

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



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN PARTICIPATIVA DEL RIEGO DEFICITARIO Y DE FERTILIZACIÓN  
ORGANICA SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE QUINUA  
(*Chenopodium quínoa* Willd) EN EL ALTIPLANO SUR**

**Octavio Condori Carvajal**

**La Paz – Bolivia  
2008**

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

**EVALUACIÓN PARTICIPATIVA DEL RIEGO DEFICITARIO Y DE FERTILIZACIÓN  
ORGANICA SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE QUINUA  
(*Chenopodium quínoa* Willd) EN EL ALTIPLANO SUR**

Tesis de Grado Presentado como requisito  
parcial para optar al Título de  
Ingeniero Agrónomo

**Octavio Condori Carvajal**

**Asesores:**

Ing. M.Sc. Sam Geerts .....

Ing. M.Sc. Cristal Taboada Belmonte .....

**Tribunal Examinador:**

Ing. Ph.D. Magali García Cárdenas .....

Ing. Roberto Miranda Casas .....

Ing. PhD. Rene Chipana Rivera .....

**APROBADO**

**Presidente Tribunal Examinador:**

.....

## **DEDICATORIA:**

A Mis Queridos Padres Policarpio Y  
Cristina & Aybo Y Justina

Todos Los Miembros De Mis Dos Familias  
Que Me Apoyaron Incondicionalmente.

A Mí Amada Y Querida Esposa Maria A.  
Huanca Condori. Por El Apoyo Y Paciencia  
En Todos Los Momentos Difíciles Que  
Pasamos En Alegrías Y Tristezas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar un sincero agradecimiento a las siguientes instituciones y personas que de una u otra manera hicieron posible la realización del trabajo de tesis.

Al proyecto QUINAGUA (Cooperación del Consejo Ínter Universitario Flamenco Bélgica)

A la Dra. Magali García Cárdenas, Coordinadora del proyecto Quinagua por haberme brindado la oportunidad de realizar mi tesis.

Al Ing. M.Sc. Sam Geerts, por su asesoramiento y paciencia, por compartir sus conocimientos sin ocultar nada, por ser mas que un amigo.

A la Ing. MSc. Cristal Taboada Belmonte, por su asesoramiento y amistad.

Al los señores (as) del Tribunal Revisor, por la revisión, las correcciones, y las sugerencias realizadas.

A la comunidad de Mejillones que me apoyo y acogió

## INDICE\_GENERAL

<b>INDICE GENERAL</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>XII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XIII</b>
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
Objetivo General .....	2
Objetivos Específicos.....	2
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>3</b>
<b>2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
2.1 Origen y descripción de la quinua.....	3
2.1.1 Origen de la quinua .....	3
2.1.2 Clasificación Taxonómica .....	3
2.1.3 Descripción botánica de la planta .....	4
2.1.3.1 Planta .....	4
2.1.3.2 Raíz.....	4
2.1.3.3 Tallo.....	4
2.1.3.4 Hojas .....	5
2.1.3.5 Inflorescencia.....	5
2.1.3.6 Flores.....	5
2.1.3.7 Fruto .....	6
2.2 Agronomía del cultivo de la quinua.....	6
2.2.1 Características fenológicas.....	6
2.2.1.1 Emergencia .....	6
2.2.1.2 Etapa cotiledónea .....	7
2.2.1.3 Dos hojas verdaderas .....	7
2.2.1.4 Etapa de cinco hojas alternas.....	7
2.2.1.5 Etapa de trece hojas alternas .....	8

2.2.1.6	Panojamiento .....	8
2.2.1.7	Inicio de floración .....	8
2.2.1.8	Grano lechoso.....	8
2.2.1.9	Grano pastoso .....	9
2.2.1.10	Madurez fisiológica .....	9
2.2.2	Requerimiento del cultivo .....	9
2.2.2.1	Suelo y pH .....	9
2.2.2.2	Agua .....	10
2.2.2.3	Temperatura .....	10
2.2.2.4	Radiación.....	10
<b>2.3</b>	<b>Características generales de los abonos orgánicos.....</b>	<b>11</b>
2.3.1	Importancia de la materia orgánica en el suelo .....	11
2.3.2	Abonos orgánicos.....	11
2.3.3	El estiércol .....	12
2.3.4	Ventajas y desventajas del estiércol .....	13
2.3.5	El estiércol como fuente de elementos nutritivos para las plantas .....	14
2.3.6	Uso de los abonos orgánicos en la producción de los cultivos .....	16
<b>2.4</b>	<b>Riego .....</b>	<b>16</b>
2.4.1	Importancia ecológica del agua .....	17
2.4.2	Efecto de la deficiencia de agua sobre las plantas .....	17
2.4.3	Características físicas del suelo respecto al riego .....	19
2.4.3.1	Profundidad efectiva.....	19
2.4.3.2	Textura .....	19
2.4.3.3	Curva de retención agua en el suelo .....	19
2.4.3.4	Calidad de agua .....	21
2.4.4	Eficiencia del uso de agua .....	22
2.4.5	Riego suplementario y deficitario .....	22
<b>2.5</b>	<b>Evapotranspiración.....</b>	<b>24</b>
2.5.1	Evapotranspiración de referencia (ET <sub>o</sub> ).....	24
2.5.2	Evapotranspiración del cultivo (ET <sub>c</sub> ) y coeficiente del cultivo K <sub>c</sub> .....	24
<b>2.6</b>	<b>Modelo de balance hídrico. (BUDGET).....</b>	<b>25</b>
<b>2.7</b>	<b>Técnicas de Investigación .....</b>	<b>26</b>
2.7.1	Diagnóstico participativo.....	26
2.7.2	Investigación participativa con la participación de los agricultores.....	27
2.7.3	Evaluación abierta.....	27

2.7.3.1	Ventajas de la evaluación abierta.....	28
2.7.4	Evaluación absoluta.....	28
2.7.5	Encuestas.....	28
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>30</b>
<b>3</b>	<b>LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>30</b>
3.1	Ubicación geográfica.....	30
3.1.1	Características agro climatológicas de la región.....	31
3.1.2	Vegetación.....	31
3.1.3	Fisiografía y suelos.....	32
<b>CAPITULO IV.....</b>		<b>33</b>
<b>4</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
4.1	Materiales y equipos.....	33
4.1.1	Abono orgánico (estiércol de llama).....	33
4.1.2	Material Biológico.....	33
4.1.3	Materiales de Campo.....	33
4.1.4	Material de gabinete.....	33
4.1.5	Equipos utilizados.....	34
4.2	Métodos.....	34
4.2.1	Trazado estaqueado y distribución de las parcelas.....	34
4.2.2	Siembra.....	34
4.2.3	Sombreado y Protección.....	34
4.2.4	Fertilización.....	35
4.2.5	Labores culturales.....	35
4.2.6	Cosecha y Poscosecha.....	35
4.2.7	Análisis del estiércol de llama.....	36
4.2.8	Análisis de suelo.....	36
4.2.9	Determinación de la velocidad de infiltración básica.....	36
4.2.10	Determinación de la curva de retención de agua en el suelo (pF).....	38
4.2.11	Riego.....	39
4.2.11.1	Calculo de la evapotranspiración de referencia (ET <sub>o</sub> ) y de la evapotranspiración del cultivo (ET <sub>c</sub> ).....	40
4.2.12	Simulación del balance hídrico para la quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en el altiplano sur de Bolivia con el modelo BUDGET.....	42
A.	Base de datos.....	42

B.	Simulación .....	43
C.	Programa:.....	44
4.2.13	Evaluación participativa.....	44
4.2.13.1	Tipos de preguntas en la evaluación abierta.....	44
4.2.13.2	Técnica de las Cajas de prueba: .....	45
4.2.13.3	Cuestionarios .....	46
4.2.14	Diseño Experimental .....	46
4.2.14.1	Modelo Aditivo Lineal .....	47
4.2.14.2	Factores de estudio.....	47
4.2.14.3	Formulación de tratamientos .....	47
4.2.15	Características de la parcela experimental .....	48
4.2.16	Croquis de la parcela experimental.....	49
4.2.17	Variables de Respuesta .....	49
4.2.17.1	Variables agronómicas.....	49
b)	Longitud de panoja (cm) .....	50
c)	Diámetro de panoja (cm).....	50
d)	Longitud de raíces (cm) .....	50
e)	Peso de 1000 granos (gr) .....	50
f)	Rendimiento (kg/ha) .....	51
g)	Índice de cosecha.....	51
h)	Determinación de la materia seca.....	51
4.2.17.2	Variables fenológicas .....	51
4.2.17.3	Determinación en grados día.....	52
4.2.17.4	Determinación del índice de área foliar.....	52
4.2.17.5	Determinación de la Humedad del suelo (mm) .....	53
4.2.17.6	Índice de eficiencia de uso de agua en grano (EUAG).....	54
4.2.17.7	Eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva (EUAB).....	54
4.2.17.8	Validación del balance hídrico para la quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en el altiplano sur de Bolivia con el modelo BUDGET.....	54
4.2.17.9	Sistematización de información obtenida mediante la evaluación participativa.....	54
4.2.17.9.1	Información agrícola .....	55
4.2.17.9.2	Información ganadera .....	55
4.2.17.9.3	Información productiva.....	55
4.2.17.9.4	Información sobre uso de riego .....	55
<b>CAPITULO V</b>	<b>.....</b>	<b>56</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>56</b>

5.1	Descripción de las características climáticas de la comunidad de Mejillones .....	<b>56</b>
5.1.1	Temperaturas de la gestión 2006-2007 de la comunidad de mejillones.....	57
5.1.2	Precipitación y Evapotranspiración de referencia de la gestión agrícola 2006-2007 en la Comunidad de Mejillones .....	58
5.1.3	Velocidad del viento y humedad relativa de la gestión 2006-2007 en la comunidad de mejillones. ....	59
5.2	Características de los factores abióticos de la parcela experimental .....	<b>60</b>
5.2.1	Propiedades físicas del suelo .....	60
5.2.2	Propiedades químicas del suelo .....	60
5.2.3	Estado de la fertilidad del suelo .....	61
5.2.4	Abonamiento orgánico con estiércol de llama .....	62
5.2.5	Calidad de agua .....	63
5.3	Resultados de las Variables agronómicas.....	<b>64</b>
5.3.1	Altura de planta .....	64
5.3.1.1	Altura de planta en función del riego deficitario.....	65
5.3.1.2	Altura de planta en función al abono orgánico .....	66
5.3.2	Longitud de panoja.....	67
5.3.2.1	Longitud de panoja en función del riego deficitario.....	68
5.3.2.2	Longitud de panoja en función al abono orgánico .....	68
5.3.3	Diámetro de panoja .....	69
5.3.3.1	Diámetro de panoja en función del riego deficitario.....	69
5.3.3.2	Diámetro de panoja en función al abono orgánico .....	70
5.3.4	Profundidad radicular .....	71
5.3.5	Peso de 1000 granos .....	72
5.3.5.1	Peso de 1000 granos en función al riego deficitario .....	72
5.3.5.2	Peso de 1000 granos en función al abono orgánico.....	72
5.3.6	Rendimiento de grano .....	73
5.3.6.1	Rendimiento de la quinua en función del riego deficitario.....	73
5.3.6.2	Rendimiento de la quinua en función de la fertilización orgánica.....	74
5.3.7	Índice De Área Foliar.....	75
5.3.8	Evolución de la fitomasa fresca .....	76
5.3.9	Índice de cosecha .....	77
5.3.9.1	Índice de cosecha en función del riego deficitario .....	77
5.3.9.2	Índice de cosecha en función de la fertilización orgánica .....	78
5.4	Variables Fenológicas.....	<b>78</b>

5.4.1	Etapa de emergencia (EE) .....	79
5.4.2	Etapa de floración (EF).....	80
5.4.3	Estado grano duro (EGD).....	81
5.4.4	Duración en grados días .....	81
5.4.4.1	Grados día en la etapa de floración .....	82
5.4.4.2	Grados día en estado grano pastoso.....	83
5.4.4.3	Grados días en estado grano duro (EGD) .....	84
<b>5.5</b>	<b>Comportamiento de la humedad en el suelo. ....</b>	<b>85</b>
5.5.1	Velocidad de infiltración.....	85
5.5.2	Curva de retención de agua en el suelo (PF).....	86
5.5.3	Variaciones de la humedad del suelo. ....	87
5.5.3.1	Variaciones de la humedad del suelo mediante el método gravimétrico .....	87
5.5.3.2	Variaciones de la humedad volumétrica del suelo de los tratamientos 1 y 3 versus la simulación del modelo BUDGET.....	87
5.5.3.3	Índice de eficiencia de uso de agua en grano (EUAG).....	89
5.5.3.3.1	Eficiencia de uso de agua en grano de quinua en función del riego deficitario. ....	90
5.5.3.3.2	Eficiencia de uso de agua en grano de quinua en función de la fertilización orgánica. ....	91
5.5.3.4	Eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva (EUAB).....	91
5.5.3.4.1	Eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva en función del riego deficitario. ....	92
5.5.3.4.2	Eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva función de la fertilización orgánica. ....	92
<b>5.6</b>	<b>Evaluación participativa. ....</b>	<b>93</b>
5.6.1	Aspectos generales .....	93
5.6.2	Población productora de quinua .....	93
5.6.3	Vías de comunicación .....	93
5.6.4	Datos de producción ganadera en la comunidad de Mejillones. ....	94
5.6.5	Producción agrícola.....	94
5.6.5.1	Uso de la tierra.....	94
5.6.5.2	Calendario agrícola .....	95
5.6.5.3	Proceso productivo de quinua .....	96
5.6.5.3.1	Preparación de terreno .....	96
5.6.5.3.2	Rotación del cultivo.....	96
5.6.5.3.3	Abonamiento .....	96
5.6.5.3.4	Superficie cultivada por familia.....	96

5.6.5.3.5	Lugar de procedencia de la semilla .....	97
5.6.5.3.6	Rendimiento .....	97
5.6.5.3.7	Destino de la producción.....	98
5.6.5.4	Situación productiva con relación al uso de riego .....	98
5.6.5.4.1	Acceso al riego .....	98
5.6.5.5	Uso de agua para riego.....	99
5.6.5.6	Disposición de regar el cultivo de quinua.....	99
5.6.5.7	Disposición para invertir en implementar en sistemas de riego .....	100
5.6.6	Evaluación de los tratamientos .....	100
<b>CAPITULO VI.....</b>		<b>103</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>103</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>105</b>
<b>8</b>	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>106</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cantidades promedios de contenido de nutrientes de distintas especies .....	13
Cuadro 2. Clasificación de la conductividad eléctrica .....	21
Cuadro 3. Clasificación de R.A.S. ....	22
Cuadro 4. Datos Climatológicos de la Estación de San Agustín y Mejillones .....	31
Cuadro 5. Coeficiente de cultivo para las diferentes fases fenológicas .....	41
Cuadro 6. Balance hídrico y programación de riego calculado para la gestión 2006/2007 expresado en mm.....	41
Cuadro 7 Formulación de tratamientos .....	47
Cuadro 8. Registro de datos climáticos promedios durante el desarrollo del cultivo en la Localidad de Mejillones, Provincia Enrique Valdivieso, Gestión 2006-2007 .....	56
Cuadro 9. Resumen del análisis físico de suelo de la comunidad de Mejillones, provincia Enrique Valdivieso gestión 2006-2007.....	60
Cuadro 10. Análisis químico del suelo de la parcela experimental, comunidad de Mejillones gestión 2006-2007.....	60
Cuadro 11. Análisis químico del estiércol de llama (guano) en % de materia seca.....	62
Cuadro 12. Aporte de elementos nutritivos (E.N.) de acuerdo a la aplicación de los niveles de estiércol de llama en el suelo. ....	62
Cuadro 13. Análisis químico de agua de la comunidad de Mejillones.....	63
Cuadro 14. Prueba Tukey para la altura de planta (cm) por efecto del riego deficitario.....	65
Cuadro 15. Prueba Tukey para la altura de planta (cm) por efecto de la fertilización orgánica. ....	66
Cuadro 16. Prueba Tukey para la longitud de panoja (cm) por efecto del riego deficitario.....	68
Cuadro 17. Prueba Tukey para la Longitud de panoja (cm) en función del abono orgánico .....	69
Cuadro 18. Prueba Tukey para el diámetro de panoja (cm) en función del riego deficitario.....	70
Cuadro 19. Prueba Tukey para el diámetro de panoja (cm.) en función del abono orgánico .....	71
Cuadro 20. Profundidad radicular de quinua bajo riego deficitario y a secano con la fertilización orgánica .....	71
Cuadro 21. Prueba Tukey para el peso de 1000 granos en función del riego deficitario .....	72
Cuadro 22. Peso de 1000 granos en función del abono orgánico .....	73
Cuadro 23. Prueba Tukey para el rendimiento (kg/ha) en función del riego deficitario. ....	73
Cuadro 24. Prueba Tukey para el Rendimiento en función del abono orgánico.....	74
Cuadro 25. Prueba Tukey del índice de cosecha en función del riego deficitario. ....	77
Cuadro 26. Comparación de medias del índice de cosecha, en función del abono orgánica .....	78
Cuadro 27. Prueba de Tukey para la etapa de emergencia con efectos riego deficitario y secano.....	79
Cuadro 28. Prueba de Tukey par la etapa de emergencia con efectos del abono orgánico .....	79
Cuadro 29. Prueba de Tukey para la etapa de floración con efectos riego deficitario y secano.....	80

