriores profundidades en todos los tratamientos.

Las precipitaciones y la aplicación del segundo riego aplicado a mediados del mes de marzo se tienen un ascenso casi horizontal, debido a que las entradas de agua pasan por infiltración a horizontes inferiores.

Con el cese de las lluvias y el riego se tiene un descenso de la humedad a inicios del mes abril de hasta un 1.5% de humedad y con este almacenamiento de agua y posteriores infiltraciones se mantuvo la humedad con la cual se realizara la nueva siembra.

Para las tres profundidades y los tratamientos T1 y T2 con valores cercanos o por debajo del PMP son los que tienen poco o nada de abono aplicado, entonces a pesar de que el abono no ha influido en las variables agronómicas salvo en el rendimiento, debido tal vez a que se aprovecho la mineralización de la materia orgánica en los últimos meses del ciclo del cultivo, y en los tratamientos T3 y T4 que si tenían abono en mayor cantidad se observa que ayudo a que se retenga mas humedad y por lo tanto hubo una mayor mineralización de la materia orgánica repercutiendo en un mayor rendimiento.

Según Nina (1992), 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.

Al respecto Yágodin (1986), señala que la aplicación de estiércol favorece en el uso más eficiente del agua, mejorando la infiltración y al mismo tiempo la retención del agua en el suelo, reduce la pérdida del agua por evaporación del suelo.

García et al. (2003), Mencionan que la planta de quinua tiene un requerimiento de agua mínima durante las dos primeras semanas del cultivo con 2.8 mm día^{-1} , el requerimiento de agua aumentó en 5 a 8 semanas después de la siembra con 4.21 mm día^{-1} los mayores requerimientos de agua por parte del cultivo se presentaron durante las etapas de floración y grano lechoso con 4.54 y 4.71 mm día^{-1} respectivamente.

García (1991), menciona que la aplicación de riego antes de la fase de floración asegura un buen rendimiento.

6.4.5 Eficiencia de uso de agua en grano

En la Figura 25, se presenta la eficiencia de uso de agua en relación al grano obtenido para los ocho tratamientos: La eficiencia de uso de agua expresa el peso de granos producido por unidad de agua usada. Fue calculada como la

relación de peso de grano sobre la masa de agua aplicada como riego total del experimento por tratamiento. Este valor sirve para determinar cuánto de grano ha producido con la cantidad de agua total recibida, se tomaron promedio de los tratamientos con riego deficitario y de los tratamientos sin riego deficitario.

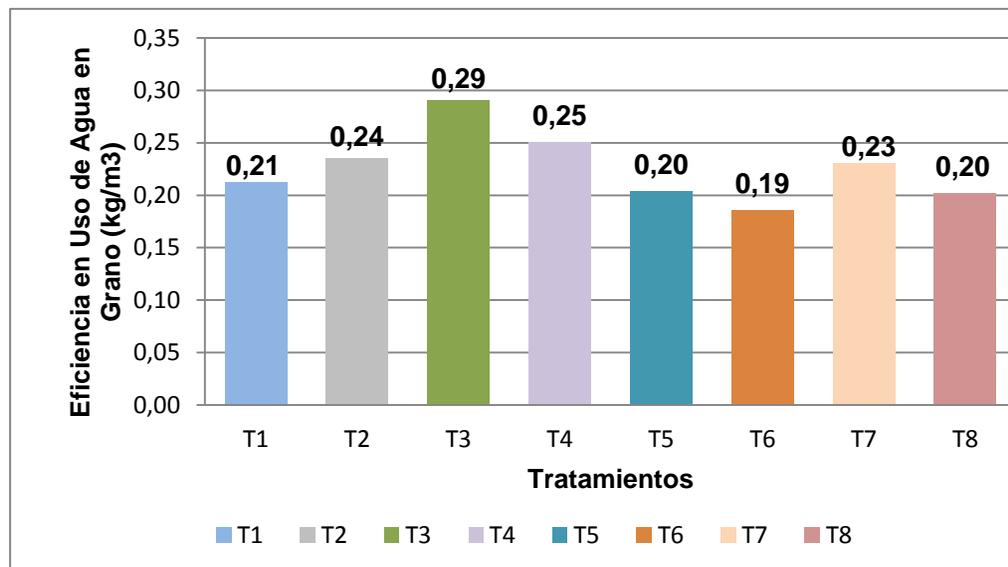


Figura 25. Eficiencia de uso de agua en la producción de grano (kg/m³) para los ocho tratamientos

De acuerdo a la Figura 25, los tratamientos T5, T6 y T8 que no fueron regados que presentan valores de 0.20, 0.19 y 0.20 respectivamente que son menores al tratamiento T7 (Tratamientos sin riego) con un valor de 0.23.

En cuanto a los tratamientos con riego deficitario los T3 y T4 con 0.29 y 0.25 respectivamente son los que registran mayores valores que T1 y T2, con 0.21 y 0.24 respectivamente, entonces la aplicación de riego deficitario implica una mayor mineralización en el estiércol por ende una mayor eficiencia en el aprovechamiento de agua.

Cuadro 25. Análisis de varianza para Eficiencia de uso de agua en Grano (kg/m³) del cultivo de quinua

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	Pr. > F
Bloques	2	0.02057500	0.01028750	0.81	0.5537 ns
Riego	1	0.01083750	0.01083750	0.85	0.4541 ns
Error "A"	2	0.02552500	0.01276250		
Nivel Fer. Orgánica	3	0.01001250	0.00333750	1.11	0.3842 ns
Interacción Riego * Nivel	3	0.00264583	0.00088194	0.29	0.8300 ns
Error "B"	12	0.03616667	0.00301389		
Total	23				

C.V. = 24.26471 %

* = Significativo

ns = no significativo

El análisis de varianza muestra que para la variable Eficiencia de Uso de Agua en Grano, no existen diferencias significativas producidas por el riego en las fases de prefloración y grano lechoso. También podemos observar que no existen diferencias significativas entre los niveles de fertilización orgánica, lo que quiere decir que ni la fertilización orgánica ni el riego deficitario han influido en la planta.

Un coeficiente de variación (CV) con un valor de 24.26 % indica que los datos se encuentran en el rango permitido del 30 % siendo el límite, para experimentos de campo (Calzada, 1982).

6.4.5.1 Riego Deficitario

Estadísticamente no existen diferencias significativas en cuanto a eficiencia de uso de agua en grano con relación al riego deficitario aplicado, teniendo promedios de 0,25 kg/m³ para riego deficitario y 0.21 kg/m³ para sin riego deficitario, de acuerdo a lo presentado en la Figura 26.