Cuadro 30. Prueba de Tukey para la etapa floración con efectos del abono orgánico. ....	80
Cuadro 31. Prueba Tukey para la etapa de grano duro con efectos riego deficitario y secano. ....	81
Cuadro 32. Prueba Tukey para la etapa de grano duro con efectos del abono orgánico. ....	81
Cuadro 33. Grados día en relación a cada etapa fenológica en los diferentes tratamientos.....	82
Cuadro 34. Comparación de medias en grados días de la etapa de floración con efectos riego deficitario y secano.....	82
Cuadro 35. Comparación de medias en grados días de la etapa de floración con efectos de la fertilización orgánica. ....	82
Cuadro 36. Comparación de medias en grados día en estado pastoso de grano con efectos del riego deficitario.....	83
Cuadro 37. Comparación de medias en grados día desde la siembra hasta el estado pastoso de grano en función del abono.....	83
Cuadro 38. Comparación de medias en grados días de la etapa de madures fisiológica con efectos riego deficitario y secano.....	84
Cuadro 39. Comparación de medias en grados días de la etapa de madures fisiológica con efectos de la fertilización orgánica.....	84
Cuadro 40. Contenido de agua en el suelo (vol %) a capacidad de campo, punto de marchites permanente y punto de saturación a diferentes profundidades .....	86
Cuadro 41. Prueba Tukey para la eficiencia de uso de agua en grano en función del riego deficitario.....	90
Cuadro 42. Prueba Tukey para la eficiencia de uso de agua en grano en función del abono orgánico. ....	91
Cuadro 43. Prueba Tukey para la eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva en función del riego deficitario. ....	92
Cuadro 44. Prueba Tukey para la eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva en función del abono orgánico.....	93
Cuadro 45. Uso actual de la tierra para la agricultura.....	95
Cuadro 46. Calendario agrícola para distintas actividades .....	95
Cuadro 47. Abonado del suelo en el cultivo de quinua .....	96
Cuadro 48. Tamaño de parcelas cultivas con quinua .....	96
Cuadro 49. Procedencia de la semilla a ser sembrada .....	97
Cuadro 50. Rendimiento promedio obtenido por las familias.....	97
.Cuadro 51. Destino de la producción obtenida en la gestión 2006-2007. ....	98
Cuadro 52. Causa por la cual no riegan la quinua.....	98
Cuadro 53. Porcentaje de la población que aplica riego en la comunidad de Mejillones .....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Regiones de la curva característica de agua del suelo (Sillers, Fredlun & Zakerzadeh 2001) .....	20
Figura 2. Ubicación del área de investigación en la provincia Enrique Baldivieso Comunidad de Mejillones.....	30
Figura 3. Cosecha con la comunidad de Mejillones .....	35
Figura 4. Toma de muestra de suelo de la comunidad de Mejillones para el análisis químico y físico. ....	36
Figura 5. Determinación de la velocidad de infiltración básica por el método del doble anillo .....	37
Figura 6. Cámara de arena y ollas de presión para determinar la curva pF.....	38
Figura 7. Riego manual en la Comunidad de Mejillones .....	39
Figura 8. Menú principal del programa BUDGET. ....	42
Figura 9. Menú de salida del programa BUDGET con los datos de entrada salida y la gráfica. ....	43
Figura 10. Evaluación participativa de las unidades experimentales por los agricultores de la comunidad de Mejillones gestión 2006-2007.....	45
Figura 11. Evaluación participativa de las unidades experimentales por los agricultores de la comunidad de Mejillones gestión 2006-2007 .....	45
Figura 12. Caja de prueba con su respectiva pregunta y respuesta.....	46
Figura 13. Croquis de la parcela experimental.....	49
Figura 14. Calicata para determinar la profundidad de la raíz.....	50
Figura 15. Determinación del índice del área foliar con el equipo Accu Par .....	52
Figura 16. Comportamiento de la temperatura máxima, mínima y media durante el desarrollo del cultivo en la comunidad de Mejillones gestión 2006-2007 (°C).....	57
Figura 17. Precipitación pluvial ocurrida durante el desarrollo del cultivo en la localidad de Mejillones, Gestión 2006-2007 (mm/mes).....	58
Figura 18. Altura de planta obtenida de los cuatro tratamientos durante el desarrollo del cultivo en la comunidad de mejillones gestión 2006-2007 .....	65
Figura 19. Longitud de panoja obtenida de los cuatro tratamientos durante el desarrollo del cultivo en la comunidad de mejillones gestión 2006-2007 .....	67
Figura 20. Índice de área foliar del cultivo de la quinua en la comunidad de Mejillones. ....	75
Figura 21. Evaluación de la biomasa poner unidades experimental en kg/ha .....	76
Figura 22. Duración de las fases fenológicas en los diferentes tratamientos.....	79
Figura 23. Velocidad de infiltración de la comunidad de mejillones provincia Enrique Valdivieso gestión 2006-2007 .....	85
Figura 24. Variaciones de la humedad del suelo en un perfil de 1 m, y. Del tratamiento 1.....	87
Figura 25. Variaciones de la humedad del suelo en un perfil de 1 m, y modelización. Del tratamiento 1 .....	88

Figura 26. Variaciones de la humedad del suelo en un perfil de 1 m, y modelización del tratamiento 3 .....	88
Figura 27. Eficiencia de uso de agua en la producción de grano ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) para los 4 tratamientos.....	89
Figura 28. Eficiencia de uso de agua en la producción de biomasa no reproductiva para los 4 tratamientos en ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). .....	91
Figura 29. Tenencia de ganado en la comunidad de Mejillones gestión 2000.....	94
Figura 30. Disposición de regar el cultivo de quinua .....	99
Figura 31. Evaluación de los tratamientos por los agricultores. ....	100

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis químico de suelo, de la Comunidad de Mejillones gestión 2006 .....	XVII
Anexo. 2. Análisis químico del estiércol de llama, de la Comunidad de Mejillones gestión 2006..	XVIII
Anexo 3. Análisis físico químico de aguas, de la comunidad de Mejillones gestión 2006 .....	XIX
Anexo 4. Procedimiento para el cálculo de elementos nutritivos presentes en el estiércol, a partir del análisis químico de estiércol de llama, gestión 2006-2007 .....	XX
Anexo 5. Procedimiento para el calculo de nutrientes en el suelo a partir de los datos del análisis de suelo, gestión 2006-2007. ....	XXI
Anexo 6. Velocidad de infiltración por el método de los dos puntos.....	XXIII
Anexo 7. Seguimiento de la altura de planta en cm. ....	XXV
Anexo 8. Seguimiento de la longitud de panoja .....	XXV
Anexo 9. Seguimiento de la fitómasa desde la siembra hasta la cosecha .....	XXVI
Anexo 10. Seguimiento del índice de área foliar en todo el siglo agrícola.....	XXVI
Anexo 11. Promedios del diámetro de panoja.....	XXVI
Anexo 12. Peso de 1000 granos .....	XXVII
Anexo 13. Rendimiento total por unidad experimental con sus respectivas repeticiones .....	XXVII
Anexo 14. Índice de Cosecha del cultivo de la quinua de la Comunidad de Mejillones .....	XXVIII
Anexo 15. Seguimiento de las fases fenológicas.....	XXVIII
Anexo 16. Resultados de las ollas a presión para la determinación de curva pF.....	XXVIII
Anexo 17. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) .....	XXIX
Anexo 18. Análisis de varianza para variable longitud de panoja (cm).....	XXIX
Anexo 19. Análisis de varianza para el diámetro de panoja en cm.....	XXIX
Anexo 20. Análisis de varianza del peso de 1000 granos. ....	XXX
Anexo 21. Análisis de varianza del rendimiento de grano para el cultivo de la quinua en la Comunidad de mejillones .....	XXX
Anexo 22. Análisis de varianza de la fitomasa para el cultivo de la quinua en la Comunidad de mejillones .....	XXX
Anexo 23. Análisis de varianza del índice de cosecha para el cultivo de la quinua en la Comunidad de mejillones. ....	XXXI
Anexo 24. Análisis de varianza de la humedad del suelo en la última fecha y por fechas.....	XXXI
Anexo 25. Anales de varianza de la eficiencia de uso de agua en grano de quinua .....	XXXII
Anexo 26. Anales de varianza de la eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva de quinua.....	XXXII

## **RESUMEN**

El Altiplano Sur Boliviano, es un área netamente quinuera ya que ningún otro cultivo se adapta a estas zonas con condiciones edafoclimáticas tan adversas, como ser las altas y bajas temperaturas el poco contenido de materia orgánica en el suelo la baja fertilidad del suelo y la escasa precipitación pluvial.

A causa de la lluvia limitada y muy variable, la producción de la quinua es inestable. Es por eso que se quiere implementar la estrategia de riego deficitario en la quinua de manera de que se pueda estabilizar la producción. Para este fin, en el presente estudio, por la poca disponibilidad del recurso agua, se planteo regar solamente en la época de floración y grano lechoso del cultivo.

Adicionalmente y dado que la producción de la quinua va disminuyendo en forma sostenida debido a la baja fertilidad del suelo, se planteó incorporar materia orgánica (estiércol de llama) al suelo con la finalidad de aumentar la producción. Sin embargo sin importar el resultado técnico de estas medidas, ningún trabajo tendrá completo éxito si no cuenta con la participación y aceptación del productor.

Por lo mencionado, el presente trabajo de investigación fue realizado con el objetivo de determinar la dinámica socioeconómica en la producción de quinua en la comunidad de Mejillones de la Provincia Enrique Valdivieso del departamento de Potosí desde el punto de vista, del agricultor y para evaluar la factibilidad de implementar actividades de riego y fertilización en estas zonas típicamente productoras de quinua.

Para poder intercambiar opiniones con los agricultores se instaló una parcela demostrativa con cuatro tratamientos. El primer tratamiento constituyó el testigo, el segundo recibió abono orgánico por 2 t/ha; el tercer tratamiento fue regado en la época de floración y grano lechoso en una cantidad de 41 mm y el ultimo tratamiento evaluó la interacción del riego deficitario y la incorporación de abono orgánico.

Durante el ciclo del cultivo, fueron monitoreado: la evolución de biomasa, la longitud de las raíces, la cantidad de riego aplicado y la humedad de suelo.

Adicionalmente se determinó el rendimiento en grano, la eficiencia de uso de agua (EUA) y el índice de cosecha (IC)

Los resultados obtenidos, bajo las condiciones en las que se efectuó el estudio fueron los siguientes:

En las variables altura de planta, diámetro de panoja, longitud de panoja, longitud de raíz, índice de área foliar, índice de cosecha, evaluación de la materia seca, etc. no se encontraron diferencias significativas, en cuanto a los niveles de fertilización orgánica. Presumiblemente esto se debe al bajo contenido de nitrógeno total en el guano, que provocó que no existieran diferencias en el cultivo

Por otra parte tampoco se encontraron diferencias en el cultivo, en cuanto a la aplicación de riego deficitario y a secano, debido a que la aplicación del riego fue mínima por la poca disponibilidad de agua en el lugar y a las dificultades en la aplicación del riego, lo cual sumado a la baja cantidad de precipitación no llegó a satisfacer las necesidades de la quinua.

Los resultados del estudio fueron aplicados en un proceso de modelización con el fin de evaluar el modelo Budget para su aplicación en quinua. Para este objetivo se pudo observar que los datos obtenidos tanto del cultivo como de humedad del suelo fueron apropiadamente reflejados por el modelo gravimétrico reflejando incluso las limitadas precipitaciones encontradas. En cuanto a la opinión de los agricultores sobre el riego, ellos mencionan que si están de acuerdo con el riego de la quinua, ya que es beneficiosa, pero no lo aplican por la escasez de agua en el lugar y en cuanto a la fertilización orgánica no la realizan por que consideran que no es necesario, pues cuando una parcela reduce su productividad, ellos habilitan otra parcela, terminando de esta manera con sus reservas de áreas de pastoreo. Al reducir las áreas de pastoreo también se reduce la crianza de animales, la cual llega a afectar en la disponibilidad de abono. En general, si existe la accesibilidad de abono, pero en mínimas cantidades.

## SUMMARY

The Southern Bolivian Highlands, is an important zone for quinoa cultivation, because as no other crop, it is adapted to the extremely adverse agro-climatic conditions of drought, frost, low soil organic matter and soil salinity. Because of the limited and very variable rain, the production of quinoa is unstable. It is for that reason that it is useful to implement a deficit irrigation strategy to stabilize quinoa production. Because water resources are very limited, water is only applied in the sensitive stages of flowering and milky grain. Additionally and since the production of the quinoa diminishes due to a drop in fertility, the effect of organic matter (manure) on quinoa production was also assessed. However without caring the technical result of these measures, no work will have complete success if it doesn't have the participation and acceptance of the producer. For that mentioned, the present investigation work was carried out with the objective of determining the socioeconomic dynamics in the quinoa production in the community of Mejillones (province of Enrique Baldivieso, department of Potosi) from the point of view of the farmer and to evaluate the feasibility of implementing deficit irrigation activities and fertilization in these quinoa producing areas. To be able to exchange opinions with the farmers a demonstrative parcel with four treatments was installed. The first treatment constituted the witness, the second he/she received organic matter quantity of 2 Tm /ha; the third treatment was watered during the flowering and milky grain phase in a quantity of 51 mm and fourth treatment evaluated the interaction of the deficit watering and the incorporation of organic matter. During the cultivation cycle, the following response variables were monitored: the evolution of biomass, the longitude of the roots, the quantity of applied watering and the soil humidity. Additionally the yield in grain, the efficiency of water use and the harvest index were determined.

The obtained results, under the current study conditions were the following ones: For the variables plant height, cob diameter, cob longitude, root to shoot ratio and the harvest index, no significant differences were found between

different different levels of organic fertilization. Presumably this is due to the fact that the total nitrogen in the organic matter was very low that provoked that differences didn't exist in the cultivation. On the other hand no differences in response variables were found between irrigated and unirrigated treatments. Most probably because the water application was too low due to the low availability of water in the place and to the difficulties in the application of the watering, that which added to the extremely low quantity of precipitation it didn't end up satisfying the necessities of the quinoa. The results of the study were applied in a modelling process with the purpose of evaluating the model BUDGET for the modelling of quinoa. For this objective one could observe that the data obtained point of the cultivation like of humidity of the soil they were appropriately reflected by the model even reflecting the highly limited precipitations. As for the opinion of the farmers on the watering, they mention that if they agree but they don't apply it because of the shortage of water in the region and as for the organic fertilization they don't apply it because it is considered that it is redundant, since once a parcel reduces its productivity, they enable another field, finishing this way with its reservations of shepherding areas and reducing its cattle area. This way a vicious circle is imposed in the since that the parcels don't have enough fertilizer due to a lack of animals and they cannot be raised more because due to the low fertilizer availability, the farmers enable new parcels. In general, if more organic matter is available, the farmers use it for their horticultural small areas.

## CAPITULO I

### 1 INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un grano de origen americano de la región andina, que tiene una distribución amplia en diferentes ecosistemas desde Colombia, hasta Argentina y Chile, predominando en Bolivia, Ecuador y Perú. Presenta una gran adaptación a suelos salinos alcalinos siendo tolerante a las heladas y sequías.

Este cultivo, es uno de los más importantes en toda la zona del altiplano de Bolivia y Perú. No obstante los rendimientos, por lo general son muy bajos (entre 400 a 600 kg/ha) e irregulares, debido a diferentes factores adversos como temperaturas bajas y pocas precipitaciones, características del medio ambiente reinante. La quinua como la mayoría de las especies de la región del altiplano se cultiva bajo condiciones de seco lo que limita una buena producción ocasionando bajos rendimientos.

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.

Por otra parte con los resultados obtenidos se podrá validar un Software de balance hídrico llamado BUDGET la cual nos permitirá realizar estrategias de riego maximizando la disponibilidad de agua

Con la finalidad de obtener mejores rendimientos de quinua se ha dado también mayor importancia a los abonos orgánicos, los cuales no son utilizados adecuadamente por el agricultor; debido a una serie de factores, como ser el poco acceso a asesoramiento técnico. Analizando estos aspectos, los centros de investigación agrícola realizan diversos estudios sobre el uso de fertilizantes orgánicos

Es por eso que el presente trabajo de investigación toma en cuenta las experiencias de los agricultores los cuales cuentan con un conocimiento de años de experiencia las cuales pueden ser intercambiados con los técnicos para así llegar a maximizar los conocimientos.

### **Objetivo General**

- Evaluar la aplicación de riego deficitario y de fertilización orgánica sobre el desarrollo y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) utilizando metodología de evaluación participativa en la comunidad de Mejillones de la provincia Enrique Valdivieso, departamento de Potosí.

### **Objetivos Específicos**

- Estudiar el efecto de niveles de estiércol en el comportamiento agronómico y fenológico del cultivo de quinua
- Evaluar el comportamiento agronómico y fenológico de la quinua en condiciones de riego deficitario.
- Validar un modelo de simulación adecuado para la quinua bajo las condiciones extremas del Altiplano Sur.
- Evaluar los resultados con la participación de las familias productoras de quinua.

## CAPITULO II

### 2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 Origen y descripción de la quinua

##### 2.1.1 Origen de la quinua

Mújica, et al. (2004), mencionan que la quinua en el pasado ha tenido amplia distribución geográfica, que abarcó en Sudamérica, desde Nariño en Colombia hasta Tucumán en Argentina y las Islas de Chiloé en Chile, también fue cultivada por las culturas precolombinas, Aztecas y Mayas en los valles de México, denominándola Huauzontle. La quinua en la actualidad tiene distribución mundial.

Wilson y Heiser (1979), manifiestan, que desde el punto de vista de su variabilidad genética puede considerarse que la quinua, tiene un centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple, siendo la región andina el centro de origen, las que muestran mayor diversidad y variación genética.

Tapia, (1997), indica que el cultivo de la quinua se extiende del norte al sur del continente Sudamericano, se pueden señalar a Bolivia, Perú, Colombia, Ecuador, Chile y Argentina como centros actuales de mayor producción de quinua.

##### 2.1.2 Clasificación Taxonómica

Según The Angiosperm Phylogeny Group (2003) la clasificación taxonómica de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es la siguiente:

Reino	:	Vegetal
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Sub Clase	:	Angiospermas
Orden	:	Caryophyllales
Familia	:	Amaranthaceae
Sub-familia	:	Chenopodiaceae
Genero	:	Chenopodium
Especie	:	<i>Chenopodium quinoa</i> Willdenow

### **2.1.3 Descripción botánica de la planta**

Mújica, et al. (2004), indica que la quinua, es una planta herbácea anual, de amplia dispersión geográfica, presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se la cultiva.

La quinua se cultiva desde el nivel del mar hasta zonas sobre los 4000 msnm, desde zonas áridas, hasta zonas húmedas y tropicales, desde zonas frías hasta templadas y cálidas; muy tolerante a los factores abióticos adversos como son sequía, helada, salinidad de suelos y otros que afectan a las plantas cultivadas.

#### **2.1.3.1 Planta**

Mújica, et al. (2004), menciona que la planta, es erguida, alcanza alturas variables desde 30 a 250 cm, dependiendo del tipo de quinua, de los genotipos, de las condiciones ambientales, la fertilidad de los suelos; las de valle tienen mayor altura que las que crecen por encima de los 4000 m.s.n.m y de zonas frías, su coloración varía con los genotipos y fases fenológicas.

#### **2.1.3.2 Raíz**

Según Mújica, et al. (2004), La raíz es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, la cual posiblemente le da resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta, se diferencia fácilmente la raíz principal de las secundarias que son en gran número, a pesar de que pareciera ser una gran cabellera

#### **2.1.3.3 Tallo**

Según Mújica, et al. (2004),. el tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones, puesto que las hojas son alternas dando una configuración excepcional, el grosor del tallo también es variable siendo mayor en la base que en el ápice, dependiendo de los genotipos y zonas donde se desarrolla.

#### **2.1.3.4 Hojas**

Según Mújica, et al. (2004), las hojas son alternas y están formadas por pecíolo y lámina, los pecíolos son largos, finos y acanalados en su parte superior y de longitud variable dentro de la misma planta, de forma romboidal, triangular o lanceolada, plana u ondulada, algo gruesa, carnosa y tierna.

Según Cornejo, (1976), en muchas zonas del área andina se utilizan las hojas tiernas previas a la floración como hortaliza de hojas apta en la alimentación humana, por su alto valor nutritivo ya que contiene vitaminas, minerales y proteínas de calidad.

#### **2.1.3.5 Inflorescencia**

Según Mújica, et al. (2004), la panoja esta constituida por un eje central, secundarios, terciarios y pedicelos que sostienen a los glomérulos así como por la disposición de las flores y por que el eje principal está más desarrollado que los secundarios.

La longitud de la panoja es variable, dependiendo de los genotipos, tipo de quinua, lugar donde se desarrolla y condiciones de fertilidad de los suelos, alcanzando de 30 a 80 cm de longitud por 5 a 30 cm de diámetro, el número de glomérulos por panoja varía de 80 a 120.

#### **2.1.3.6 Flores**

Rea (1969), indica que las flores presentan, por lo general un perigonio sépaloide, rodeado de cristales de oxalato de calcio generalmente cristalinas, con cinco sépalos, de color verde, un androceo con cinco estambres cortos, curvos de color amarillo y filamentos cortos y un gineceo con estigma central.

Erquinigo (1970), menciona que las flores son muy pequeñas, alcanzan un tamaño máximo de 3 mm en caso de las hermafroditas y las pistiladas son más pequeñas las que dificultan su manejo para efectuar cruzamientos y emasculaciones.

### **2.1.3.7 Fruto**

Gallardo, et al, (1997), menciona que el fruto es aquenio, que se deriva de un ovario súpero unilocular y de simetría dorsoventral, tiene forma cilíndrico- lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, en la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo y contiene una sola semilla, de coloración variable, con un diámetro de 1.5 a 4 mm, la cual se desprende con facilidad a la madurez y en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la selección, el contenido de humedad del fruto a la cosecha es de 14.5%.

## **2.2 Agronomía del cultivo de la quinua**

### **2.2.1 Características fenológicas**

Según Mújica, et al. (1989), las fases fenológicas son los cambios externos visibles del proceso de desarrollo de la planta, 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; así mismo le permite evaluar la marcha de la campaña 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.

La quinua presenta fases fenológicas bien marcadas y diferenciadas, las cuales permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta, se han determinado diez fases fenológicas.

#### **2.2.1.1 Emergencia.**

Mújica, et al. (1989), indica que la etapa de emergencia es cuando la plántula sale del suelo y extiende las hojas cotiledonales, pudiendo observarse en el surco las

plántulas en forma de hileras nítidas, esto ocurre de los 7 a 10 días de la siembra, siendo susceptibles al ataque de aves en sus inicios, pues como es dicotiledónea, salen las dos hojas cotiledonales protegidas por el episperma y pareciera mostrar la semilla encima del talluelo facilitando el consumo de las aves, por la succulencia de los cotiledones.

#### **2.2.1.2 Etapa cotiledónea**

Mújica, et al. (1989), indica que la etapa de cotiledones es la etapa posterior al cuarto día después de la siembra, en la que el hipocotilo curvo se endereza verticalmente, dando lugar a la expansión horizontal de dos cotiledones; la plúmula visible forma un pequeñísimo cono con el vértice hacia arriba. La raíz seminal se elonga rápidamente abajo, formándose a lo largo de ella finísimos pelos radiculares de color blanco.

#### **2.2.1.3 Dos hojas verdaderas**

Mújica, et al. (1989), indica que las dos hojas verdaderas es cuando fuera de las hojas cotiledonales, que tienen forma lanceolada, aparecen dos hojas verdaderas extendidas que ya poseen forma romboidal y se encuentra en botón el siguiente par de hojas, ocurre de los 15 a 20 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido de las raíces. En esta fase se produce generalmente el ataque de insectos cortadores de plantas tiernas.

#### **2.2.1.4 Etapa de cinco hojas alternas**

Mújica, et al. (1989), indica que durante el transcurso de esta etapa el tejido meristemático apical cambia de la etapa vegetativa a la reproductiva, es decir, del proceso de formación solamente de primordios foliares (crecimiento) al proceso de formación alternativa de primordios foliares y florales (crecimiento mas desarrollo). Externamente esta etapa se caracteriza por la expansión de 5 primeras hojas alternas, el resto de las hojas en crecimiento se encuentran arrelladas alrededor.

### **2.2.1.5 Etapa de trece hojas alternas**

Mújica, et al. (1989), indica que esta etapa implica un notable crecimiento en tamaño de la planta junto a las dos siguientes etapas, debido al rápido alargamiento de los entrenudos, en especial de los de tercio inferior. El aspecto externo que caracteriza a esta etapa es la fácil visualización de 13 hojas alternas completamente expandidas. Sin embargo, lo que más caracteriza a esta etapa se encuentra en la parte apical de la planta: en medio del arrellamiento de hojuelas, se visualiza un pequeño abultamiento de suave consistencia, que vendrá a ser la futura flórmula compuesta de una infinidad de perfiles y órganos reproductivos en formación y emergencia.

### **2.2.1.6 Panojamiento**

Mújica, et al. (1989), indica que la inflorescencia sobresale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman; así mismo, se puede observar en los glomérulos de la base los botones florales individualizados, ello ocurre de los 65 a los 70 días después de la siembra, a partir de esta etapa hasta inicio de grano lechoso se puede consumir las inflorescencias en reemplazo de las hortalizas de inflorescencia tradicionales.

### **2.2.1.7 Inicio de floración**

Mújica, et al. (1989), indica que la etapa de floración es cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, ocurre de los 75 a los 80 días de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas; se puede notar en los glomérulos las anteras protegidas por el perigonio de un color verde limón.

### **2.2.1.8 Grano lechoso**

Mújica, et al. (1989), menciona que el estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, lo que ocurre de los 100 a 130 días de la siembra, en

esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento, disminuyéndolo drásticamente la producción.

#### **2.2.1.9 Grano pastoso**

Mújica, et al. (1989), manifiesta que el estado de grano pastoso es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, lo que ocurre de los 130 a 160 días de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de Q'hona q'hona (*Eurissacca quinoa*) causa daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano.

#### **2.2.1.10 Madurez fisiológica**

Mújica, et al. (1989), indica que la madurez fisiológica es cuando el grano formado es presionado por las uñas, presenta resistencia a la penetración, Ocurre de los 160 a 180 días después de la siembra, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%, el lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el período de llenado del grano, así mismo en esta etapa ocurre un amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación.

### **2.2.2 Requerimiento del cultivo**

Según Mújica, et al. (2004) los requerimientos más importantes del cultivo de la quinua para una adecuada producción son: suelo, pH del suelo, agua, temperatura y radiación.

#### **2.2.2.1 Suelo y pH**

Según Mújica, et al. (2004), en lo referente al suelo la quinua prefiere un suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, pendientes moderadas y contenido medio de nutrientes, puesto que la planta es exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco potasio. También puede adaptarse a suelos franco arenosos, arenosos o franco arcillosos, siempre que se le dote 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.

Mújica, et al. (2004), menciona que la quinua tiene un amplio rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo, se ha observado que da producciones buenas en suelos alcalinos de hasta 9 de pH, en los salares de Bolivia y de Perú, como también en condiciones de suelos ácidos encontrando el extremo de acidez donde prospera la quinua, equivalente a 4.5 de pH, en la zona de Michiquillay en Cajamarca, Perú.

#### **2.2.2.2 Agua**

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

#### **2.2.2.3 Temperatura**

Mújica, et al. (2004), menciona que la temperatura media adecuada para la quinua está alrededor de 15-20 °C, sin embargo se ha determinado que esta planta también posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta menos 8 °C, en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante la etapa de ramificación y las más susceptibles la floración y grano lechosos.

Respecto a las temperaturas extremas altas, se ha observado que temperaturas por encima de los 38 °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 (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1990).

#### **2.2.2.4 Radiación**

Mújica, et al. (2004), indica que la radiación es importante, por que regula la distribución de los cultivos sobre la superficie terrestre y además influye en las posibilidades agrícolas de cada región. 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 período vegetativo y productivo.

Frere, et al., (1975), mencionan que en la zona del altiplano central de Bolivia (Oruro), la radiación alcanza a 489 cal/cm<sup>2</sup>día y en La Paz es de 433 cal/cm<sup>2</sup>día, sin embargo el promedio de radiación neta recibida por la superficie del suelo o de la vegetación, llamada también radiación resultante alcanza en Oruro, Bolivia a 154 cal/cm<sup>2</sup>/día y en La Paz, Bolivia a 164 cal/cm<sup>2</sup>/día, solamente, debido a la nubosidad y la radiación reflejada por el suelo.

## **2.3 Características generales de los abonos orgánicos**

### **2.3.1 Importancia de la materia orgánica en el suelo**

Fassbender (1987) y Cepeda (1991), 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.

### **2.3.2 Abonos orgánicos**

Morales (1987), afirma que se denomina abonos a aquellas sustancias que desempeñan diversas funciones, directa o indirectas, que influyen sobre el crecimiento de las plantas y sus cosechas, obrando como nutrientes, catalizadores de los procesos vitales, modificador de la flora microbiana útil, mejoradora de las propiedades físicas del suelo y otras.

Yágodin (1986), indica que el estiércol, purin, turba, gallinazo, compost, desperdicios, abonos verdes, se refieren a los abonos orgánicos. Entre ellos el principal abono orgánico es el estiércol que se encuentra difundido por todas partes.

Campos (1981), citado por Valdez (1995), menciona que bajo la denominación de abonos orgánicos, se incluyen todas las sustancias orgánicas de origen animal, vegetal o una mezcla de ambos que se añade al suelo con el objeto de mejorar su fertilidad. El abono orgánico constituye una de las técnicas tradicionales y eficientes para mejorar los cultivos, por ello los agricultores lo emplean desde tiempos inmemoriales

Blanco (1988), citado por Valdez (1995), mencionan que aparte de proveer de nitrógeno y otros nutrientes, el uso de abonos orgánicos también mejora las características del suelo otorgándole mayor capacidad de retención de agua, elementos minerales nutritivos, además favorece el crecimiento de la microflora y micro fauna, lo que es otra base importante para el crecimiento armónico de las plantas

### **2.3.3 El estiércol**

Yágodin (1986), define al estiércol como al residuo de la ganadería compuesto, principalmente de excrementos de animales. Además en dependencias de las condiciones concretas de las granjas, en la composición del estiércol puede entrar la cama de los animales. Por este síntoma se distinguen el estiércol corriente de cama y el estiércol semilíquido (o líquido) sin cama.

Según Valdez (1995), el estiércol es una mezcla de deyecciones animales con camas, variando en su composición ampliamente debido a factores tales como clase de animal, edad condición e individualidad de los animales, alimento consumido, cama usada, manejo y almacenamiento del estiércol.

Dinchoy (1983) y Morales (1987), mencionan que el estiércol es un desecho proveniente de las granjas pecuarias, los cuales se consideran por mucho tiempo un subproducto de gran valor, en la actualidad son recogidos y usados con éxito en muchas partes del mundo. El valor de estos estiércoles depende de su contenido en nutrientes para las plantas (macro y micro nutrientes) y su efectividad como agente

conservador y constructor del suelo. El contenido de nutrientes es el criterio que mas a menudo se usa en su valoración.

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 siguiente se muestra las cantidades promedios del contenido de nutrientes de distintos estiércoles de especies animales.

**Cuadro 1.** 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Totales %	1.65	2.72	1.28	1.53	0.85	2.28
K <sub>2</sub> O Totales %	1.52	1.52	1.39	1.06	1.16	2.11
Ca Totales%	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

### 2.3.4 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 (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 estudios en conjunto.

### **2.3.5 El estiércol como fuente de elementos nutritivos para las plantas**

Yágodin (1986), afirma que el estiércol es el abono orgánico completo que contiene todo los elementos indispensables para las plantas. La accesibilidad de nutrientes del estiércol para las plantas, depende de su composición, grado de descomposición antes de la aplicación, de la velocidad de mineralización después de enterrado en el suelo, y dispone de los siguientes elementos nutritivos:

- En el estiércol, de los tres elementos esenciales en la nutrición de las plantas, el potasio es el que se encuentra en mayor proporción y además en la forma más móvil. Es característico que el potasio en el estiércol está presentado por la forma sin cloro y por eso tiene mayor ventaja que el potasio de los abonos minerales que contienen cloro. El potasio del estiércol y de los fertilizantes

minerales es asimilable por el primer cultivo de manera semejante entre el 60 a 70 % de la cantidad aplicada.

- En el estiércol, el fósforo está presente principalmente en la composición de las deyecciones sólidas de los animales y de cama. Mediante la mineralización de las sustancias orgánicas, se separa en forma de sales de ácido ortofosfórico de diferente grado solubilidad. Estos fosfatos, debido a la influencia protectora de las sustancias orgánicas del estiércol, se fijan en el suelo mucho menos que el fósforo de los fertilizantes minerales.
- Las sustancias nitrogenosas de los excrementos sólidos se hacen asimilables solo después de la mineralización, en cambio el nitrógeno de las segregaciones líquidas es directamente accesible a las plantas. El producto final de la descomposición de las sustancias nitrogenadas del estiércol en el suelo es el nitrógeno amoniacal, el cual es utilizado en forma directa por las plantas y microorganismos.
- El coeficiente de utilización del nitrógeno del estiércol, en el primer cultivo abonado, no es el mismo para el estiércol de distintos animales. Ese coeficiente es el más alto para el estiércol de ovejas, que oscila cerca de un 30 % del contenido total de nitrógeno. Sobre este coeficiente influye mucho el grado de fermentación del estiércol. Se considera que el primer cultivo emplea por término medio de 20 – 25 % del nitrógeno total del estiércol.

Para Morales (1987), la descomposición y los cambios producidos en sus constituyentes específicos, dependen en gran parte de la naturaleza y composición del abono y de las condiciones bajo las cuales dicha descomposición tiene lugar.

En los distintos procesos de la descomposición de los abonos de establo, la importancia del estiércol puede considerarse desde tres puntos de vista: la formación de humus mediante la descomposición de la materia orgánica; la formación de complejos nitrogenados de la célula microbiana mediante los productos liberados en

los procesos de oxidación, reducción y síntesis; y mediante el enriquecimiento de la microflora del suelo.

Dinčov (1983), afirma que el coeficiente de utilización por las plantas de los elementos nutritivos contenidos en el estiércol, depende del método de conservación y su procedencia. Así, afirma que el primer cultivo utiliza del estiércol del ganado ovino, el 34 % del nitrógeno en forma amoniacal, el mismo es fácilmente asimilable por las plantas. El ácido fosfórico ( $P_2O_5$ ) del estiércol es asimilable por las plantas en un 28 % de su contenido total. Sin embargo el potasio ( $K_2O$ ) puede ser asimilado por el primer cultivo en un 67 % del contenido total del estiércol.