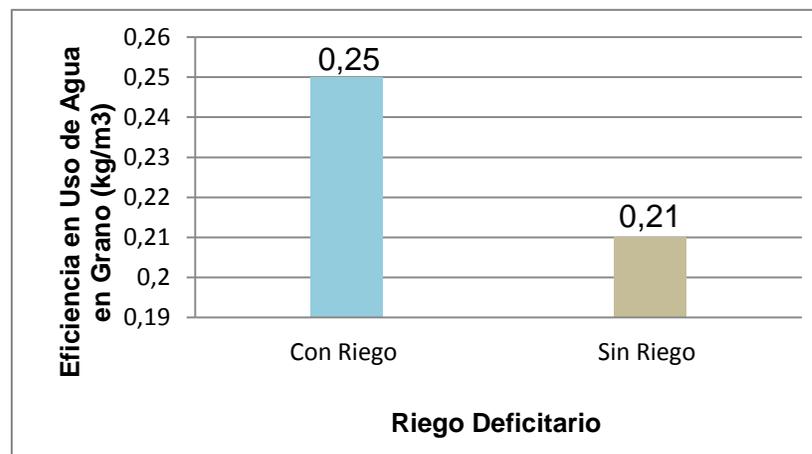


Figura 26. Promedios de eficiencia de uso de agua en grano en relación a la aplicación de riego deficitario

Soliz (2002), denota la eficiencia de uso de agua en grano como fitomasa producida por unidad de recurso usado, entre las que se destaca la Eficiencia en el uso de la radiación solar por la planta, la eficiencia en el uso de agua en la producción de compuestos orgánicos, una especie con buena capacidad productiva está relacionada con la eficiencia con que transloca los compuestos de nitrógeno de los tejidos vegetativos hacia los granos (semilla).

6.4.5.2 Niveles de Abonamiento

De acuerdo al análisis de varianza, se puede observar que no se tiene diferencias significativas con relación a niveles de abono aplicados en el trabajo de campo

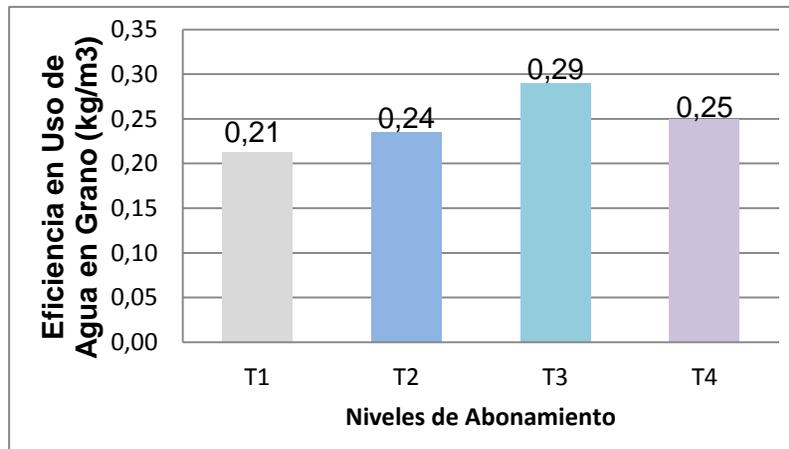


Figura 27. Promedio de eficiencia de uso de agua en grano con relación a niveles de abono los tratamientos con riego deficitario

La Figura 27, muestra un valor de $0,21 \text{ kg/m}^3$ para un nivel de 0 t/ha de abono; seguido de $0,24 \text{ kg/m}^3$ para 4 t/ha ; $0,29 \text{ kg/m}^3$ para un nivel de 8 t/ha y $0,25 \text{ kg/m}^3$ para un nivel de 12 t/ha , de acuerdo a estos resultados la aplicación de abono orgánico de 8 y 12 t/ha ha influido en cierta medida a tener una mayor eficiencia de uso de agua. Sin embargo es necesario repetir el experimento en años de mayor sequía y en otro tipo de suelo pues los efectos del abono podrían haberse enmascarado por la precipitación y el riego.

Observamos que los tratamientos en los cuales se aplicó riego deficitario, tuvieron una mayor eficiencia en el uso de agua, en este sentido vale recalcar la importancia de la materia orgánica en el almacenamiento de agua en el suelo y en la mineralización de esta.

Mamani, (2007) encontró valores de 0.5 kg/m^3 con un estrés constante en el cultivo de la quinua en el altiplano central, incluso este valor es superior a los resultados hallados.

6.5 Análisis Integral

6.5.1 Análisis Integral riego con variables agronómicas

Para el análisis integral se utilizó los valores de medias obtenidas estadísticamente para cada variable y se las juntó en una sola Figura 28, con el fin de poder comparar con mayor facilidad el impacto del riego deficitario.

La Figura 28, muestra los valores de peso de 1000 granos e índice de cosecha para el riego deficitario.

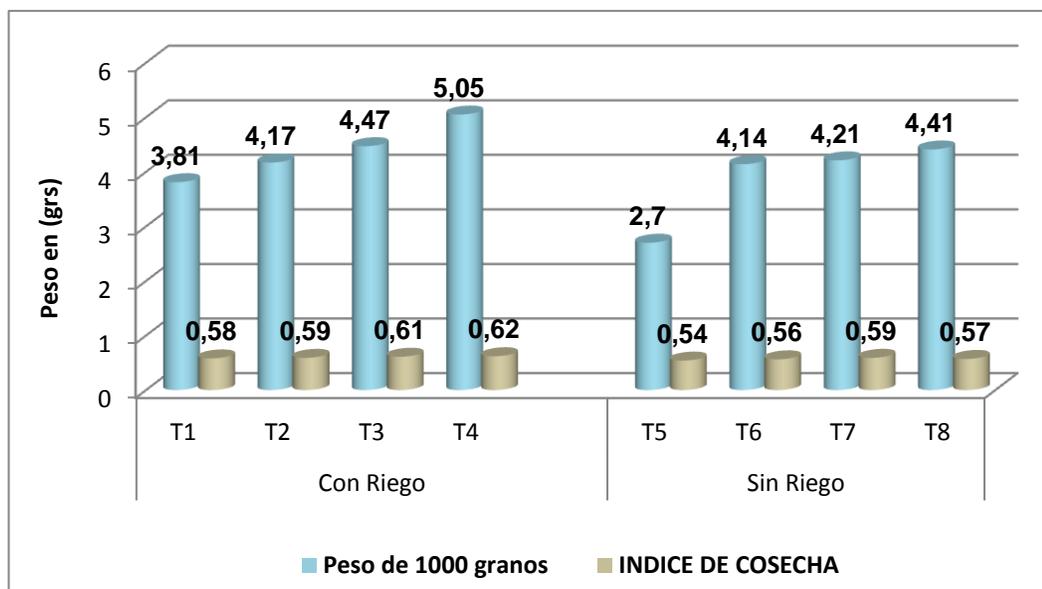


Figura 28. Comparación de riego

deficitario con dos variables agronómicas Peso de 1000 granos e Índice de Cosecha

El índice de cosecha para el peso de 1000 granos los tratamientos con riego deficitario (fase de prefloración y grano lechoso) y los tratamientos sin riego deficitario estadísticamente se tiene diferencias significativas.

Esta diferencia se refleja en que los tratamientos sin riego al estar bajo estrés hídrico no pueden realizar un llenado de granos adecuadamente, por lo que a pesar, mencionando por ejemplo al tratamiento T1, solo 2.7 gramos frente a 4.41 gramos se refleja en la calidad y tamaño de grano obtenido. Este resultado muestra una desventaja para el agricultor o productor debido a las exigencias en el mercado local, nacional y extranjero por sus preferencias de grano grande.

6.6 Análisis de costos de producción

El trabajo de investigación está dirigido a dar alternativas al agricultor donde pueda obtener mayores rendimientos y por ende mayores ingresos económicos.