NINA (1992), mencionan que los resultados de diferentes cultivos indicaron que las plantas utilizaron el 30% del nitrógeno, 24 % del fósforo y 79% del potasio aplicado en el estiércol, además señala que el efecto del estiércol esta sujeto a una ley en al que van disminuyendo las ganancias conforme se aumenta su cantidad, por lo que las utilidades por toneladas son mayores cuando se hacen aplicaciones moderadas.

### **2.3.6 Uso de los 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.

## **2.4 Riego**

Chipana (1996), indica que el riego es una tentativa del hombre de alternar el ciclo hidrológico a nivel local 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

Mújica, et al. (2004), menciona que la quinua prospera con 200 a 500 mm anuales en promedio, en caso de utilizar riego este debe ser suministrados en forma periódica y ligeros, los sistemas de riego pueden ser tanto por gravedad como por aspersión o goteo; utilizando poco volumen de agua y, considerando al riego como suplementario a las precipitaciones o como para adelantar las siembras, o cuando se presenten severas sequías.

#### **2.4.1 Importancia ecológica del agua**

Espíndola (1994), menciona que la problemática que se observa en el altiplano, se encuentra que es prioritario contar con nuevos genotipos con tolerancia al mildiu (factor biótico) sequía y heladas (Factor abiótico). En un análisis comparativo se encuentra que la sequía y la helada son más importantes de considerar en el altiplano sur que en el centro y norte. De acuerdo a esto para el Altiplano sur se requieren variedades que posean tolerancia a la helada y la sequía.

Según Miranda (1990), la campaña agrícola 1982-1983, fue considerada como una de las más graves para el área rural de Bolivia, las pérdidas agrícolas se evaluaron en un 70 % de la producción total, ya que era año con sequía a causa el efecto del Niño.

#### **2.4.2 Efecto de la deficiencia de agua sobre las plantas**

Según Kramer (1983), la tención hídrica o déficit hídrico en las plantas, indica situaciones en que las células y tejidos no están plenamente turgentes. La tensión hídrica puede variar desde un pequeño descenso del potencial hídrico, pasando por el marchitamiento transitorio a medio día, hasta el marchitamiento permanente y la muerte por desecación.

Kramer, (1983) indica que en términos más sencillos, el déficit hídrico o tención hídrica se produce siempre que la pérdida por transpiración es mayor que el

coeficiente de absorción. Lo caracteriza una reducción del contenido hídrico total, acompañados por la pérdida de turgencia, el cierre de los estomas y la reducción del crecimiento.

El efecto de la sequía en el desarrollo de plantas fue revisado extensamente por muchos autores. Según Chungara (2000), la sequía puede afectar el crecimiento y la producción en tres formas:

- Reduciendo la cantidad de producción de follaje.
- Disminuyendo la tasa de fotosíntesis por unidad de área foliar.
- Por acortamiento del período vegetativo.

El Altiplano Boliviano se caracteriza por ser una zona con serias deficiencias en la precipitación, los aspectos fenológicos son muy importantes ya que hay un acuerdo general respecto a que la tensión hídrica en ciertas etapas críticas del crecimiento de la planta causa mayores daños que en otras etapas.

Kramer, (1974) indica que el período crítico se suele producir en el momento en que forman los órganos reproductores y se producen la polinización y fertilización.

García, (2003) y Gerrts, et al. (2006), mencionan que se demostró que el estrés hídrico que ocurre durante 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.

Espíndola (1994), afirma que, las fases fenológicas mas sensibles (débiles) en la mayoría de los cultivos son la pre-floración y hasta poco después de pasada la floración. En quinua son la prefloración, floración y la fase de grano lechoso.

Asimismo Dizes y Bonifacio (1992), menciona que el estrés hídrico es particularmente crítico durante el estado de desarrollo de los órganos de reproducción.

Kramer (1983), menciona que la tensión hídrica afecta, prácticamente a todos los aspectos del crecimiento de la planta, así como la reducción general del tamaño de las plantas sometidas a una tensión prolongada, por ejemplo la fotosíntesis se reduce con el cierre de los estomas, el cual reduce el abastecimiento en bióxido de carbono. A su vez un crecimiento menguado significa una reducción de la superficie fotosintetizadora, lo cual reduce más aún la cantidad relativa de carbohidratos disponibles para el crecimiento.

### **2.4.3 Características físicas del suelo respecto al riego**

#### **2.4.3.1 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.

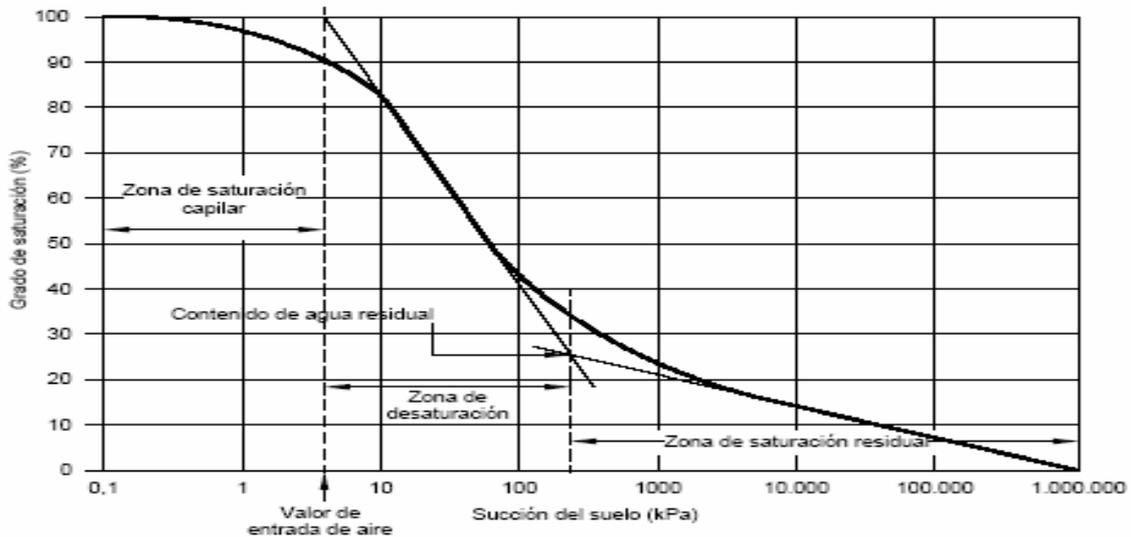
#### **2.4.3.2 Textura**

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.

#### **2.4.3.3 Curva de retención agua en el suelo**

Sillers, Fredlund & Zakerzadeh 2001, la curva de retención de agua del suelo relaciona el contenido de agua de un suelo con la succión. En esta medición, se toma la textura y la estructura del suelo en cuenta tomando muestras no perturbadas de suelo. Este contenido de agua es generalmente representado por el contenido de humedad gravimétrica, el contenido de humedad volumétrico, o el grado de saturación.

La curva de retención de agua del suelo presenta tres regiones, las cuales están definidas en función del proceso de saturación del suelo (Figura 1). Estas tres regiones están descritas a continuación (Sillers, Fredlund & Zakerzadeh, 2001):



**Figura 1.** Regiones de la curva característica de agua del suelo (Sillers, Fredlund & Zakerzadeh 2001)

1. Zona de saturación capilar: En esta zona la presión de poros-agua es negativa y el suelo se encuentra esencialmente saturado debido a las fuerzas de capilaridad. El límite de la zona de saturación capilar es conocido como el valor de entrada de aire o presión de burbujeo. El valor de entrada de aire del suelo es el valor de la succión que se debe exceder para que los poros más grandes del suelo comiencen a drenar y el aire empiece a ocupar los poros del suelo.

2. Zona funicular o de saturación. En esta zona el agua que se encuentra dentro los poros es desplazada por el aire en forma creciente. La zona de saturación termina en el contenido de agua residual, donde el agua dentro los poros se torna esencialmente inmóvil de la estructura del suelo y donde los incrementos en la succión no producen un descenso significativo del contenido de agua.

3. Zona de saturación residual. En esta zona el agua se mantiene fija y el movimiento de humedad principalmente ocurre como flujo de vapor. Existe una baja

conductividad hidráulica de agua a través de los poros. La zona de saturación residual termina en condiciones de contenido de agua cero, que corresponde a una succión de 1'000 000 kPa (Croney & Coleman, 1961).

#### 2.4.3.4 Calidad de agua

Landa (1988), 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 2.** 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 miliequivalentes/ litro, tanto en extractos de suelo o aguas de riego mediante la siguiente expresión:

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

Los valores del RAS que permiten clasificar el agua de riego en sus distintas clases dependen de la CE de esa agua, bajo la siguiente tabla de clasificación.

**Cuadro 3.** 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

#### **2.4.4 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).

#### **2.4.5 Riego suplementario y deficitario**

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 sobre vivencia 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 valido 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.

En el cultivo de quinua para asegurar la germinación, en regiones secas, se efectúa riego suplementario para evitar fracasos en las primeras fases de su crecimiento.

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.

Winter (1981), citado por Ramos (2000) indica “cuando la evaporación es mayor que la precipitación, en la temporada de crecimiento, y si se acepta que el no tener deficiencias hídricas es requisito previo para tener un rendimiento máximo, se desprende que el riego suplementario haría aumentar la producción en la mayoría de las zonas del mundo”.

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.

Renaul (2003), indica que uno de los métodos usados en el campo para aumentar la productividad del agua es el riego deficitario en el cual se aplica deliberadamente menos agua que la necesaria para satisfacer totalmente la demanda de agua de los cultivos. El riego deficitario debería resultar en una pequeña reducción del rendimiento que es menor que la respectiva reducción de transpiración; esto causa,

por lo tanto, una ganancia de la productividad de agua por unidad de agua transpirada. Además, podría reducir los costos de producción si fuera posible eliminar uno o más riegos. Para que el riego deficitario tenga éxito los agricultores necesitan conocer el déficit que se puede permitir en cada una de las etapas del crecimiento, el nivel de estrés de agua que existe en la zona radical y, sobre todo, tener un buen control del tiempo y cantidad de aplicación.

## **2.5 Evapotranspiración**

Allen, et al. (2006), mencionan 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, ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de 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.

### **2.5.1 Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>)**

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<sub>o</sub>. 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<sup>-1</sup> y un albedo de 0,23. ET<sub>o</sub> es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos. ET<sub>o</sub> 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.

### **2.5.2 Evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) y coeficiente del cultivo K<sub>c</sub>**

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.

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

## **2.6 Modelo de balance hídrico. (BUDGET)**

El BUDGET es un Software en la cual este programa está compuesto de un juego de alternativas validadas que describen a varios procesos involucrados en la extracción de agua por las raíces de la planta y movimiento de agua en la tierra.

Este Software nos ayuda a calcular el contenido de agua y retirada de agua durante el período de simulación, el programa es apropiado para: Calcular la respuesta del cultivo al agua; para diseñar programas de irrigación; para valorar las estrategias de irrigación.

El Software esta dividido en las siguientes partes:

1. La primer parte esta compuesta de los datos climatológicos diarios: (La evapotranspiración de referencia, (Eto) y la Precipitación).
2. La segunda parte esta compuesto por los parámetros que describen el desarrollo del cultivo y consumo de agua de raíz, la clase y tipo de cultivo.
3. La tercera parte esta compuesto por los parámetros del suelo, el perfil de suelo podría estar compuesto de algunas capas de suelo, cada uno con sus características específicas.
4. La cuartas parte del programa son los datos de irrigación en la cual debemos especificar la calidad de agua (salinidad), los intervalos y la lámina de irrigación.

5. En la quinta parte debemos especificar el contenido de agua inicial en el suelo.

Con lo descrito anteriormente, el BUDGET simula el transporte y el consumo de agua en un perfil de suelo.

## **2.7 Técnicas de Investigación**

### **2.7.1 Diagnóstico participativo**

Según Anduaga (2000), .las evaluaciones participativas han sido diseñadas de manera general, para entender las necesidades de los grupos menos favorecidos, es decir fundamentalmente para los pequeños productores, sean individuales o agrupados en comunidades, cooperativas u otro tipo de asociaciones. Difícilmente encajan dentro de esta modalidad de trabajo, productores altamente competitivos y que se encuentran articulados ventajosamente en el mercado.

Según Cox. (1996), con la investigación participativa se logra colectivamente describir, analizar y priorizar limitaciones, necesidades, problemas y potencialidades de un espacio y un territorio concreto.

La realización del diagnóstico es una etapa crucial del proceso metodológico, dado que permite acercarse a las distintas realidades de la población para tratar de explicarlas y transformarlas hacia mayores niveles de equidad, sustentabilidad y participación social.

Pardinas (1980), mencionan que a diferencia del diagnóstico tradicional en el cual el equipo investigador no involucra a los actores sociales locales activamente en el proceso, en el diagnóstico participativo es fundamental la participación de las personas que habitan en la comunidad. Así mismo el proceso no se queda a nivel investigativo, sino que se compromete con el ámbito propositivo, en la medida que trata de establecer estrategias de campo socio ambiental.

## **2.7.2 Investigación participativa con la participación de los agricultores**

Con frecuencia los agricultores no utilizan la tecnología desarrollada en la forma que los científicos esperan. Contrariamente, otras prácticas han escapado de las estaciones experimentales y se han difundido de agricultor a agricultor rápidamente. (PROIMPA, 2002).

Muchos técnicos creen que dentro del proceso de investigación hace falta un elemento importante: “la participación activa de los agricultores”. Ya que son ellos los que determinan si una nueva tecnología es aplicada o no, por que sólo él o ella conocen íntimamente los diferentes problemas y necesidades de las pequeñas unidades de producción familiar (PROIMPA, 2002).

Los métodos de evaluación participativa propuestos por el Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT) de Colombia, tratan de lograr la activa participación del agricultor. Uno de estos métodos es la evaluación abierta.

## **2.7.3 Evaluación abierta**

La evaluación abierta es una técnica para estimular y registrar la espontánea y libre expresión de opiniones por parte de los agricultores, sin usar preguntas directas.

Al emplear esta técnica se busca lograr que los agricultores piensen en voz alta y expresen sus pensamientos con la misma libertad con que piensan cuando están evaluando una nueva tecnología por su propia cuenta (PROIMPA, 2002).

En la evaluación abierta el papel del investigador es escuchar, estimular y sondear al agricultor durante el desarrollo del pensamiento en voz alta, en respuesta a las posibilidades tecnológicas que está evaluando. El investigador no sugiere al agricultor ningún criterio para que esté comente; es él quien debe escogerlo (PROIMPA, 2002).

La evaluación abierta se usa básicamente cuando se conoce poco de las referencias del agricultor para entender sus razones y los rasgos importantes de la tecnología

que está evaluando, esto nos dice básicamente sobre lo que él “ve”, lo que significa y lo que amerita comentarios desde su punto de vista (PROIMPA, 2002).

#### **2.7.3.1 Ventajas de la evaluación abierta.**

- Estimula el proceso de reflexión del agricultor.
- Establece una atmósfera de amistad y neutralidad del investigador respecto a todo lo que dice el agricultor.
- Facilita el establecimiento rápido de una comunicación efectiva.
- El investigador se familiariza con el vocabulario local.

#### **2.7.4 Evaluación absoluta**

PROIMPA (2002), mencionan que la evaluación absoluta es una técnica para clasificar una serie de alternativas tecnológicas como: buenas, regulares o malas donde el agricultor manifiesta su agrado o desagrado sobre cada tratamiento empleado. Es más apropiada cuando se deben escoger entre un número considerable de alternativas tecnológicas (menores a 100) y es necesario destacar algunas para reducir la cantidad de tratamientos que se van a incluir en futuros ensayos.

#### **2.7.5 Encuestas**

Cardentey (1987), menciona que el método de las encuestas consiste en recopilar datos y/u opciones, entrevistando a un número determinado de personas. Las entrevistas personales son más flexibles, por lo que permiten modificarlas, preguntas según cada situación en particular.

Pardinas (1980), menciona que las encuestas dejan preguntas, únicamente a tres respuestas, SI, NO y NO SE. Las encuestas no están comprobadas científicamente o en su instrucción no tiene tenor científico, la encuesta consiste en obtener datos de interés sociológico, esta técnica tiene que ser empleado después de haber tenido contacto con el lugar de estudio (la comunidad, localidad, pueblo, etc.), hasta lograr un grado de confianza.

Beaudoux, (1993) menciona que las encuestas son cuestionarios que son entregados a una parte de la población por encuestadores previamente capacitados, cuyo trabajo es estrictamente el recojo de información

## CAPITULO III

### 3 LOCALIZACIÓN

#### 3.1 *Ubicación geográfica*

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Mejillones localizada en la provincia Enrique Baldivieso del departamento de Potosí, al sudoeste de la ciudad de Uyuni. Geográficamente se sitúa entre 21°42'8.8" latitud sud y 67°14'20.7" longitud oeste, caracterizada por ser una región productora de quinua.