Por esta razón que el análisis económico trataría de dar las pautas para poder clasificar a los tratamientos tanto en rendimiento y en beneficios para ser utilizados por los agricultores.

6.6.1 Variables económicas

6.6.1.1 Ajuste de los rendimientos

Según Perrin (1988), el ajustar los rendimientos, es reducir los rendimientos de un 5% a un 30%, para que se aproximen a lo que un agricultor podría lograr con

la tecnología en una parcela grande. Para el presente trabajo de investigación se tomo el 10% de pérdidas, ya que el experimento se llevó a cabo en las mismas condiciones que el agricultor podría cultivarlo. En el Cuadro 27, se presenta los rendimientos ajustados.

6.6.1.2 Costos que varían

Son aquellos que varían en la producción agrícola, se incluye los insumos y la mano de obra requerida. El Cuadro 26 muestra los costos variables efectuados en el ensayo expresado en Bs/ha. Además que los costos son diferentes, esta diferencia se debe al precio de la materia orgánica aplicada, la mano de obra empleada para incorporar el abono y los riegos aplicados.

6.6.1.3 Ingreso Bruto

El Cuadro 27, muestra el análisis realizado para todos los tratamientos en función a los rendimientos obtenidos y su precio en el mercado, para cada uno; se tiene mayores beneficios brutos en los tratamientos T3 y T4, con 16019 y 21516 Bs/ha respectivamente con la aplicación de riego deficitario; T7 y T8 con 13826 y 16788 Bs/ha respectivamente sin la aplicación de riego deficitario, esto se debe a los rendimientos obtenidos por los mismos.

Los menores ingresos brutos obtenidos son para los tratamientos T1 y T2 con riego y T5 y T6 sin riego, esto ha sido influenciado directamente por los rendimientos obtenidos.

6.6.1.4 Ingreso Neto

Los beneficios netos se ven en el Cuadro 27, en el cual se observa que los tratamientos T1 y T4 obtuvieron un mayor beneficio neto, ambos tratamientos son los que recibieron riego deficitario, pero al T1 no se aplico ningún nivel de abono en cambio al T4 se aplico 12 ton/ha; el T5 se destaco con los demás tratamientos en el cual no se aplico riego ni abono, entonces para los demás tratamientos el abono significo un incremento en los costos de producción, este hecho hace suponer que la aplicación de abono no es tan beneficiosa para el productor.

6.6.1.5 Relación Beneficio-Costo

Para la relación B/C, en el Cuadro 27, se observa que el tratamiento T5 al que no se aplico riego y con 0 t/ha de abono, es más rentable económicamente con un valor de 9.4 Bs o sea por cada boliviano invertido, se recupera ese boliviano y se tiene una ganancia de 8.4 Bs; pero también podemos observar que T6 al que no se aplico riego y con 4 t/ha de abono es también rentable con un valor de 4.7 Bs

o sea por cada boliviano invertido, se recupera ese boliviano y se tiene una ganancia de 3.7 Bs.

Los tratamientos T1 con riego - 0 t/ha de abono y T7 sin riego - 8 t/ha de abono tienen similares beneficios económicos de 3 Bs. Los tratamientos T2, T3 y T4 con la aplicación de riego y T6, T8 sin riego son también rentables ya que el beneficio- costo de todos es mayor a uno aunque los retornos no son muy significativos. Y por último ninguno de los tratamientos tuvieron un B/C menor a 1, lo que resulta una pérdida para el agricultor; que al haber aplicado abono incidió en gastos de inversión.

Cuadro 26. Análisis de Costos que Varían en la producción de quinua

DETALLES	Con Riego Deficitario				Sin Riego Deficitario			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Semilla (Bs/ha)	140	140	140	140	140	140	140	140
Siembra con maquinaria (Bs/ha)	250	250	250	250	250	250	250	250
Costo de Abono (Bs/ha)	0	1600	3200	4800	0	1600	3200	4800
Incorporación abono (Bs/Ha)	0	100	150	200	0	100	150	200
Riego (Bs/ha)	3700	3700	3700	3700	0	0	0	0
Costo de Plaguicida	300	300	300	300	300	300	300	300
Aplicación Insecticida natural	100	100	100	100	100	100	100	100
Cosecha (Bs/ha)	200	200	200	200	200	200	200	200
Trillado y venteado	200	200	200	200	200	200	200	200
Total Costos que varían (Bs/ha)	4890	6590	8240	9890	1190	2890	4540	6190

Cuadro 27. Análisis de costos de producción del cultivo de quinua

Indicadores Económicos	Con Riego Deficitario				Sin Riego Deficitario			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Rendimiento kg/ha	933	956	1001	1345	702	838	864	1049
Rendimiento Ajustado kg/ha	839	860	901	1210	632	754	778	944
Rendimiento qq/ha	18.7	19.1	20	26.9	14	16.8	17.3	21
Precio por qq	800	800	800	800	800	800	800	800
Costos que varían	4890	6590	8240	9890	1190	2890	4540	6190
Beneficios Brutos (Bs/ha)	14960	15280	16000	21520	11200	13440	13840	16800
Beneficios netos (Bs/ha)	10070	8690	7760	11630	10010	10550	9300	10610
Beneficio/Costo	3.1	2.3	1.9	2.2	9.4	4.7	3.0	2.7

6.7 Producción agrícola

6.7.1 Uso de la tierra

En las laderas y serranías son terrenos de pastoreo predominando la ganadería extensiva con ganado camélido y ovino. El uso agrícola es extensivo con cultivos principalmente de quinua.

El tamaño de los terrenos varían ampliamente entre la superficie de cada parcelas, está determinado de acuerdo a la capacidad de trabajo.

Cuadro 28. Uso actual de la tierra para la agricultura

	Tierra Cultivada (ha/familia)								
	En Cultivo			En descanso			Total de hectarias		
	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.
Promedio	1	3	6	1	3	7	2	6	13

Como se observa en el cuadro 28, la mayoría de las familias tiene un promedio de tierras cultivables de 3 ha.

Solo cultivan anualmente el 50% de la superficie asignada y en descanso queda el 50% restante.

La mayoría de los terrenos cultivables se encuentran ubicados en la pampa o en laderas, el régimen de estas tierras es administrado por la organización originaria de cada comunidad, y están a cargo de vigilantes agrícolas

6.7.1.1 Calendario agrícola

El calendario agrícola está regido por distintas labores culturales, las cuales se realizan de forma manual y semi mecanizado, donde intervine la mayoría de los miembros de la familia, con la participación de mujeres en las diferentes actividades que implica la preparación de suelo, siembra, deshierbes, cosecha, selección y almacenado de productos agrícolas.

Cuadro 4. Calendario agrícola para distintas actividades

Cultivos	Preparado de suelo	Siembra	Cosecha
Quinoa	Feb –Mar	Oct. – Nov.	Mar – Abr
Cebolla	Feb –Mar	Nov. – Dic.	Mar – Abr
Haba	Feb –Mar	Nov. – Dic.	Mar – Abr
Papa	Feb –Mar	Oct. – Nov.	Mar – Abr

El calendario agrícola en la comunidad de Irpani, zona de estudio con respecto a la producción agrícola no se desmarca del calendario agrícola que se maneja en

gran parte del altiplano Sur de Bolivia.

7. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se llegaron a las siguientes conclusiones generales que se detallan a continuación:

- Los niveles de fertilización orgánica y el riego deficitario en fases fenológicas críticas son dos factores importantes relacionados con el manejo del cultivo, que intervienen en el mejoramiento de rendimiento, tamaño y la calidad del grano de quinua pero en forma y efecto diferentes.
- De acuerdo a los análisis estadísticos mostrados anteriormente, se puede aseverar que no se tiene un efecto rápido con respecto a los niveles de abono orgánico, en el comportamiento de las variables agronómicas, esto se explica por la lenta mineralización del abono y que su efecto definitivamente no es inmediato.
- En el factor B (niveles de abonamiento), se tiene promedios distintos, por lo que se encontraron diferencias altamente significativas entre los cuatro niveles 0, 4, 8 y 12 t/ha de estiércol. Se supone que el efecto fue a causa del nivel de N en el abono y que el efecto positivo de la materia orgánica se distinguió por la retención de mayor cantidad de agua en el suelo y por ende una mayor mineralización.
- En general las variables de altura de planta, longitud y diámetro de panoja y el índice de cosecha no fueron notoriamente influenciadas por los tratamientos al no presentar diferencias estadísticas. Sin embargo esto influyo en el rendimiento final que si fue afectado por los niveles de abonamiento.
- Para la variable peso de 1000 granos; el mayor peso se obtuvo con la aplicación de riego deficitario y con un nivel de 12 tn/ha de estiércol, el fenómeno podría atribuirse a una mayor retención de agua en el suelo por lo tanto a un mejor llenado de grano.
- En la variable de rendimiento, se hace notar que para los niveles de abono presentan diferencias estadísticas debido a la anterior situación. Se identificó diferencias entre bloques y riego, cada bloque no tenía un suelo homogéneo a pesar de tener la misma densidad aparente de 1.44 g/cc, una pedregosidad de 16.6 a 22.4 % y pendiente transversal de 1.5 %

afectaron en el crecimiento y desarrollo de la planta influyendo de manera directa en el rendimiento.

- De acuerdo a los resultados obtenidos de rendimiento, lo que influye más en el mercado es el tamaño de grano, existiendo mayor demanda por el grano grande, característica singular de la variedad Toledo, entonces con un riego deficitario planificado se puede obtener un peso mayor de granos y de buen tamaño.
- Se pudo verificar que con la aplicación de riego deficitario en la fase de prefloración y grano lechoso se garantiza buenos rendimientos con granos grandes y que es necesario aplicar el abono meses antes para un mayor aprovechamiento del estiércol y el riego solo así podemos garantizar altos rendimientos con granos de tamaño grande, aunque esto significa mayor mano de obra y trabajo para el agricultor.
- Con relación a los costos de producción, los tratamientos con mayor beneficio/costo fueron el T5 con 9.4 Bs. al que no se aplicó riego deficitario también no se aplicó abono y T6 con 4.7 Bs. sin riego deficitario y con 8 t/ha de abono, entonces los demás tratamientos con niveles de abonamiento y riego deficitario a pesar de tener mayores rendimientos, significa incremento en los costos de producción, entonces la aplicación de abono no es tan beneficiosa para el productor en términos inmediatos y la aplicación de riego deficitario requiere mucha mano de obra e incremento de costo.
- Finalmente se demostró que la aplicación de riego deficitario en las fases de prefloración y grano lechosos que cubran la demanda de evapotranspiración para que las plantas no sufran estrés hídrico ha influido directamente en el incremento de rendimiento, un incremento de tamaño de grano, incremento de biomasa y por ende en mayores ingresos económicos para el productor.

8. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos a manera de sugerencia se recomienda continuar con trabajos en la aplicación de riego deficitario para corroborar y mejorar los resultados obtenidos, dando una continuidad hasta estandarizar los datos para esta zona.

Realizar otros estudios sobre el comportamiento del cultivo utilizando niveles de

fertilización orgánica con diferente grado de descomposición para que sean más asimilables para las plantas. Se recomienda también la incorporación de abono antes del roturado para una mezcla homogénea y obtener una mayor mineralización.

Se recomienda también repetir el trabajo de investigación con cantidades mayores de riego deficitario llegando al requerimiento mínimo del cultivo de quinua lo cual se sugiere 200 a 250 mm.

De acuerdo a los resultados obtenidos en campo con respecto al peso de grano, se recomienda utilizar la variedad Toledo rojo, demostrando porque es la variedad más utilizada en la zona de estudio, por tener un mayor rendimiento y haber alcanzado un tamaño de grano requerido para el mercado.

A pesar de que los niveles de abono aplicado en algunos tratamientos no haya influido de manera muy positiva, se recomienda aplicar abono con el fin de conservar el suelo para mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas ayudando de esta manera a preservar los suelos de una desertificación y desgaste irreversible, como se concluye en este trabajo el efecto del abono orgánico si existe pero a largo plazo.

Finalmente, se pudo determinar que el riego deficitario influye de gran manera en el tamaño de grano y rendimiento, aplicados en fases críticas en los que la planta más los necesite, por lo que se recomienda realizar un riego en fase de prefloración del cultivo para asegurar la mayor cantidad de flores y otro principal en la fase de grano lechoso, ya que por lo general es en esta etapa donde se presenta sequías y poca disponibilidad de agua, que influye directamente en el tamaño de grano.

9. BIBLIOGRAFIA

ALANOCA, I. 2002. Evaluación Agroeconómica del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con niveles de fertilización de Urea y riego por aspersion en el altiplano norte. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 95 p.

ALCÓN, C. 2005. El desfase fenológico y la heterogeneidad de crecimiento: dos mecanismos posibles de tolerancia a las bajas temperaturas en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 145 p.

ALEGRIA, B. S. 1998. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la quinua en dos épocas y dos espaciamientos de siembra en el altiplano central. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia. p. 3-4.

ALLEN, R.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. 2006. Evapotranspiración del Cultivo: Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

ALVAREZ J. R. 1985. Curso de Riego y Drenaje ed. MACA-IICA. Oruro-Bolivia. p 5-11.

ARMAS, R.; ORTEGA, E.; REDÉS, R. 1990. Fisiología vegetal. Habana, Cuba.

ARONI J. G. 1991. Fertilización química en el cultivo de quinua en condiciones del altiplano sur, Comunidad Chacala Prov. Quijarro. Tesis de grado UATF. Potosí - Bolivia. 73 p.

ARTEAGA, G. 2001. Métodos de Investigación agropecuaria y utilización del

software estadístico MSTATC. La Paz, Bolivia.

BARTOLOMÉ C. S. 1993. Efecto del estiércol, urea y abono foliar en quinua. Tesis de grado UATF. Potosí - Bolivia. 103 p.

BERTERO, H. D., 2003. Responce of DEVELOPMENTAL Processe to Temperature and Photoperiod in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Riviews International 19, 87 – 97.

BIDWELL, R. 1993. Fisiología vegetal. 2 ed. México D.F. Editor. 780 p.