**Figura 2.** Ubicación del área de investigación en la provincia Enrique Baldivieso Comunidad de Mejillones.

**Fuente:** Montes de Oca, 2005.

### 3.1.1 Características agro climatológicas de la región

Montes de Oca (2005), menciona que el área de estudio corresponde a matorral desértico Montano templado (Md-MTE), con las características climáticas que se muestran en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Datos Climatológicos de la Estación de San Agustín y Mejillones

FENOMENOS CLIMATOLOGICOS	DATOS
Temperatura media anual	8,4 °C
Temperatura máxima media	16.6 °C
Temperatura máxima extrema	25.5 °C
Temperatura mínima media	1,0 °C,
Temperatura mínima extrema	-16.0 °C
Precipitación promedio anual	160 mm.
Días con heladas	210 días
Velocidad media de vientos y dirección	8.7 NW nudos
Humedad relativa	19.4 %

Fuente: Estación climatológica San Agustín y Mejillones Periodo de registro: 1995- 1997, 2001-2004

### 3.1.2 Vegetación.

En las zonas más elevadas de mayor pendiente y de mucha pedregosidad (5000 msnm), están cubiertas por quewiña (*Polilepis andinícola*), yareta (*Azorella compacta*) y plantas medicinales como la pupusa y la choquecanlla. 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 arthophilla*). 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*), Phulika (*Parastrephia quadrangulare*) y en algunos casos la qhiruta (*Parastrephia lepidophila*). Tholares, estos últimos compuestos de Unu Th'ola y qhiruta.

### **3.1.3 Fisiografía y suelos.**

La zona es plana 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.

## **CAPITULO IV.**

### **4 MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **4.1 Materiales y equipos.**

##### **4.1.1 Abono orgánico (estiércol de llama).**

Se utilizó como abono orgánico el estiércol de llama parcialmente descompuesto denominado “guano” proveniente de un corral de camélidos del lugar.

Al respecto Valdez (1995), indica que el guano se caracteriza por su color amarillo oscuro hasta café, siendo medianamente húmedo (30%)

##### **4.1.2 Material Biológico**

El material biológico utilizado fue la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), y la variedad utilizada fue la Real blanca. La procedencia de este ecotipo es de la zona intersalar de Uyuni – Coipasa, de los departamentos de Potosí y Oruro.

##### **4.1.3 Materiales de Campo.**

Los materiales que se emplearon son: estacas de madera, cinta métrica, flexo metro, lienzo, taquiza, hoz, mochila para fumigar, cámara fotográfica, marbetes, bolsas de plástico, calibrador vernier, libreta de campo, sobres manila, bolsas plásticas tipo ziploc y la balanza de bolsillo.

##### **4.1.4 Material de gabinete.**

- Computadora, material de escritorio, sobres Manila, calculadora
- Programa del Ceptometro Accu PAR-LP-80: “Accu Link 2”
- Programa “Eto calc” (Raes, 2006)
- Programa BUDGET” (Raes, 2006)
- Programa SAS
- Material de escritorio en general

#### **4.1.5 Equipos utilizados**

- Balanza analítica
- Mufla
- Tamizadores
- Doble Cilindro Infiltrómetro
- Ceptometro AccuPAR LP80 (intercepción de la radiación fotosintética activa)
- Equipos para análisis de curva de retención de agua (recipiente de arena y ollas a presión).

#### **4.2 Métodos**

##### **4.2.1 Trazado estaqueado y distribución de las parcelas**

La parcela en estudio fue estaqueada con la ayuda de un lienzo, cinta métrica y estacas en los cuatro vértices, en el figura 3, se presenta la distribución de los respectivos tratamientos.

##### **4.2.2 Siembra**

La siembra se realizó los días 21 y 22 de Septiembre del 2006. La siembra se realizó manualmente con la ayuda de la taquiza, haciendo hoyos, la apertura de hoyos consiste en retirar la tierra seca hasta alcanzar la tierra húmeda, la misma se remueve y se retira parcialmente para depositar la semilla (100 a 140 semillas por hoyo). Luego el hoyo se volvió a tapar en principio con tierra húmeda y seguida de tierra seca. La semilla fue colocada a una profundidad de 15 a 20 cm. La distancia entre hoyo y hoyo fue de 1.5 m, los hoyos se dispersaron en tres bolillo.

##### **4.2.3 Sombreado y Protección**

El sombreado y protección se realizó cubriendo cada hoyo con paja o tola. El objeto de estas labores es el de proteger las plántulas de las inclemencias del tiempo como por ejemplo la alta radiación, temperaturas máximas altas y del ataque de pájaros.

#### **4.2.4 Fertilización**

Se utilizó como abono orgánico el estiércol de llama denominado “guano” proveniente de un corral de la región. La fertilización se realizó el 15 y 16 de noviembre antes del primer riego, se incorporó 400g por hoyo (2tm/ha.), luego se aporcó.

#### **4.2.5 Labores culturales**

Las labores culturales se llevaron a cabo de acuerdo a las necesidades del cultivo. Durante el desarrollo del ensayo se realizaron deshierbes depurativos eliminando malezas. Se realizó un aporque cuando las plantas estaban en la fase vegetativa para que el viento y el peso no los voltee.

#### **4.2.6 Cosecha y Poscosecha**

La cosecha se realizó de forma manual con la ayuda de hoz, cuando la planta llegó a la madurez fisiológica. La poscosecha se realizó también de forma manual, tanto el trillado, el venteado y el limpiado del grano.



**Figura 3.** Cosecha con la comunidad de Mejillones

#### **4.2.7 Análisis del estiércol de llama**

El análisis del estiércol de llama también denominado guano, el mismo que se utilizó para el abonamiento, se realizó en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN) el mismo análisis se presenta en el anexo 2.

#### **4.2.8 Análisis de suelo**

El muestreo de suelo para el análisis físico y químico, se realizó antes de la preparación del terreno tomando tres muestras de distintos lugares de la parcela a tres diferentes profundidades, las tres muestras de cada profundidad se mezclaron y luego se hizo un cuarteo para llevar al laboratorio. El mismo análisis se efectuó en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN), el resultado del análisis se muestra en el anexo 1.



**Figura 4.** Toma de muestra de suelo de la comunidad de Mejillones para el análisis químico y físico.

#### **4.2.9 Determinación de la velocidad de infiltración básica**

Con fines de referencia la Velocidad de Infiltración básica del suelo, se midió con la ayuda de los cilindros infiltrómetros. Se realizaron dos pruebas en la parcela para efectos de repetición.

El método consistió en elegir un lugar representativo para cada par de cilindros, en el que no exista ninguna alteración física del suelo. Luego se colocó el cilindro pequeño en el lugar determinado uniformemente de manera que no exista una inclinación del cilindro. Se golpeó los cilindros haciendo penetrar 15 a 20 cm. Luego se realizó la misma operación con los cilindros grandes que cumplía la función de tampón, para que no exista movimiento lateral horizontal del agua dentro del suelo.

Finalmente se hizo el aporte de agua a ambos cilindros en una misma altura de lámina, se midió el nivel de agua y se realizaron mediciones periódicas; estos datos se registraron en la planilla y mediante ellos se obtuvo la evolución de la velocidad de infiltración básica de dicho suelo hasta obtener el valor de infiltración a saturación.



**Figura 5.** 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/hr). La velocidad de infiltración comienza generalmente con un valor relativamente alto y decrece con el tiempo. Para los cálculos del índice de infiltración se aplicó el modelo siguiente.

$$I = K * t^n$$

$$0 < n < 1$$

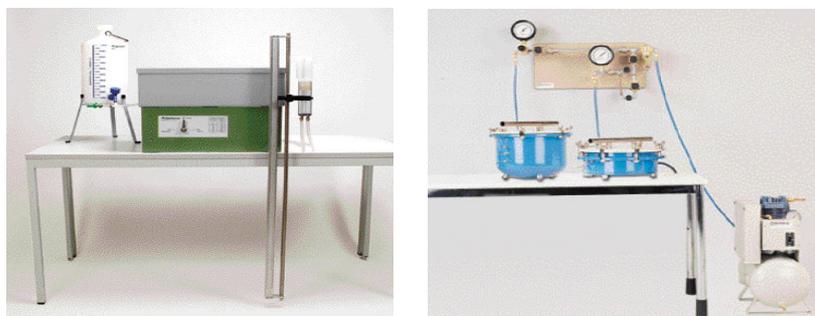
**Ec. 2**

Donde: I= Velocidad de infiltración instantánea en cm/hr  
t = Tiempo en minutos  
K = Constante que representa la velocidad de infiltración al primer minuto  
n = Exponente que siempre es negativo, varia con el tipo de suelo con valores entre 0 y menos 1

#### 4.2.10 Determinación de la curva de retención de agua en el suelo (pF).

La curva de retención de agua en el suelo (pF) es para determinar la retención de agua a diferentes succiones, los puntos mas importantes para estudiar el balance hídrico son el punto de marchites permanente (-15.5 MPa), punto de capacidad de campo (-1.5 kPa) y el punto de saturación (0 kPa), Estos datos se obtuvieron de la siguiente forma: se tomaron muestras de suelo no perturbadas, con los cilindros de de densidad aparente con un volumen conocido, estas muestra se tomaron a tres diferentes profundidades con tres repeticiones cada una.

En el laboratorio las muestras de suelo fueron saturadas completamente en la cámara de arena (Figura 6) durante dos días, pasado este tiempo las muestras en los cilindros se pesan para tener un valor inicial, este valor no dará el punto de saturación, luego nuevamente se ponen las muestras de suelo en la cámara de arena con una succión de -0.24 kpa. Y nuevamente se pesa al cabo de 2 días este mismo procedimiento se repite para -0.98; -3.10; -6.18 y -9.80 kpa



**Figura 6.** Cámara de arena y ollas de presión para determinar la curva pF

Para completar la curva pF las muestras de suelo deben ser sometidas a mayores succiones y esto solamente se logra con las ollas de presión. En la primera olla se colocan las mismas muestras de suelo de los cilindros dentro de la olla en la cual tienen una placa de cerámica con poros, en esta primera olla se someten las muestras a succiones de -15.54; -24.63; -39.04; -61.87 kpa de succión y en cada vez tenemos que pesar.

Para obtener el punto de marchites permanente se necesitó someter las muestras a una succión mucho mayor esto se logra en una olla mas pequeña con una placa de cerámica de -1554.30 kpa antes de poner las muestras de suelo estas se saturan nuevamente a capacidad de campo y se colocan en unos cilindros de plástico primeramente se pesan y luego se las ponen en las olla de presión y se la somete a una presión de -1554.30 kpa.

#### **4.2.11 Riego**

El presente trabajo fue planteado bajo el método de riego deficitario mediante el cual se aplicó agua en forma manual y localizada en los tratamientos correspondientes de acuerdo a los requerimientos de cada uno.



**Figura 7.** Riego manual en la Comunidad de Mejillones

El riego se aplicó en épocas claves del cultivo de la quinua las cuales fueron en las fases fenológicas de floración y grano lechoso, para responder la perdida de agua en el suelo, se sigue la siguiente metodología:

#### 4.2.11.1 Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) y de la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>)

Para estimar la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), se utilizó el método teórico-empírico de FAO Penman-Monteith propuesto por Allen et al. (2006), validado para el Altiplano por García (2003), dicha ecuación se presenta a continuación:

$$ET_o = \frac{0.408 * \Delta (R_n - G) + \gamma * \left( \frac{900}{(T + 273)} \right) * u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma * (1 + 0.34 u_2)} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

ET<sub>o</sub> = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm. día<sup>-1</sup>)

R<sub>n</sub> = Radiación neta de la superficie evaporante (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>)

G = Tasa de flujo de calor del suelo (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>)

T = Temperatura media del aire a 2 m. de altura (°C)

u<sub>2</sub> = velocidad del viento a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>)

e<sub>s</sub> = Presión de vapor de saturación (KPa)

e<sub>a</sub> = Presión real del vapor (KPa)

e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub> = Déficit de presión de vapor (KPa)

γ = Constante psicrométrica (KPa °C<sup>-1</sup>)

Δ = Pendiente de la curva de presión de vapor (KPa °C<sup>-1</sup>)

Para la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), se utilizó los valores históricos de Evapotranspiración de referencia de Uyuni, (Geerts *et al.*, 2006)

Una vez obtenida la ET<sub>o</sub>, se procedió a calcular la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) con la siguiente fórmula (Allen et al., 2006):

$$ET_c = ET_o * K_c \quad \text{Ec. 4}$$

Donde: ET<sub>c</sub> = Evapotranspiración del cultivo de quinua (mm/día)

ET<sub>o</sub> = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

K<sub>c</sub> = 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 5).

**Cuadro 5.** Coeficiente de cultivo 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)

En el Cuadro 6, se presenta el balance hídrico con el cual se hizo la programación de riego para cada cuatro días, riego por bloque, calculado para la gestión agrícola 2006/2007:

**Cuadro 6.** Balance hídrico y programación de riego calculado para la gestión 2006/2007 expresado en mm

Mes	Eto	Kc	Eta/día	Consumo 4 días	Riego lt/hoyo	total
Diciembre	7	0.34	2.39	9.56	21.7	4340
Enero	5.4	0.43	2.32	9.28	20.9	4180
Febrero	5.3	0.5	2.65	10.6	23.9	4780
Marzo	5.1	0.5	2.55	10.2	23	4600

En el factor de riego deficitario se realizó 4 aplicaciones de riego estas fueron aplicadas a los dos tratamientos con riego, se aplico 1 riego en la fase vegetativa, 1 riego en panojamiento, 1 riego en grano lechoso y la ultima en grano pastoso.

#### 4.2.12 Simulación del balance hídrico para la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en el altiplano sur de Bolivia con el modelo BUDGET.

En el menú principal del programa BUDGET se puede diferenciar tres partes principales (Figura 8) la base de datos, simulación y programa.

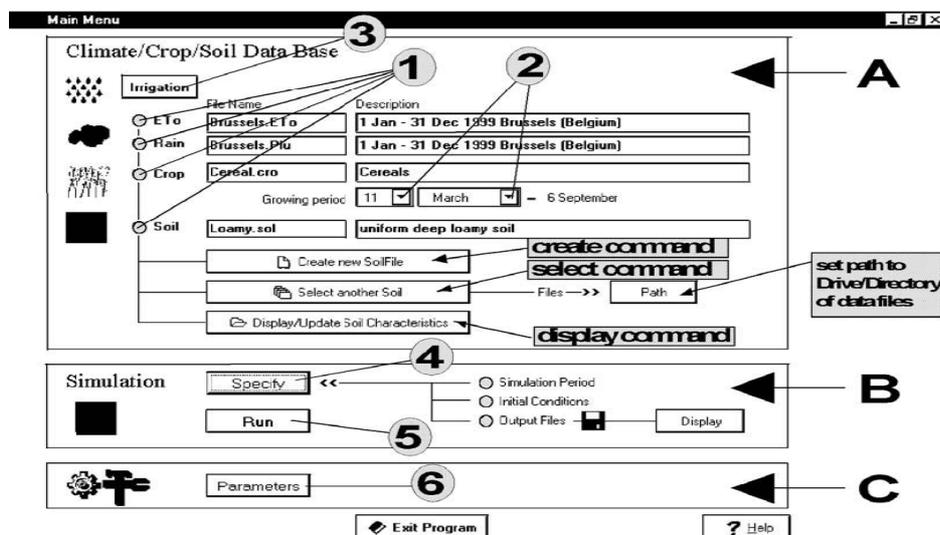


Figura 8. Menú principal del programa BUDGET.

#### A. Base de datos

1. Como se puede observar en la figura 8 el primer punto es donde debemos introducir los datos de Evapotranspiración de referencia, las precipitaciones pluviales de la gestión agrícola, también se debe especificar el tipo de cultivo y sus características y por ultimo el.

- Primeramente debemos crear un archivo de Evapotranspiración de referencia y otro archivo de las precipitaciones pluviales en ambos casos utilizamos los datos de la estación meteorológica de la comunidad de Mejillones, también necesitamos saber la Latitud, Longitud y la altura del lugar.

Con estos datos el programa determina la cantidad de agua que puede infiltrarse en un perfil de suelo, también determina la cantidad de agua extraída por la planta.

- Como segunda instancia debemos especificar los parámetros de cultivo, en esta parte del programa es exhibida una lista de diferentes cultivos en la cual podemos escoger cualquier cultivo en nuestro caso escogeremos el cultivo de la quinua.

Una vez seleccionado el cultivo en el programa nos muestra todas las características del cultivo en la cual modificamos la duración de las etapas fenológicas, el factor Kc para cada etapa fenológica, y la profundidad de raíz.

- Para el suelo tuvimos que crear un nuevo juego de los parámetros, con las características de la capacidad de campo, punto de saturación, el punto de marchites permanente y la velocidad de infiltración en mm/día.

2. En este segundo punto se tiene que especificar la fecha de inicio del trabajo.

3. En este tercer punto se especificaron las láminas de agua aplicadas para de cada fecha de riego.

## B. Simulación

4. En este cuarto punto se tuvo que especificar el contenido de agua inicial en el suelo también en este punto se guarda los resultados de la modelización.

5. Con el icono “RUN” corre el programa y nos sale un menú de resultados en la cual contiene los datos de entrada, y el resultado también una sección de visualización gráfica.

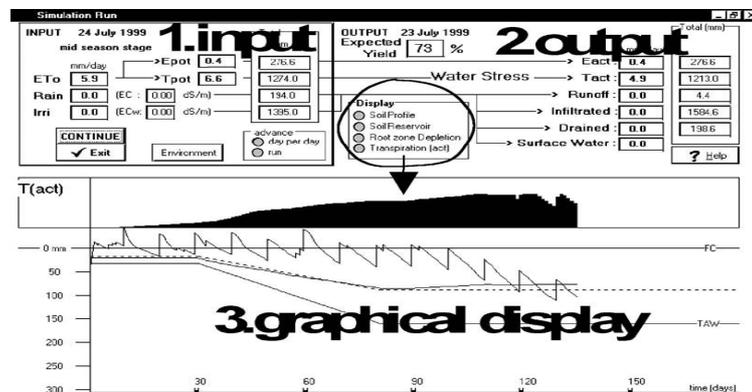


Figura 9. Menú de salida del programa BUDGET con los datos de entrada salida y la gráfica.