CAHUAYA, J. 2001. Efecto de la fertilización química y orgánica en el rendimiento del pasto brasilero (*Phalaris sp*) en Choquenaira Altiplano Central. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 102 p.

CALZADA, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Quinta Edición. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 97 p.

CATARI, B. 2002. Evaluación del rendimiento de cinco variedades de avena forrajera (*Avena sativa* L.) con abonamiento de estiércol de ovino en el altiplano central. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía.

CHILON, E. 1997. Fertilidad de suelo y nutrición de plantas. Ediciones CIDAT. La Paz, Bolivia. pp. 33 – 103.

CHILÓN, E. 1997. Manual de Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. La Paz, Bolivia.

CHIPANA, R. 1996. Principios de Riego y Drenaje. IRTEC.LP, Bolivia. 202 p.

CHOQUECALLATA J. 1993. Evapotranspiración máxima (ETM) del cultivo de la quinua por lisimetría y su relación con la evapotranspiración potencial en el altiplano boliviano. Tesis de grado en Ing. Agronómica. U.G.R.M. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Santa Cruz. Bolivia. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Fac. de Agronomía. 104 p.

CRONEY, D. & COLEMAN, J. D. 1961. "Pore pressure and suction in soils" Proc Conf. Editorial pueblo y educación. 325 p.

DONAHUE, R.; MILLER, R.; SHICKLUNA, J. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Bogotá, Colombia. Prentice Hall Internacional. 624 p. Emege Industria gráfica. España.

ENCARTA. 2007. Biblioteca de Consulta Microsoft Encarta. Microsoft Corporation.

ENGLISH, M. 1990. Deficit irrigation. I. Analytical framework. J. Irrig. Drain E. ASCE

ESPÍNDOLA, G. 1994. Mejoramiento del cultivo de la Quinoa. In Memoria del Seminario sobre investigación, producción y comercialización de la quinoa. La Paz, Bolivia. Editorial Y Peric. Estación Experimental Patacamaya.

FAO, 1981. Manual de uso de fertilizantes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 65 – 75 pp.

FAO, 1990. "I Seminario Nacional sobre Fertilidad de Suelos y uso de Fertilizantes en Bolivia". Santa Cruz - Bolivia.

FAO, 1995. manejo de suelos y nutrición vegetal en sistemas de cultivo. Edición Serena. Documento de campo No. 16. Cochabamba, Bolivia. Pp. 105.

FRERE, M., J.REA y J. Q.RIJKS. 1975. Estudio Agroclimatológico de la Zona Andina (Inf. Técnico). Proyecto Interinstitucional, FAO/UNESCO/OMM. Roma, Italia. p: 29-51.

FUENTES, J. 2002. Manual Práctico sobre Utilización de Suelo y Fertilizante.

FUNDACION AUTAPO. 2008. Fertilidad, uso y manejo de suelos en la zona del intersalar, departamento de Oruro y Potosí. Bolivia.

GARCIA, M. 1991. Análisis del comportamiento hídrico de dos variedades de quinua frente a la sequía. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. 32 – 119 pp.

GARCÍA, M. 1991. Análisis del comportamiento hídrico de dos variedades de quinua frente a la sequía. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 126 p.

GARCÍA, M. 2003. Agroclimatic study and drought resistance analysis of quinoa for an irrigation strategy in the Bolivian Altiplano. Disertaciones de agricultura. Faculty of Applied Biological Sciences. K.U.Leuven, Belgium. 556 p.

GEERTS, S., Raes, D., Garcia, M., Del Castillo, C. and Buytaert, W., 2006. Agroclimatic mapping for crop production in the Bolivia altiplano. a case study for quinoa. Agro. and Forest Meteorol. p 139,399 – 412

GEERTS, S.; RAES, D.; GARCIA, M.; DEL CASTILLO, C.; BUYTAERT, W. 2006.

GROS, A. 1981. Abonos: Guía práctica de fertilizantes. Madrid, España.

GUROVICH, L. 1999. Riego Superficial Tecnificado. 2 ed. Colombia. Alfa Omega

HUIZA, L. Z. 1994. Efecto del déficit hídrico a marchites intensa sobre el ritmo de crecimiento de la quinua (*Chenopodium quínoa* Willd). Tesis de grado en Ing. Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

HURTADO, G. 1995. Índice de sequía y aplicación operativa en Colombia. Santa Fe Colombia. Publicaciones Atmosféricas. Nº 5 P 50.

IBTA (Instituto Boliviano de Tecnología Apropriada). 1996. Catalogo de

variedades de quinua y recomendaciones para producción y uso de semilla certificada. Sucre, Bolivia. Industrias Gráficas Qori Llama. 76 p.

INFOAGRO, BO. 2002. (en línea). Consultado 27 Oct. 2007. Disponible en: <http://www.infoagro.gov.bo/quinua/panorama.htm>

JACOBSEN, S.; MUJICA, A. 1999. I Curso internacional sobre la fisiología de la resistencia a la sequía en quinua. Lima, Perú. Centro Internacional de la papa (CIP). 90 p.

KRAMER, P. J. 1983. Relaciones hídricas del suelo y planta. Una síntesis moderna traducida de Ingles por Leonard Tejada. Edutex S.A. México. 539 p.

MACA - IBTA - JUNAG. 1988. Sistemas de producción de quinua en el Altiplano Boliviano. Edit. HEPTA La Paz - Bolivia. pp 1; 20 a-b.

MAGDR. 2010. Inventario Nacional de sistemas de Riego. Ministerio de Agricultura Ganadería y de Desarrollo Rural, Programa nacional de Riego (PRONAR). Cochabamba, Bolivia. 285 p.

MAMANI, R. 2007. Partición de biomasa y evapotranspiración del cultivo de quinua

MONTES DE OCA, I. 2005. Enciclopedia Geográfica de Bolivia. Primera Edición. Editora Atenea S.R.L. La Paz, Bolivia. p. 871.

MUJICA, A. Canahua, A. y Saravia, R. 2004. Agronomía del cultivo de quinua. CIP, UNAP, FAO. Santiago Chile. 214 p.

MUJICA, A.; JACOBSEN, SE.; IZQUIERDO, J.; MARATHEE, JP. 2004. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro. Puno, Perú. Unidad de Publicaciones U.N.A. Puno.

NARREA, R. A. 1992. Calcificación y mapeo de los suelos de área bajo riego

del fundo Condoriri con fines de salinidad Tesis de grado. Oruro - Bolivia. p. 35.

NINA A. G. 1992. Efecto de fertilización orgánica y química en el cultivo de quinua var. Toledo anaranjado en salinas de Garci Mendoza. Tesis de grado UATF. Potosí - Bolivia. 112 p.

ORTIZ, V. B.; ORTIZ, S. C. 1984. Edafología. 4ta ed. Mexico. 374 p.

OWEIS, T. and ACHUN, A. 2005. Agricultural Water Management. p. 80, 57-73

PAZ YUSTE, P. 1997. Suelos: Biblioteca de la agricultura. Idea Books 3v.

Editorial Mundi-Prensa

PERRÍN, R. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos Agronómicos.

PIZARRO, C. F. 1990. Riegos localizados de alta frecuencia. 2da ed. Ed. Mundi-Prensa España. p. 125-133.

PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos). 2002. Una Herencia de Catálogo Quinua.

PUYO, M. A., 1992. Influencia de diferentes regímenes de riego sobre el desarrollo vegetativo, productividad, maduración y calidad de vinos Cabernet sauvignon. Tesis. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 101 pp.

RAMOS, M. 2000. Comportamiento de dos variedades de quinua

(*Chenopodium quinoa* Willd) bajo riego diferenciado por fases
fenológicas en el altiplano central. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz-Bolivia.
Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 112 p.

RIVERO, L. 1985. Efecto del distanciamiento entre surcos y entre plantas sobre el rendimiento y otros caracteres de dos eco tipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada. Tesis M.S. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

ROBLES, S. R. 1986. Genética general y fitomejoramiento práctico. Limusa S:A: México. pp. 266-272.

RODRÍGUEZ, J. 2005. El papel del tamaño de semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en el crecimiento y desarrollo de las plantas frente a diferentes profundidades de siembra. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 110 p.

ROJAS, F. 2004. Evaluación del riego tradicional parcelario en Alfalfares (*Medicago sativa*) de la central de riego unificada de EL Choro. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz- Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía.

SALAS, M. 2004. Aplicación de tres niveles de fertilización nitrogenada en dos profundidades de aradura en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el centro experimental agropecuario Condoriri. Tesis UTO. Oruro - Bolivia. p. 59.

SICA (Servicio de Información Agropecuaria). 2001. Producción orgánica de quinua. Ministerio de agricultura, ganadería acuacultura y pesca del Ecuador.

SILLERS, W. S., FREDLUND, D.G. & ZAKERZADEH, N. 2001. "Mathematical Attributes of Some Soil-Water.

SOLIZ G. J. 2002. Producción de materia seca y concentración de proteína y saponina en quinua (*Chenopodium quínoa* Will.) para aplicación forrajera, bajo diferentes déficit de humedad en el suelo y ambientes. Tesis de grado en Doctor en ciencias agrícolas. Área: Sistemas de Producción. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Coahuila. México.

SUQUILANDA, M. 1991. Agricultura Orgánica. Quinoa. Manual para la producción orgánica. 35 pp.

TAPIA, M. 1997. Cultivos Andinos Subexplotados y su Aporte a la Alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 2 ed. Santiago Chile.

TAPIA, M. 1997. Cultivos andinos sub explotados y su aporte en la alimentación. 2da Edición. FAO. Santiago de Chile. 31 – 53 pp.

TUDELA, E. R. V. 1999. Fertilización nitrogenada en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo riego - secano y distancia entre surcos en el altiplano central. Tesis de grado. Oruro - Bolivia. p. 47, 49-50.

USDA. 1975. U.S. Salinity Staff, Clasificación de aguas de riego. USDA. Washington D.C.

YAGODIN, B. A. 1986. Agroquímica II. Editorial Mir Moscú. URSS. 464 p.

ANEXOS



ANEXO 1. Cálculo de Estiércol aplicado en la parcela

Cálculo de Estiércol para 4Tn/Ha:

$$4 \text{ Ton /ha} = 4000\text{kg} \longrightarrow 10000\text{m}^2$$

$$X \longrightarrow 66 \text{ m}^2$$

$$X = 26.4 \text{ Kg. /UE}$$

$$\text{Bloque} = 52.8 \text{ kg.}$$

$$3 \text{ bloques} = 158.4 \text{ kg.}$$

$$\text{Cantidad / hoyo} = 26.4 \text{ kg. / 50}$$

$$0.53 \text{ kg.} = 530 \text{ gr. / hoyo}$$

Cálculo de Estiércol para 8 Tn/Ha:

$$8 \text{ Ton /ha} = 8000\text{kg} \longrightarrow 10000 \text{ m}^2$$

$$X \longrightarrow 66 \text{ m}^2$$

$$X = 52.8 \text{ Kg. /UE}$$

$$\text{Bloque} = 105.6 \text{ kg.}$$

$$3 \text{ bloques} = 316.8 \text{ kg.}$$

$$\text{Cantidad / hoyo} = 52.8 \text{ kg. / 50}$$

$$= 1.050 \text{ kg.} = 1050 \text{ gr. / hoyo}$$

Cálculo de Estiércol para 12 Tn/Ha:

$$12 \text{ Ton /ha} = 12000\text{kg} \longrightarrow 10000 \text{ m}^2$$

$$X \longrightarrow 66 \text{ m}^2$$

$$X = 79.2 \text{ Kg. /UE}$$

$$3 \text{ bloques} = 475.2 \text{ kg.}$$

$$\text{Cantidad / hoyo} = 79.2 \text{ kg. / 50}$$

$$= 1.6 \text{ kg.} = 1600 \text{ gr. / hoyo}$$

$$\text{Bloque} = 158.4 \text{ kg.}$$

En total se incorporó 950.4 kg en todo el área experimental.

ANEXO 2. Procedimiento para el cálculo de nutrientes en el estiércol de llama, gestión 2008 – 2009 (según análisis anexo 13)

Cantidad de estiércol aplicado por nivel:

4 tn/ha = 4000 kg. / ha

8 tn/ha = 8000 kg. / ha

12 tn/ha = 12000 kg. / ha

Para nitrógeno:

Calculo de nitrógeno aportado para 4 tn/ha

100 kg de estiércol -----1.36 kg de nitrógeno total

4000 kg de estiércol ----- X

X = 40.5 kg de nitrógeno /ha.

Calculo de nitrógeno total para 8 tn/ha

100 kg de estiércol -----1.36 kg de nitrógeno total

8000 kg de estiércol ----- X

X = 81 kg de nitrógeno /ha

Calculo de nitrógeno total para 12 tn/ha

100 kg de estiércol -----1.36 kg de nitrógeno total

12000 kg de estiércol ----- X

X = 121.5 kg de nitrógeno /ha

Para fosforo

Calculo de fosforo para 4 tn/ha

100 kg de estiércol -----0.024 kg de fosforo

4000 kg de estiércol ----- X

X = 0.96 kg de fosforo/ha

Calculo de fosforo para 8 tn/ha

100 kg de estiércol -----0.024 kg de fosforo

8000 kg de estiércol ----- X

X = 1.92 kg de fosforo/ha

Calculo de fosforo para 12 tn/ha

100 kg de estiércol -----0.024 kg de fosforo

12000 kg de estiércol ----- X

X = 2.88 kg de fosforo/ha

Para potasio

Calculo de potasio para 4 tn/ha

100 kg de estiércol ----- 2.73 kg de potasio

4000 kg de estiércol ----- X

X = 109.2 kg de potasio/ha

Calculo de potasio para 8 tn/ha

100 kg de estiércol -----2.73 kg de potasio

8000 kg de estiércol ----- X

X = 218.4 kg de potasio/ha

Calculo de potasio para 12 tn/ha

100 kg de estiércol -----2.73 kg de potasio

12000 kg de estiércol ----- X

X = 327.6 kg de potasio/ha

ANEXO 3. Calculo de nutrientes en el suelo a partir de los datos del análisis químico del suelo (anexo14), gestión 2008-2009.