## **C. Programa:**

(6) En esta parte se pueden hacer algunos ajustes o modificaciones de acuerdo a los resultados preeliminarios obtenidos.

Los resultados obtenidos del modelo para el cultivo de la quinua en la comunidad de Mejillones se compararon con los resultados obtenidos de la humedad volumétrica. Si el modelo es capaz de representar bien la evolución del contenido de agua en el suelo, se espera a que los valores simulados y observados sean del mismo rango.

### **4.2.13 Evaluación participativa**

Para el presente trabajo se seleccionó a cinco familias activas, voluntarias de la comunidad de Mejillones, las personas seleccionadas estuvieron en un rango de 25 a 40 años de edad. Con estas personas se realizó la evaluación participativa, la cual consistió en un seguimiento de cerca de todo el ciclo fenológico de la quinua, en un constante intercambio de conocimientos con los agricultores.

En el presente trabajo se utilizaron las siguientes técnicas de evaluación: Evaluación abierta, matriz de orden de preferencia; método de cajas de prueba y por último los cuestionarios.

#### **4.2.13.1 Tipos de preguntas en la evaluación abierta**

Las preguntas que se utilizaron estimulan al agricultor a encontrar explicaciones y razones para las opciones o ideas que quiere expresar, es importante recordar que la naturaleza de la pregunta genera el tipo de respuesta; entre los diferentes tipos de preguntas.

Primeramente se levanto una lista de los asistentes y a cada uno se entregó unas tarjetas previamente, las cuales estaban codificadas.



**Figura 10.** Evaluación participativa de las unidades experimentales por los agricultores de la comunidad de Mejillones gestión 2006-2007.

En la primera tarjeta se hizo la siguiente pregunta: “que opinas de esta unidad experimental”, Los compañeros agricultores tenían que responder si esta bien, mal o regular, dando razones para su respuesta.

Terminando todos los agricultores se reunieron y se dio a conocer las respuestas, cual unidad había ganado y de ahí surgieron nuevas respuestas el del por que un tratamiento es mejor que el otro a pesar de la poca diferencia visible.



**Figura 11.** Evaluación participativa de las unidades experimentales por los agricultores de la comunidad de Mejillones gestión 2006-2007

#### 4.2.13.2 Técnica de las Cajas de prueba:

En esta parte de la evaluación se realizaron diferentes tipos de preguntas las cuales estaban impresas y colocadas en unas cajas también tenían sus alternativas de respuesta las preguntas realizadas fueron las siguientes.

- ¿Las panojas son más grandes en el cultivo con riego?
- ¿La altura de las plantas es mas uniforme en el cultivo con riego?
- ¿Si tuvieran acceso a riego regarías la quinua?
- ¿De toda la quinua que produces vendes?
- ¿Este año he sembrado mas parcelas de quinua que el año pasado?

Cada agricultor tiene un cierto numero de fichas las cuales están codificados para identificar a la persona, el agricultor solamente tenia que colocar la ficha en la respuesta que el creía correcta o conveniente.



**Figura 12.** Caja de prueba con su respectiva pregunta y respuesta

#### 4.2.13.3 Cuestionarios

En el cuestionario se hicieron preguntas directas buscando información y se hacen con el fin de conocer un hecho específico, un dato, normalmente estas preguntas comienzan así:

¿Cuánto(s)...? ¿Con que frecuencia...? ¿Quién...? ¿Cuándo...? ¿Dónde...?

#### 4.2.14 Diseño Experimental

El diseño experimental aplicado para la parte experimental del trabajo es el de Diseño Bloques al Azar con dos factores (Calzada, 1982).

#### 4.2.14.1 Modelo Aditivo Lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_{ai} + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

- $Y_{ijk}$  = Una observación cualquiera
- $\mu$  = Media general
- $\beta_k$  = Efecto del K-ésimo bloque
- $\alpha_{ai}$  = Efecto del i-ésimo nivel de riego factor a
- $\gamma_j$  = Efecto del j-ésimo niveles de fertilización orgánica factor b
- $(\alpha\gamma)_{ij}$  = Interacción del i-ésimo niveles de riego con el k-ésimo niveles de Fertilización orgánica
- $\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental.

#### 4.2.14.2 Factores de estudio

##### Factor A:

Estrategias de riego por hoyos

a1= sin riego

a2= riego durante floración y grano lechoso

##### Factor B:

Niveles de fertilización orgánica

b1 = 0 t/ha

b2 = 2 t/ha

#### 4.2.14.3 Formulación de tratamientos

Por la combinación del factor A (Riego deficitario) con factor B (Fertilización orgánica) se formularon los siguientes tratamientos:

**Cuadro 7** Formulación de tratamientos

Riego	Fertilización orgánica	Tratamientos
Sin riego	0 t/ha	Tratamiento 1
	2 t/ha	Tratamiento 2
Con riego deficitario	0 t/ha	Tratamiento 3
	2 t/ha	Tratamiento 4

#### 4.2.15 Características de la parcela experimental

El área experimental presenta las siguientes características:

- Dimensiones del área experimental 39 m x 39 m
- Área total del experimento 1521 m<sup>2</sup>
- Número de tratamientos 4
- Número de repeticiones 4
- Número de Bloques 4
- Área de bloque 39 m x 7.5 m = 292.5 m<sup>2</sup>
- Número total de unidades experimentales 16 U.E.
- Área del tratamiento 7.5 m x 7.5 m = 56.25 m<sup>2</sup>
- Distancia de pasillos 3 m de ancho

#### 4.2.16 Croquis de la parcela experimental

La parcela experimental respondió al siguiente croquis de campo, el cual se muestra en la figura 13.

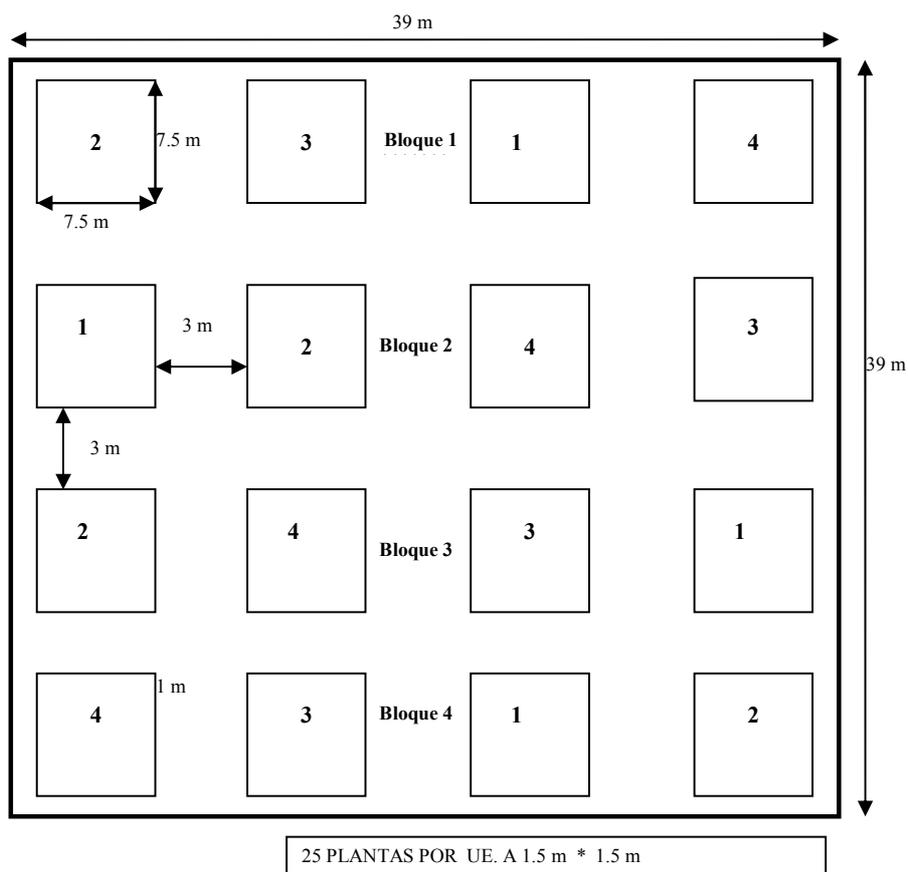


Figura 13. Croquis de la parcela experimental

#### 4.2.17 Variables de Respuesta

##### 4.2.17.1 Variables agronómicas

###### a) Altura de la planta (cm)

La medición de la altura de planta se realizó desde la etapa de cinco hojas alternas: considerando este parámetro desde la base del cuello de la planta hasta el ápice de

la planta, este valor fue evaluado cada 7 días, tomando 5 plantas representativas por cada unidad experimental.

#### **b) Longitud de panoja (cm)**

Se evaluó la longitud de panoja en la etapa de madurez fisiológica tomando en cuenta la base de la panoja hasta el ápice de la panoja, este valor fue evaluado cada 7 días, tomando 5 plantas representativas por unidad experimental.

#### **c) Diámetro de panoja (cm)**

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

#### **d) Longitud de raíces (cm).**

Se evaluó tomando como dato la longitud de la raíz principal en el momento de la cosecha, tomando 3 muestras por unidad experimental ver figura 14.



**Figura 14.** Calicata para determinar la profundidad de la raíz.

#### **e) Peso de 1000 granos (gr)**

Este parámetro, se determinó después de la cosecha, en donde se contaron 1000 semillas con 5 repeticiones por cada unidad experimental, para obtener una relación en valor de la calidad de grano que representa al tamaño de grano.

#### **f) Rendimiento (kg/ha).**

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

#### **g) Índice de cosecha.**

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

$$\text{índice de cosecha} = \frac{\text{peso de grano limpio}}{\text{peso seco de la biomasa aérea}} \quad \text{Ec. 6}$$

#### **h) Determinación de la materia seca.**

Para la determinación de la materia seca, la fitomasa fresca de la planta se cortó al ras del suelo toda la parte aérea de la planta y se colocó en sobres en forma separada para luego secarla en la mufla a 105 °C por 48 horas. Este procedimiento se realizó a los 60, 90, 120, 150 días y a la cosecha del cultivo.

#### **4.2.17.2 Variables fenológicas**

Estas variables fueron medidas entre los días que transcurre desde la siembra hasta el 50% de las plántulas hayan llegado a una etapa fenológica específico por cada unidad experimental.

#### 4.2.17.3 Determinación en grados día

La determinación en grados día se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Grados día} = \frac{T_x - T_n}{2} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde: = Grados día

$T_x$  = Temperatura máxima presente por día

$T_n$  = Temperatura mínima presente por día

Se realizó una sumatoria de los grados día por día hasta que los diferentes tratamientos culminen su ciclo vegetativo, donde se tomaron los siguientes parámetros:

Si la  $T_n^*$  es menor a la temperatura basal ( $T_b$ ) entonces la  $T_n^*$  es igual a la  $T_b$ .

Si la  $T_x^*$  es mayor a la temperatura óptima ( $T_o$ ) entonces la  $T_x^*$  es igual a la  $T_o$ .

La temperatura basal ( $T_b$ ) es igual a 1°C.

La temperatura óptima ( $T_o$ ) es igual a 22°C.

#### 4.2.17.4 Determinación del índice de área foliar

Se determinó esta variable mediante el ceptómetro (radiómetro) Accu PAR LP-80 bajo un cielo descubierto entre las 10:00 a 14:00.



**Figura 15.** Determinación del índice del área foliar con el equipo Accu Par

Las mediciones fueron realizadas en cada tratamiento entre los hoyos colocando el radiómetro sobre la superficie del suelo en forma perpendicular a los hoyos del cultivo, para obtener un promedio de los espacios libres y los espacios con cultivo. Con un radiómetro de referencia encima del cultivo para conocer el porcentaje de radiación fotosintética activa interceptado por el cultivo

Para obtener un promedio confiable, las mediciones fueron repetidas 8 veces en cada unidad experimental. La toma de muestras se realizó una vez por semana (cada 7 días).

#### 4.2.17.5 Determinación de la Humedad del suelo (mm)

Los muestreos de suelo se realizaron cada 2 semanas, en la cual se tomaron muestras húmedas de suelo a tres profundidades diferentes; 0.1, 0.3 y 0.5 m., las muestras se pesaron en el lugar y luego se llevaron a laboratorio donde se colocó a la mufla por 24 horas a una temperatura de 105° C. Luego se pesó la muestra sacada de la mufla.

El contenido de agua se determinó por el método gravimétrico con la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad gravimetrica} = \frac{\text{Masa de suelo}}{\text{Masa de suelo seco}} \quad \text{Ec. 8}$$

El contenido de humedad expresado en volumen (%) a partir de  $\theta$  masa (%) o humedad gravimetrica, se puede determinar mediante la siguiente relación:

$$\phi \text{ Vol (\%)} = \phi \text{ masa (\%)} * D_{ap} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:  $D_{ap}$  = Densidad aparente del suelo (g/cm<sup>3</sup>)  
 $\phi$  masa (%) = Contenido de humedad expresado en masa (%)  
 (Humedad gravimetrica)  
 $\phi$  Vol (%) = Contenido de humedad expresado en volumen (%)

#### 4.2.17.6 Índice de eficiencia de uso de agua en grano (EUAG)

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 cuanto de grano ha producido con la cantidad de agua total recibida.

$$EUA_g = \frac{\text{Peso de grano}}{\text{Evapotranspiración actual del cultivo}} \quad \text{Ec. 10}$$

#### 4.2.17.7 Eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva (EUAB)

Es la relación del peso total de la biomasa aérea seca cosechada entre sobre el volumen de agua consumido por las plantas en todo el ciclo (riego + precipitación, corregido por el contenido de agua antes y después del ciclo) como se observa en la siguiente ecuación:

$$EUA_b = \frac{\text{Peso de biomasa seca} + \text{peso de grano}}{\text{Evapotranspiración actual del cultivo}} \quad \text{Ec. 11}$$

#### 4.2.17.8 Validación del balance hídrico para la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en el altiplano sur de Bolivia con el modelo BUDGET.

Para validar los resultados del balance hídrico para la quinua en el altiplano Sur de Bolivia mediante el modelo de balance hídrico BUDGET se hizo la comparación de los resultados obtenidos del modelo BUDGET versus los resultados de la humedad del suelo mediante el método gravimétrico.

#### 4.2.17.9 Sistematización de información obtenida mediante la evaluación participativa

La información recopilada en los talleres participativos, entrevistas, informantes, claves, grupos focales y encuestas realizados, se sistematizo con ayuda SSPS de la siguiente forma

#### **4.2.17.9.1 Información agrícola**

Se recopiló la información sobre las principales actividades agrícolas de las familias productoras de quinua, no solo producen quinua si no también algunas hortalizas en pequeños parcelas.

Estas informaciones ayudan conocer la tenencia de tierra por familias.

#### **4.2.17.9.2 Información ganadera**

Se recopiló la información sobre la actividad ganadera, esta nos ayudo a conocer la tenencia de animales y las distintas especies que crían las familias para su subsistencia, esta información ayudo también a conocer las actividades que aportan mayores ingresos económicos.

#### **4.2.17.9.3 Información productiva**

Esta información es referida a la producción de cultivo de quinua y el uso de riego en la actividad agrícola, Esta información nos ayuda ha conocer el rendimiento, en la comunidad y comparar con los rendimientos a nivel demostrativo con aplicación de riego, en términos de kg./ ha.

#### **4.2.17.9.4 Información sobre uso de riego**

Se recopiló la información sobre la disposición de regar el cultivo de quinua si tuvieran acceso al riego, y en que etapas regaría, si estaría de acuerdo a aportar para la construcción de sistemas de micro riego, si hay suficiente cantidad de agua.

## CAPITULO V

### 5 RESULTADOS Y DISCUSION

#### 5.1 Descripción de las características climáticas de la comunidad de Mejillones

A continuación se muestra en el cuadro 6 los datos climáticos registrados por la estación Meteorológica de Mejillones (2006-2007) ocurridas durante el ciclo vegetativo del cultivo de quinua.

**Cuadro 8.** Registro de datos climáticos promedios durante el desarrollo del cultivo en la Localidad de Mejillones, Provincia Enrique Valdivieso, Gestión 2006-2007

Parámetros climáticos	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total Media
Temperatura Máxima media (°C)	19,3	20,5	21,2	18,6	19,1	18,3	17,6	19,2
Temperatura Mínima Media (°C)	0,0	2,5	3,8	4,2	3,2	3,0	1,1	2,5
Temperatura media (°C)	9,7	11,5	12,5	11,4	11,2	10,6	9,3	10,9
Precipitación pluvial (mm/mes)	0,0	0,3	2,0	62,4	37,7	5,0	0,0	107,4
Humedad relativa máxima media (%)				56.61	45.6	32	56.72	47.25
Humedad relativa mínima media (%)				38.94	24.9	17.2	40	29.75
Velocidad media del viento (m/s)	3.80	2.72	3.34	3	3.28	2.42	3.75	3.19
Eto (FAO Penman M) (mm/mes)	159,0	148,7	171,2	157,4	145,6	133,4	71,4	986,7
Eto media (FAO Penman M) (mm/día)	5,1	5,0	5,5	5,1	5,2	4,3	4,76	4,9
Horas sol	10,1	8,6	9,1	8,2	9,0	4,3	4,8	7,7

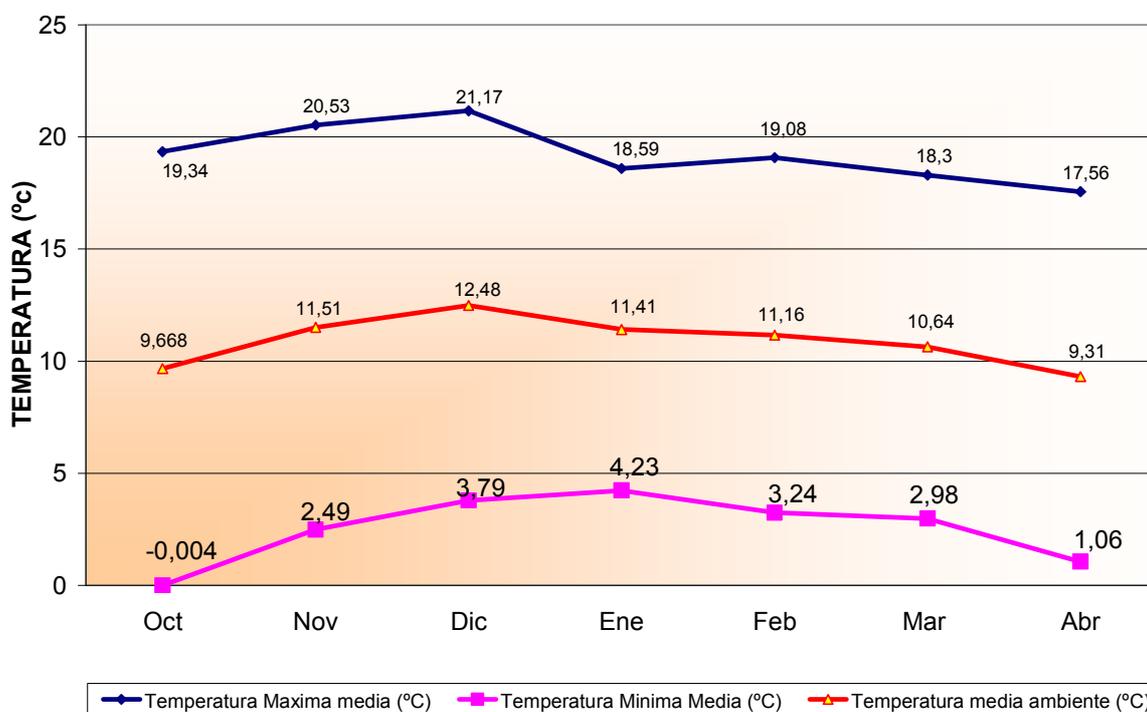
Como se puede observar en el cuadro 6 las temperaturas máximas mínimas humedad relativa máxima y mínima velocidad del viento, etc de la Comunidad de Mejillones son características de la región del altiplano sur.

El cultivo de quinua en estas condiciones esta expuesta a varios factores adverso como en nuestro caso que las plántulas en la etapa emergencia y cotiledonar en los meses de octubre y noviembre fueron quemadas por la alta radiación solar, también fueron tapadas por la arena arrastrada por el viento estos factores adverso que no se pueden controlar afecta a la mayoría de las parcelas en especial en planicies tal fue

el caso de muchos compañeros agricultores que perdieron casi el 70 % de la producción en esta primera etapa.

### 5.1.1 Temperaturas de la gestión 2006-2007 de la comunidad de mejillones.

En el cuadro 8 y la figura 16, se observa que la temperatura máxima media se dio durante el mes de diciembre alcanzando 21.2 °C, mientras que la temperatura mínima media se registró durante el mes de octubre con un valor de 0 °C. Con una temperatura promedio ambiente de 10.9 °C, temperatura máxima media de 19.2 °C y temperatura mínima media de 2.5 °C.



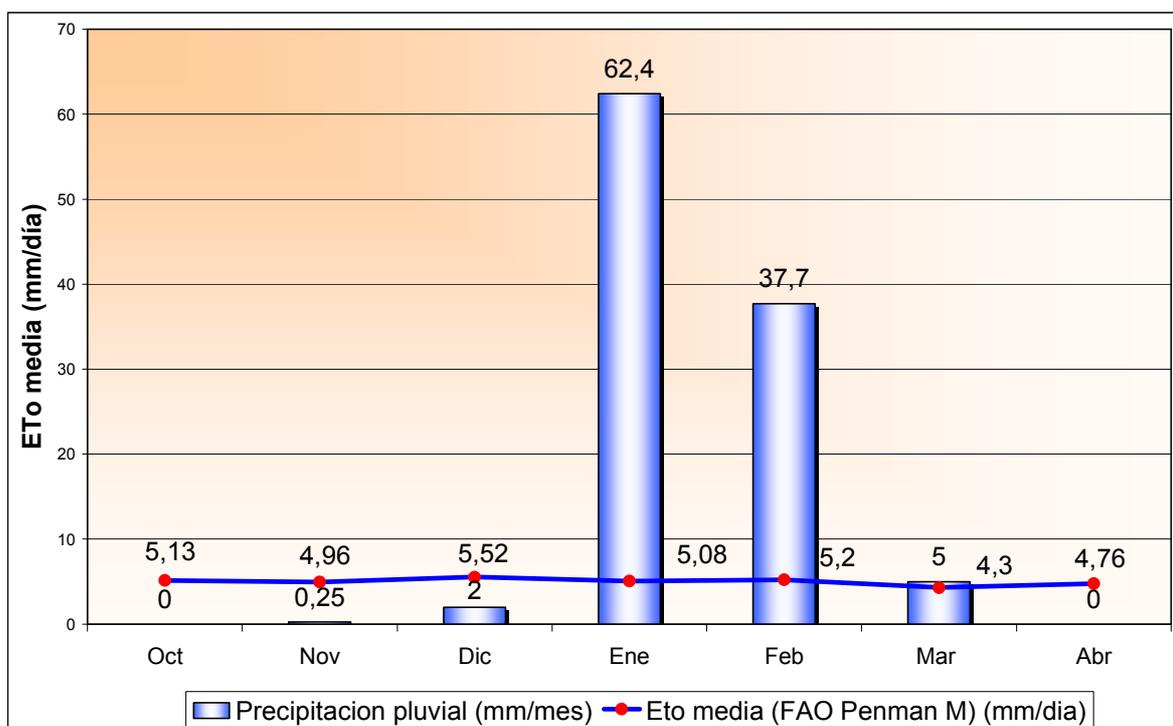
**Figura 16.** Comportamiento de la temperatura máxima, mínima y media durante el desarrollo del cultivo en la comunidad de Mejillones gestión 2006-2007 (°C)

Como se puede observar en la figura 6 las temperaturas no llegaron a los extremos se mantuvieron en un rango que la quinua puede soportar pero en las primeros estadios de la quinua, en la etapa de cotiledones y dos hojas verdaderas las temperaturas alcanzaron 20, 21 y 22 °C ocasionando que las plántulas se quemaran.

### 5.1.2 Precipitación y Evapotranspiración de referencia de la gestión agrícola 2006-2007 en la Comunidad de Mejillones

En el cuadro 6, se muestran los datos de precipitación pluvial ocurridos durante el desarrollo del cultivo de quinua, donde se observa que la máxima precipitación ocurrida fue en el mes de Enero con un valor de 62.4 mm y la mínima precipitación se dio en el mes de Noviembre alcanzando un valor de 0.3 mm.

En la figura 17, se observa que la precipitación pluvial se concentró entre los meses de Enero y Febrero y esta situación se atribuye a las características climáticas propias del Altiplano Sur.



**Figura 17.** Precipitación pluvial ocurrida durante el desarrollo del cultivo en la localidad de Mejillones, Gestión 2006-2007 (mm/mes)

García, (1991) menciona que el requerimiento promedio de agua para la quinua es de 507 mm.

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.

Las lluvias caídas durante la gestión agrícola alcanzaron 107.4 mm no llegando a satisfacer los requerimientos mínimos propuestos por García, (1991) y Mújica, et al. (2004)

De acuerdo al cuadro 6, la máxima evapotranspiración de agua se dio en el mes de diciembre alcanzando un valor de 5.52 mm/día, mientras que la mínima evapotranspiración se dio en el mes de marzo con un valor de 4.3 mm/día, el desarrollo de la evapotranspiración se muestra detalladamente en la figura 17.

Como se puede observar en la figura 17 la evapotranspiración de referencia ocasiona una pérdida diaria promedio de 4.99 mm/día,

### **5.1.3 Velocidad del viento y humedad relativa de la gestión 2006-2007 en la comunidad de mejillones.**

Los vientos predominantes en la zona son secos y corren a una velocidad media de 3.18 m/s a una altura de 5 metros sobre el nivel del terreno esto por las características del terreno (hoyada). La máxima velocidad del viento ocurrió en el mes de Octubre 2006 con 3.80 m/s, mientras que la mínima se dio en el mes de Marzo 2007 con 2.42 nudos.

También los fuertes vientos ocasionaban el arrastre de arena o tierra que cubrieron las plántulas y las altas temperaturas ocasionaban que se calentara la arena ocasionando que se quemaran las plántulas.

También la humedad relativa es característica de estas regiones del altiplano sur que son mínimas alcanzando una humedad relativa máxima promedio de 56.61 % en el mes de Enero esto debido a las precipitaciones ocurridas en este tiempo.

## 5.2 Características de los factores abióticos de la parcela experimental

### 5.2.1 Propiedades físicas del suelo

El cuadro 9 muestra el análisis físico de los diferentes perfiles del suelo en el área de estudio. El análisis de textura de las muestras en laboratorio se hizo mediante el método del hidrómetro de Boyukus basado en la ley de Stokes.

**Cuadro 9.** Resumen del análisis físico de suelo de la comunidad de Mejillones, provincia Enrique Baldivieso gestión 2006-2007

Muestra	Perfil (cm)	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Clase textural
1	10	90,87	2,24	6,95	Arenoso
2	30	89,07	4,06	6,85	Arenoso
3	50	89,61	2,78	7,60	Arenoso

De acuerdo a la clasificación de suelos del departamento de agricultura de los Estados Unidos (1972) y el triángulo textural; el suelo de la parcela experimental presenta una textura Arenosa en los tres perfiles con 90.8; 89 y 89.6 % de arena, 2.2; 4 y 2.7% de arcilla y 6.9; 6.8 y 7.6 % de limo. Lo que significa que tiene una alta permeabilidad y poco almacenamiento de agua, también a la clase textural la fertilidad del suelo escasa

Según Mújica, et al (2004) indican que el cultivo de la quinua también se puede adaptar a un suelo arenoso.

### 5.2.2 Propiedades químicas del suelo

En el cuadro 10 se muestran los resultados del análisis químico del suelo.

**Cuadro 10.** Análisis químico del suelo de la parcela experimental, comunidad de Mejillones gestión 2006-2007.

Prof.	% Total N	Ca	Mg	Na	K	P(ppm)	M.O.(%)	PH	C.E
10-30	0,02	5,18	0,61	0,08	0,36	6.66	0,11	7.83	0.09
50	0.2	5.05	0.60	0.08	0.34	3.35	0.06	7.95	0.08

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

En el cuadro 10 muestra los resultados del análisis químico del suelo, se observa que la capa arable de la parcela experimental presento pH ligeramente alcalino de 7.83 valor que se encuentra dentro del rango óptimo de 4.5 a 9 recomendado por Mújica, et al. (1997).

Presenta una conductividad eléctrica baja de 0.09 mS/cm, valor que indica que no hay problemas de sales que puedan causar daño al cultivo.

Con una capacidad de intercambio catiónico baja de 6.26 meq/100 g de suelo, debido a la clase textural por que la arcilla tiene mayor capacidad de retención e intercambio de cationes, también mayor retención de agua;

Con bajo contenido de total de bases intercambiables de 6.23 meq/100 g de suelo, y con presencia muy alta de % de saturación de bases de 99.5 meq/100 g de suelo y carbonatos libres presentes en gran cantidad.

El análisis químico del suelo muestra un contenido sumamente bajo de nitrógeno total de 0.02 % este valor tan bajo es consecuencia al monocultivo y a consecuencia de que es el segundo año de producción en la misma parcela también el suelo no esta barbechado esto explica el bajo contenido de materia orgánica de 0.11 %.

### **5.2.3 Estado de la fertilidad del suelo**

En el cuadro 10, se observa que el contenido de materia orgánica es de 0.11% considerándose que son suelo de bajo contenido de materia orgánica. Con un contenido bajo de nitrógeno total de 0.02 %. Estos valores bajos se deben a la escasa vegetación, el mismo está directamente relacionado con la baja precipitación pluvial.

Presencia muy baja de fósforo asimilable de 6.66 ppm. Con un contenido de potasio de 0.36 meq/100 g de suelo que significa presencia moderada de potasio intercambiable para el cultivo.

Presencia baja de calcio con 5.18 meq/100g de suelo con contenido bajo de magnesio de 0.61 meq/100g de suelo y presencia baja de sodio de 0.08 meq/100g de suelo. En general es un suelo de baja fertilidad.

#### 5.2.4 Abonamiento orgánico con estiércol de llama

Los resultados del análisis químico del estiércol de llama, se muestran a continuación.

**Cuadro 11.** Análisis químico del estiércol de llama (guano) en % de materia seca

	Nitrógeno %	Fósforo %	Potasio %	Calcio %	Carbono org %	Sodio g/kg	Calcio %	Hierro %
Muestra de guano	0.46	0.09	0.47	5.43	10.09	0.23	5.43	103.18

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

En el cuadro 11, se observa que el estiércol de llama presento pH ligeramente ácido de 6.58. Por otro lado se aprecia que el estiércol tiene presencia muy baja de nitrógeno total de 0.46 %, con un contenido pobre de fósforo de 0.09 % y presencia baja de potasio de 0.47 %, con contenido de 5.43 % de calcio, 2.33 % de magnesio. A continuación en el cuadro 12, se muestra el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio presente de aplicación al suelo, los mismos cálculos se observan en el anexo 4.

**Cuadro 12.** Aporte de elementos nutritivos (E.N.) de acuerdo a la aplicación de los niveles de estiércol de llama en el suelo.

Elementos nutritivos (kg/ha)	Nivel de estiércol de llama 2 t/ha
Nitrógeno total	9,2
Fósforo total	1,8
Potasio total	9,4

En el cuadro 12, se observa que al aplicar 2 t/ha de estiércol de llama, se incorporó al suelo 9.2, 1.8 y 9.4 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio total respectivamente. De estos elementos solo una fracción es disponible para las plantas, ya que el proceso

de mineralización, en estas condiciones no esta determinado pero es muy lento debido a las condiciones climáticas.

Por otro lado de acuerdo al análisis químico, y realizando los cálculos respectivos anexo 5 el suelo de la parcela experimental, presenta el siguiente contenido de nutrientes de: **1.5 – 11.7 – 129.2 de N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O** respectivamente.

Mújica (1997), indica que en la costa 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 por hectárea.

Por lo tanto la aplicación de 2 t/ha de guano de llama mas el aporte del suelo, no son suficientes creando así un déficit de nitrógeno de mas o menos 49.3 kg/ha la misma se refleja en el bajo rendimiento de la parcela experimental.

### 5.2.5 Calidad de agua

Según el anexo 3 el agua utilizada para el riego tiene las siguientes características que se muestran en el cuadro 13.

**Cuadro 13.** Análisis químico de agua de la comunidad de Mejillones.

Iones	(meq/l)	R.A.S.	C.E. (mmhos/cm)
Ca	71,88	5,76	0,78
Mg	12,55		
Na	37,44		

**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 71.88 mg/l, el Mg con un valor de 12.55 mg/l,

finalmente con un contenido de 37.44 mg/l de Na dando como resultado un valor de R.A.S. de 5.76 que de acuerdo a la clasificación (USDA 1970) se clasifica como S1 de baja sodicidad y una C.E de 0.78 ms/cm.

Según Pizarro 1990, el agua es de media salinidad (C2); puede utilizarse siempre y cuando haya un grado de lavado. Sin necesidad de prácticas especiales de control de salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales.