Calculo del peso de la capa arable (PCA) de la parcela experimental

$$PCA = \text{Área} * \text{Profundidad} * \text{Densidad aparente}$$

$$PCA = 10000 \text{ m}^2 / \text{ha} * 0.25 \text{ m} * 1470 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$PCA = 3675000 \text{ kg} / \text{ha}$$

Calculo de nitrógeno total

$$100 \text{ kg de suelo} \quad \text{-----} \quad 0,03\text{kg de nitrógeno total /ha}$$

$$3675000 \text{ kg de suelo} \quad \text{-----} \quad X$$

$$X = 1102.5 \text{ kg de nitrógeno total /ha}$$

Calculo de fosforo asimilable

$$\text{Relación } 17.25 \text{ ppm} = 17.25 \text{ kg de fosforo} / 1000000 \text{ kg de suelo}$$

$$1000000 \text{ kg de suelo} \quad \text{-----} \quad 17.25 \text{ kg de fosforo}$$

$$3675000 \text{ kg de suelo} \quad \text{-----} \quad X$$

$$X = 63.394 \text{ kg de fosforo disp./Ha}$$

Calculo de potasio

$$0.55 \text{ meq K} \quad 1 \text{ eq K} \quad 39 \text{ g K}$$

$$\text{-----} \times \quad \text{-----} \times \quad \text{-----} \quad = 0,0214 \text{ g K} / 100 \text{ g de suelo}$$

$$100\text{g de suelo} \quad 1000 \text{ meq} \quad 1 \text{ eq K} \quad = 0.0214 \text{ kg K} / 100 \text{ kg de suelo}$$

$$100 \text{ kg de suelo} \quad \text{-----} \quad 0.0214 \text{ kg de potasio}$$

$$3675000 \text{ kg de suelo} \quad \text{-----} \quad X$$

$$X = 786.45 \text{ kg de potasio cambiabile} / \text{ha}$$

Transformando los resultados en valores de N-P-K disponibles o asimilables

Para el nitrógeno: considerando un coeficiente de mineralización de 1 % para el altiplano

1102.5 kg de nitrógeno total /ha * 0.01 = 11.025 kg de N-NO₃ total /ha

Considerando el ciclo del cultivo 6 meses (1/2 año)

11.025 kg de N-NO₃ total /ha * 0.5 = 5.51 kg de nitrógeno mineral asimilable/ha/6 meses.

Para el fósforo: ya está en términos de fósforo asimilable

Para el potasio: se considera que el 50 % de potasio es disponible para la mayoría de los cultivos:

786.45 kg de potasio cambiante / ha * 0.5 = 393.22 kg de potasio disponible / ha

Transformando los valores de N-P-K disponibles a la forma de óxido

Para el nitrógeno: 5.51 kg de nitrógeno mineral asimilable/ha/6 meses.

Para el fósforo: 63.394 kg de P * 2.29 = 145.17 kg de P₂O₅/ha

Para el potasio: 393.22 kg de K disponible / ha * 1.2 = 471.86 kg K₂O/ha

Por lo tanto tenemos en el suelo:

5.51 - 145.17 - 471.86 N - P₂O₅ - K₂O

Considerando la eficiencia de absorción de nutrientes por las plantas (estimación para el altiplano). Es de: N = 40 % P = 20 % K = 40 %

Para el nitrógeno: 5.51 kg N/ha * 0.4 = 2.2 kg de N/ha

Para el fósforo: 145.17 kg de P₂O₅/ha * 0.2 = 29.03 kg de P₂O₅/ha

Para el potasio: 471.86 kg K₂O/ha * 0.4 = 188.74 kg de K₂O/ha

Por lo tanto la fertilidad actual del suelo antes de la siembra es:

2.2 - 29.03 - 188.74 N - P₂O₅ - K₂O

ANEXO 4. Calculo de los Niveles de Abonamiento aplicados en los tratamientos

Tomando los resultados calculados en el Anexo 3, la fertilidad del suelo antes de la siembra es: **2.2 - 29.03 - 188.74 N - P₂O₅ - K₂O**

Entonces:

	N	P₂O₅	K₂O
Requerimiento:	80	- 40	- 40
Disponibilidad:	2.2	- 29.03	- 188.74
Dosis restante:	77.8	- 10.97	- 0
Dosis Teórico Faltante:	78	- 11	- 0

Calculo del Nivel de Estiércol a aplicar en el suelo

$$78 \text{ Kg N} \times \frac{100 \text{ kg Estiércol}}{1.36 \text{ kg de N}} \times \frac{73.21 \text{ kg Estiércol seco}}{100 \text{ kg Estiércol}} = 4198.8 \text{ kg/ha}$$

= 4.2 ton Estiércol /ha

Tomando como referencia este valor se propone los siguientes niveles, uno superior e inferior al calculado:

0 ton Estiércol /ha

4 ton Estiércol /ha

8 ton Estiércol /ha

12 ton Estiércol /ha

ANEXO 5. Velocidad de infiltración por el método de dos puntos. (cilindros infiltrómetro)

N	Tiempo (min)	Tiempo acumulado	Lamina	Lamina acumulada	X	Y
			cm	cm	log Tac	Log Zin
	0	0	0	0	0	0
1	1	1	4	4	0	0.602
2	1	2	5.8	9.8	0.30	0.99
3	1	3	7.3	17.1	0.48	1.23
4	1	4	8.7	25.8	0.60	1.41
5	1	5	10.1	35.9	0.70	1.56
6	2	7	11.4	47.3	0.85	1.67
7	2	9	13	60.3	0.95	1.78
8	2	11	14.3	74.6	1.04	1.87
9	3	14	15.7	90.3	1.15	1.96
10	5	19	19.1	109.4	1.28	2.04
11	5	24	22.2	131.6	1.38	2.12
12	11	35	28.2	159.8	1.54	2.20
13	16	51	36.4	196.2	1.71	2.29
14	16	67	45.3	241.5	1.83	2.38
15	18	81	55	296.5	1.91	2.47
16	16	97	64.4	360.9	1.99	2.56
17	16	113	73.8	434.7	2.05	2.64
18	16	129	83.1	517.8	2.11	2.71
19	6	135	92.7	610.5	2.13	2.79
20	15	150	96	706.5	2.18	2.85
21	21	171	107.6	814.1	2.23	2.91
22	21	192	119.4	933.5	2.28	2.97
23	11	203	130.9	1064.4	2.31	3.03
24	31	234	142.3	1206.7	2.37	3.08
25	21	255	153.7	1360.4	2.41	3.13
				SUMATORI A	37.77	55.25

$$B = \frac{(N \sum XY - \sum X \sum Y)}{(N \sum X^2 - (\sum X)^2)}$$

B= 0.943

$$A = \frac{(\sum Yx \sum X^2 - \sum Xx \sum XY)}{(Nx \sum X^2 - (\sum X)^2)}$$

A = 0.7846

log A= 6.09

La Ecuación de la lamina infiltrada es:

$$Zin = kxT^a$$

$$Zin = 6.09 xT^{0.943}$$

Derivando la ecuación de la lamina infiltrada se obtiene la Infiltración

$$I = akxT^{a-1}$$

$$I = 0.943x6.09xT^{0.943-1}$$

$$I = 5.743xT^{-0.057}$$

Calculo de la velocidad de infiltración básica

Se asume que la infiltración básica corresponde al 10 % de la velocidad de infiltración:

$$VIB = 0.1 \times I$$

$$T(VIB) = (-10(a-1))$$

$$T(VIB) = (-10(0.057-1))$$

$$T(VIB) = 9.43 \text{ hrs.}$$

$$T(VIB) = 565.8 \text{ minutos}$$

Por lo tanto

$$I = 5.743 xT^{-0.057}$$

$$I = 5.743x(9.43)^{-0.057}$$

I = 5.05 cm/hrs

I= 50.5 mm/hrs

ANEXO 6. Análisis físico-químico de abonos



IBTEN

MINISTERIO DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR

CENTRO DE INVESTIGACIONES NUCLEARES

DIVISION DE QUIMICA

ANALISIS QUIMICO DE ABONOS

INTERESADO : *Proyecto QUINAGUA.*
PROCEDENCIA : *Departamento ORURO, Loc. IRIPANI,*
ALTIPLANO SUR

Nº SOLICITUD: *345B / 2006*
FECHA DE RECEPCION : *26 / noviembre / 2008*
FECHA DE ENTREGA : *3 / diciembre / 2008*

PROYECTO QUINAGUA - FACULTAD AGRONOMIA - UMSA

Nº Lab	CODIGO	Nitrógeno % N	Fósforo % P	Potasio % K	Materia seca %
1323 /2008	Muestra de estiércol	1.36	0.024	2.73	73.21

OBSERVACIONES : Resultados en base húmeda.



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA



MINISTERIO DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES NUCLEARES
DIVISION DE QUIMICA

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *Proyecto QUINAGUA.*
PROCEDENCIA : *Dpto. ORURO, Loc. IRIPANI,*
ALTIPLANO SUR

Nº SOLICITUD: *345A / 2006*
FECHA DE RECEPCION : *26 / noviembre / 2008*
FECHA DE ENTREGA : *3 / diciembre / 2008*

PROYECTO QUINAGUA - FACULTAD AGRONOMIA -UMSA

Nº Lab	CODIGO	Nitrogeno % N	Fósforo asimilable ppm P	Potasio intercambiable mg / 100 g
1322 /2008	Muestra de suelo	0.03	17.25	0.55

OBSERVACIONES




RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA

ANEXO 7. Análisis físico-químico de suelos antes de la siembra



MINISTERIO DE EDUCACION

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANALISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANEXO 8. Análisis químico de suelos - Nitrógeno mineral

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *JUAN CARLOS TINTAYA ESCARZA*
PROCEDENCIA : *Departamento ORURO, Provincia L. CABRERA,
IRPANI, ALTIPLANO SUR, SOLAR.*

NUMERO DE SOLICITUD : *122 / 2010*
FECHA DE RECEPCION : *4 / agosto / 2010*
FECHA DE ENTREGA : *19 / agosto / 2010*

N° Factura : *3847 - 10*

N° Lab.	IDENTIFICACION	Nitrógeno % (g/100 g suelo)	Amonio g / Kg suelo	Nitrato g / Kg suelo
522 /2010	Mi - 10 cm	0,030	0,003	0,022
523 /2010	I / T1 / 10	0,020	0,003	0,016
524 /2010	I / T2 / 10	0,030	0,003	0,016
525 /2010	I / T3 / 10	0,020	0,003	0,009
526 /2010	I / T4 / 10	0,030	0,006	0,012
527 /2010	I / T5 / 10	0,030	0,003	0,012
528 /2010	I / T6 / 10	0,020	0,003	0,006
529 /2010	I / T7 / 10	0,030	0,003	0,019
530 /2010	I / T8 / 10	0,050	0,006	0,012

OBSERVACIONES.-



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.



MINISTERIO DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES NUCLEARES
DIVISION DE QUIMICA

ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGUAS

INTERESADO : *MARIA ANGELICA HUANCA CONDORI*
PROCEDENCIA : *Departamento ORURO, Pvcia. LADISLAO CABRERA,*
Localidad SALINAS DE GARCI MENDOZA

N° SOLICITUD: *254 / 2008*
FECHA DE RECEPCION : *12 / septiembre / 2008*
FECHA DE ENTREGA : *29 / septiembre / 2008*

PROYECTO QUINAGUA

N° Lab.	CODIGO	pH	C. E. mS/cm	Sodio mg/L	Potasio mg/L	Calcio mg/L	Magnesio mg/L	Cloruros mg/L	Sulfatos mg/L	Carbo- natos mg/L	Bicar- bonatos mg/L	Sólidos totales mg/L	Sólidos en suspensión mg/L	Sólidos disueltos mg/L	Boro mg/L
943 /2008	Muestra de agua	7.94	0.70	47.00	4.28	58.03	11.85	86.86	66.32	0.00	150.98	560.37	25.20	535.17	3.49

OBSERVACIONES.-

C.E. : Conductividad Eléctrica (milli Siemens / cm)



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.

ANEXO. 9 Análisis
físico-químico del agua
de riego de la comunidad
de Irpani – Salinas de
Garci mendoza

: JUAN CARLOS TINTAY

ANEXO 10. Registro de fotografías del trabajo de investigación



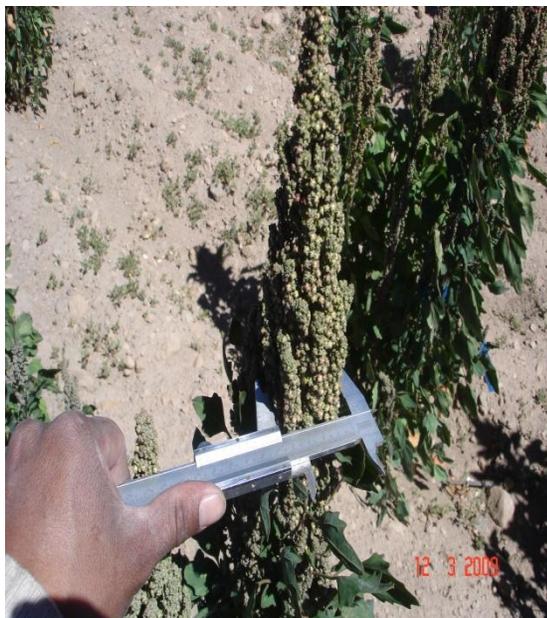
10-a. Área de experimental



10-b. Aplicación de abono de acuerdo a dosis para cada tratamiento



10-c. Control de plagas en el cultivo de quinua



10-d. toma de datos de las variables agronómicas



10-e. Cultivo de quinua a los 140 días después de la siembra



10-f. Riego en el cultivo de quinua de acuerdo a los tratamientos



10-g. Aplicación de riego con la ayuda de camellones



10-h. Cultivo de quinua a los 200 días después de la siembra



10-i. Cosecha escalonada de los bloques y tratamientos



10-j. Quinoa seca lista para la obtención de grano



10-k. Obtención de grano limpio por tratamiento



10-l pesaje del grano de quinua de los tratamientos



10-m. Determinación de la pendiente de la parcela, con el nivel en "A"



10-n. toma de muestras para determinar la humedad del suelo con la ayuda del barreno muestreador



10-o. Secado de las muestras de suelo, para el cálculo de humedad