Según la clasificación USDA (1970) el agua de riego tiene bajo contenido de sodio, y se puede utilizar para el riego para la mayoría de los cultivos en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

### **5.3 Resultados de las Variables agronómicas**

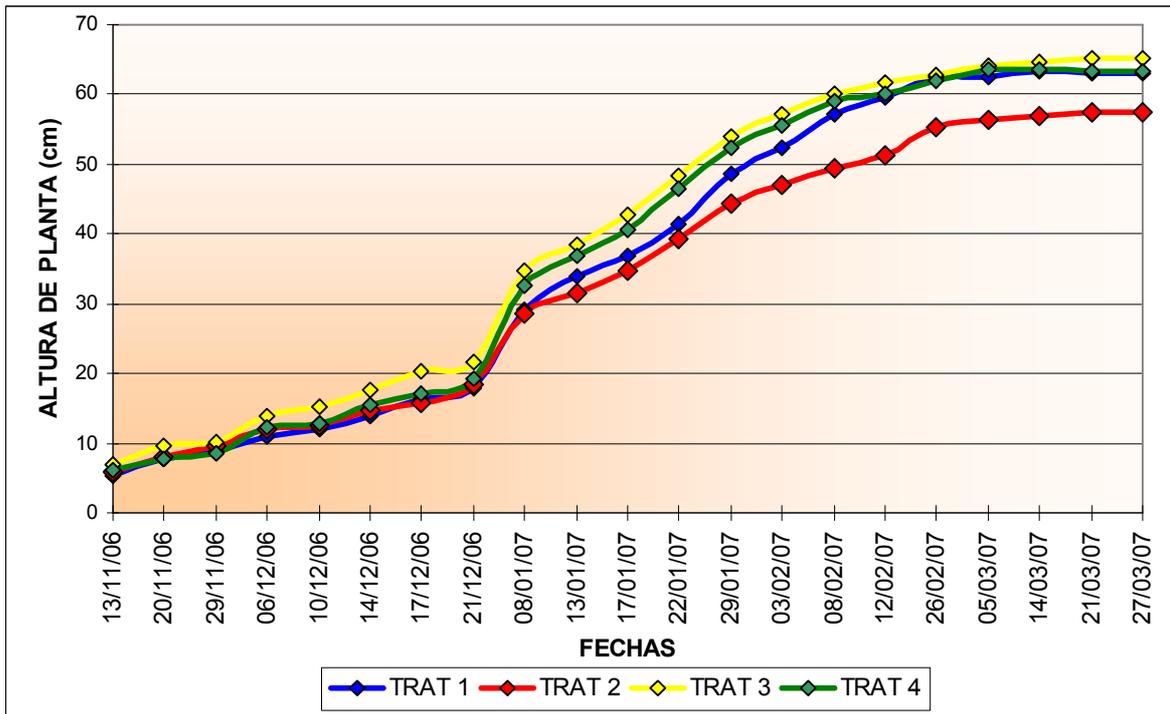
A continuación se presentan los resultados de las variables agronómicas tomadas en cuenta para el presente estudio.

#### **5.3.1 Altura de planta**

Las alturas alcanzadas por las plantas en los diferentes tratamientos se muestran en la figura 18, y el análisis de varianza para la altura de planta a la cosecha del cultivo de quinua, se muestra en el anexo 17.

Analizando los resultados del análisis de varianza del anexo 17 podemos mencionar que el riego deficitario y la incorporación de estiércol de llama no tuvieron influencia estadísticamente significativa al 5 % en la altura de la planta.

De la misma manera en la interacción de estos dos factores (abono y riego) no se encontraron diferencia significativa.



**Figura 18.** Altura de planta obtenida de los cuatro tratamientos durante el desarrollo del cultivo en la comunidad de mejillones gestión 2006-2007

En la figura 18 se puede observar en los cuatro tratamientos alturas similares con un desarrollo normal en todo el ciclo del cultivo, por otro lado el tratamiento 2 es el que presento la más baja altura con 56.7 cm podemos mencionar que la incorporación de materia orgánica tiene mayor efecto con el riego debido a la fácil asimilación de las plantas.

### 5.3.1.1 Altura de planta en función del riego deficitario

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad estadística para la altura de planta con la aplicación de riego deficitario y seco, se muestra en el cuadro 14.

**Cuadro 14.** Prueba Tukey para la altura de planta (cm) por efecto del riego deficitario.

NIVELES DE RIEGO	Promedio de altura de planta (cm)	Tukey
Sin riego	64,3	A
Con riego	60,2	A

Los resultados de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, nos muestra que el riego deficitario y a secano no existe diferencias estadísticamente significativas en cuanto al crecimiento en altura de planta.

Oeike et al. (1992) Citado por Solís (2002) indica que la quinua es un cultivo tolerante a la sequía con un requerimiento de agua por ciclo de sólo 254 y 381 mm, también señala 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.

Alba, (1995) menciona que el cultivo de la quinua tendrá un crecimiento favorable cuando el suelo no llegue a disminuir en un 30% la humedad respecto a la capacidad de campo.

Al respecto Gandarillas y Bonifacio (1992), indican que la altura de planta en la quinua es un carácter muy variable donde es posible encontrar altas y enanas según las características variando estos de 0.70 a 1.40 m de altitud. 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 origino las mas bajas tasas de crecimiento absoluto.

### 5.3.1.2 Altura de planta en función al abono orgánico

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad estadística para la altura de planta con abono orgánico y sin abono orgánico, se muestra en el cuadro 15.

**Cuadro 15.** Prueba Tukey para la altura de planta (cm) por efecto de la fertilización orgánica.

<b>NIVELES DE ABONO</b>	<b>Promedio de altura de planta (cm)</b>	<b>Tukey</b>
Sin abono	64,2	A
Con abono	60,4	A

Los resultados de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad en el cuadro 15, nos muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto al

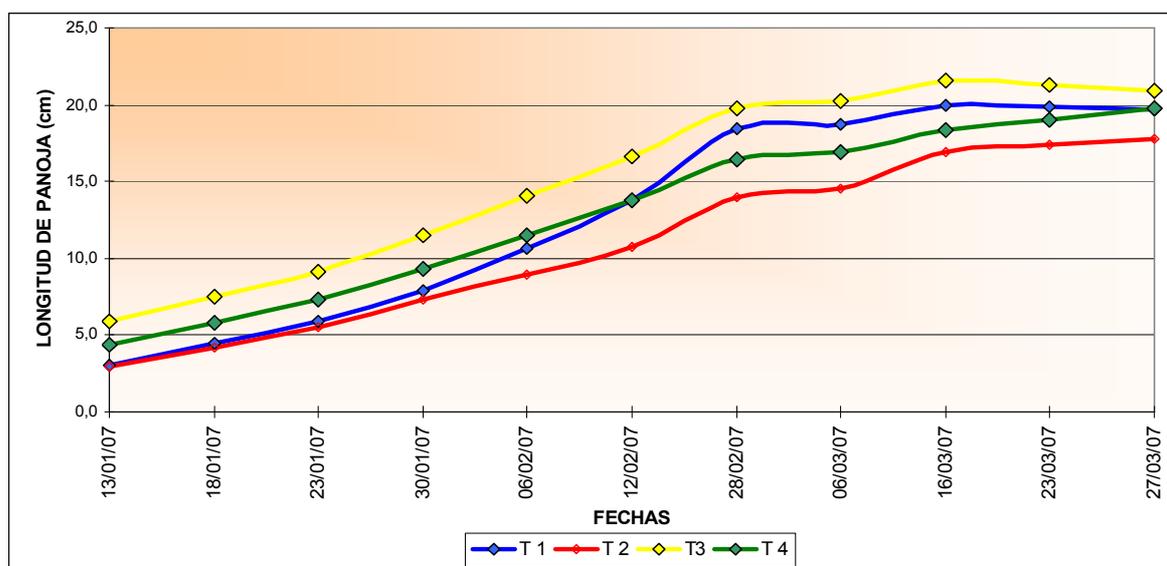
crecimiento en la altura de planta con respecto al abono orgánico y sin abono orgánico.

Una de las posibles razones para que el abono no haya influido en la altura de la planta es el poco contenido de nitrógeno, también podemos mencionar que la mineralización de la materia orgánica es lenta lo que dificultó la descomposición adecuada.

Confirmandose la conocida necesidad del nitrógeno en el cultivo de la quinua y que la deficiencia de este elemento esencial influye en la reducción del crecimiento de la planta, según Tudela, (1999) y Rodríguez (1991).

### 5.3.2 Longitud de panoja

Los resultados del análisis de varianza para la variable longitud de panoja (anexo 18) indican que no existe diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de riego deficitario y la fertilización orgánicas a un nivel de probabilidad de 5 % también no se encontraron diferencias significativas en la interacción de riego y abono, estos datos son confiables por que el coeficiente de variación es de 19.43 % que es admisible a nivel de campo.



**Figura 19.** Longitud de panoja obtenida de los cuatro tratamientos durante el desarrollo del cultivo en la comunidad de mejillones gestión 2006-2007

Como se puede observar en la figura 19, el tratamiento que llego a obtener mayor longitud de panoja es el tratamiento 3, seguida por detrás por el tratamiento 1, en tercer lugar llegándose a ubicar el tratamiento 4 y por último se encuentra el tratamiento 2. Esto se debe a que la incorporación de materia orgánica es más eficiente con la aplicación de riego debido a la mineralización más efectiva del abono.

### 5.3.2.1 Longitud de panoja en función del riego deficitario

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad estadística, identifica que no existe diferencias significativas entre los tratamientos con riego frente a aquellos a secano, como se muestra en el cuadro 16.

**Cuadro 16.** Prueba Tukey para la longitud de panoja (cm) por efecto del riego deficitario.

<b>NIVELES DE RIEGO</b>	<b>Promedio de longitud de panoja (cm)</b>	<b>Tukey</b>
Sin riego	20,35	A
Con riego	18,7	A

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.

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

Huiza, (1994) dice, 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,

### 5.3.2.2 Longitud de panoja en función al abono orgánico

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad estadística para la variable de la longitud de panoja con abono orgánico y sin abono orgánico, se muestra en el cuadro 17, la cual identifica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos con la incorporación de abono frente a aquellos que no tuvieron la incorporación de abono.

**Cuadro 17.** Prueba Tukey para la Longitud de panoja (cm) en función del abono orgánico

<b>NIVELES DE ABONO</b>	<b>Promedio de longitud de panoja (cm)</b>	<b>Tukey</b>
Sin abono	20,3	A
Con abono	18,75	A

Aitken (1987), encontró que a mayor cantidad de nitrógeno disponible para la quinua mejor el desarrollo de la longitud de panoja, siendo importante señalar que es erróneo considerar que la quinua deba desarrollarse en terrenos pobres, sino en aquellos relativamente ricos en materia orgánica para un mejor desarrollo morfológico principalmente de la panoja como afirma Narrea (1976).

PROIMPA menciona que la longitud de panoja promedio es de 27 cm. Con respecto a este valor nuestros resultados son menores.

### **5.3.3 Diámetro de panoja**

Los resultados del análisis de varianza para el diámetro de panoja se muestran en el anexo 19 en la cual podemos mencionar que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos de riego deficitario y la fertilización orgánica a un nivel de probabilidad de 5 %. Tampoco existe diferencias estadísticamente significativas para la interacción de riego versus abono, estos resultados son confiables por que el coeficiente de variación es de 22.14 %.

#### **5.3.3.1 Diámetro de panoja en función del riego deficitario**

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad estadística, identifica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos con riego y a secano, por que los valores de diámetro entre los tratamientos con riego y aquellos sin riego tienen valores casi similares como se muestra en el cuadro 18.

**Cuadro 18.** Prueba Tukey para el diámetro de panoja (cm) en función del riego deficitario

<b>NIVELES DE RIEGO</b>	<b>Promedio de diámetro de panoja (cm)</b>	<b>Tukey</b>
Sin riego	5,17	A
Con riego	5,06	A

Murillo, (1995) citado por Ramos, (1999) señala un comportamiento similar en trabajo con quinua bajo riego y a secano.

Vincenti (1998) indica que existe una disminución de 1.42 cm de diámetro de panoja en la variedad Real Blanca sometida a condiciones de riego y secano.

Para Huiza (1994) indica que la variable diámetro de panoja tiene una reducción sustancial por la sequía puesto que la supresión de riego a dos hojas basales, 5 hojas alternas, 13 hojas alternas, prefloración y a la madurez fisiológica expresaron menores diámetros de panoja siendo los mismos de 98, 97, 95, 97 y 94 % respectivamente.

Ramos, (1999) 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.

### **5.3.3.2 Diámetro de panoja en función al abono orgánico**

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad estadística, identifica que no existe diferencias significativas en cuanto a los diámetros de las panojas, entre aquellos tratamientos que no tuvieron la incorporación de abono orgánico frente a aquellos que si tuvieron la incorporación de abono, tal como se muestra en el cuadro 19.

**Cuadro 19.** Prueba Tukey para el diámetro de panoja (cm.) en función del abono orgánico

<b>NIVELES DE ABONO</b>	<b>Promedio de diámetro de panoja (cm)</b>	<b>Tukey</b>
Sin abono	5,36	A
Con abono	4,86	A

Salas (2004) menciona que la incorporación de nitrógeno (60 kg/ha) influye notablemente en la variable de diámetro de panoja.

PROIMPA menciona que el diámetro máximo del diámetro de panoja es de 4.8 cm lo que hace referencia a que no estamos lejos del promedio por que los valores obtenidos varían de 4.86 a 5.36 lo que estadísticamente no significativo.

#### **5.3.4 Profundidad radicular**

La profundidad Radicular promedio alcanzadas por los tratamientos se muestran en el cuadro 20.

**Cuadro 20.** Profundidad radicular de quinua bajo riego deficitario y a seco con la fertilización orgánica

<b>Estrategias de riego por hoyos</b>	<b>Niveles de fertilización orgánica</b>	<b>Profundidad radicular (cm)</b>
sin riego	0 TM/Ha	42
	2 TM/Ha	40
riego durante floración y grano lechoso	0 TM/Ha	42
	2 TM/Ha	41

El cuadro 20 demuestra que no existe variación notoria en la profundidad radicular, entre los tratamientos.

En general este bien establecido, que la parte de la planta se ve mas afectado en un tiempo mas corto que la zona radicular, por la poca disponibilidad de agua (Turner y Begg, 1981). De estas manera si existe déficit hídrico, la diferencia entre riego y seco en la parte radicular no es tan significativa como en la parte aérea (García, 1991).

### 5.3.5 Peso de 1000 granos

Los resultados del análisis de varianza para el peso de 1000 granos se muestran en el anexo 20 de la cual podemos mencionar que entre los tratamientos de riego deficitario y a secano a un nivel de probabilidad de 5 % no existe diferencia significativa. De la misma manera respecto de los tratamientos de fertilización orgánica frente al testigo no existe diferencia significativa. Y es no significativo para la interacción riego por abono, estos datos son confiables por que el coeficiente de variación es de 3.81 %.

#### 5.3.5.1 Peso de 1000 granos en función al riego deficitario

La prueba de Tukey a una probabilidad estadística del 5 % de significancia, identifico que no existen diferencias significativas entre los tratamientos con riego y a secano, como se muestra en el cuadro 21.

**Cuadro 21.** Prueba Tukey para el peso de 1000 granos en función del riego deficitario

<b>NIVELES DE RIEGO</b>	<b>Promedio de Peso de 1000 granos (g)</b>	<b>Tukey</b>
Sin riego	4,42	A
Con riego	4,4	A

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 otra parte Jacobsen *et al.* (1997), también mencionó que las fases susceptibles a la sequía para el rendimiento de grano son: la vegetativa, anthesis y llenado de grano.

#### 5.3.5.2 Peso de 1000 granos en función al abono orgánico

La prueba de Tukey a una probabilidad estadística del 5 %, identifica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, con la incorporación de abono frente al testigo, tal como se muestra en el cuadro 22.

**Cuadro 22.** Peso de 1000 granos en función del abono orgánico

<b>NIVELES DE ABONO</b>	<b>Promedio de Peso de 1000 granos (g)</b>	<b>Tukey</b>
Sin abono	4,45	A
Con abono	4,38	A

PROIMPA (s.a.) menciona que el promedio del peso de 1000 granos es de 4.21 g.

Tudela (1999) menciona que el cultivo de quinua, la fertilización nitrogenada afecta negativamente el peso de 1000 granos.

### **5.3.6 Rendimiento de grano**

El anexo 21 muestra el análisis de varianza para el rendimiento de quinua, basado en los datos del anexo 13.

Los resultados del análisis de varianza para el rendimiento, indican que el factor riego deficitario y la fertilización orgánica muestran diferencias no significativas, a un nivel de probabilidad de 5 % de la misma manera es estadísticamente no significativo para la interacción de ambos factores.

#### **5.3.6.1 Rendimiento de la quinua en función del riego deficitario.**

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad estadística identifica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos de riego deficitario y a secano. tal como se muestra en el cuadro 23, pero con un pequeño porcentaje mas elevado es el tratamiento con riego.

**Cuadro 23.** Prueba Tukey para el rendimiento (kg/ha) en función del riego deficitario.

<b>NIVELES DE RIEGO</b>	<b>Promedio de Rendimiento de grano (Kg/ha)</b>	<b>Tukey</b>
Sin riego	210,04	A
Con riego	203,18	A

El rendimiento es un buen indicador de la utilidad de la aplicación de riego suplementario, para obtener rendimientos más altos en años en que la precipitación se encuentra por debajo de lo normal (García 1991).

Vincenti (1998) en la variedad Real Blanca indica que el rendimiento con el factor riego es superior en 0.526 t en comparación de a secano. Por su parte Chungara (2000) menciona que la reducción del rendimiento por consecuencia de la sequía frente al riego fue 48 y 65.59 % en las localidades de Patacamaya y Caracollo.

Al respecto Garcidueñas y Ramirez mencionado por Lamas (1999), señalan que todos los procesos fisiológicos van a influir a la producción de semilla, es así que la absorción de agua, la fotosíntesis y el transporte de nutrientes repercuten en el rendimiento. Debido a que el rendimiento es el resultado de la interacción de muchos factores por lo que hay que buscar cual de ellos es el factor que aumenta.

### 5.3.6.2 Rendimiento de la quinua en función de la fertilización orgánica.

La prueba de Tukey a un 5 % de probabilidad estadística, identifica que no existe diferencias significativas en cuanto al rendimiento, entre los tratamientos de la fertilización orgánica versus el testigo tal como se muestra en el cuadro 24.

**Cuadro 24.** Prueba Tukey para el Rendimiento en función del abono orgánico.

NIVELES DE ABONO	Promedio de Rendimiento de grano (Kg/ha)	Tukey
Sin abono	208,39	A
Con abono	204,83	A

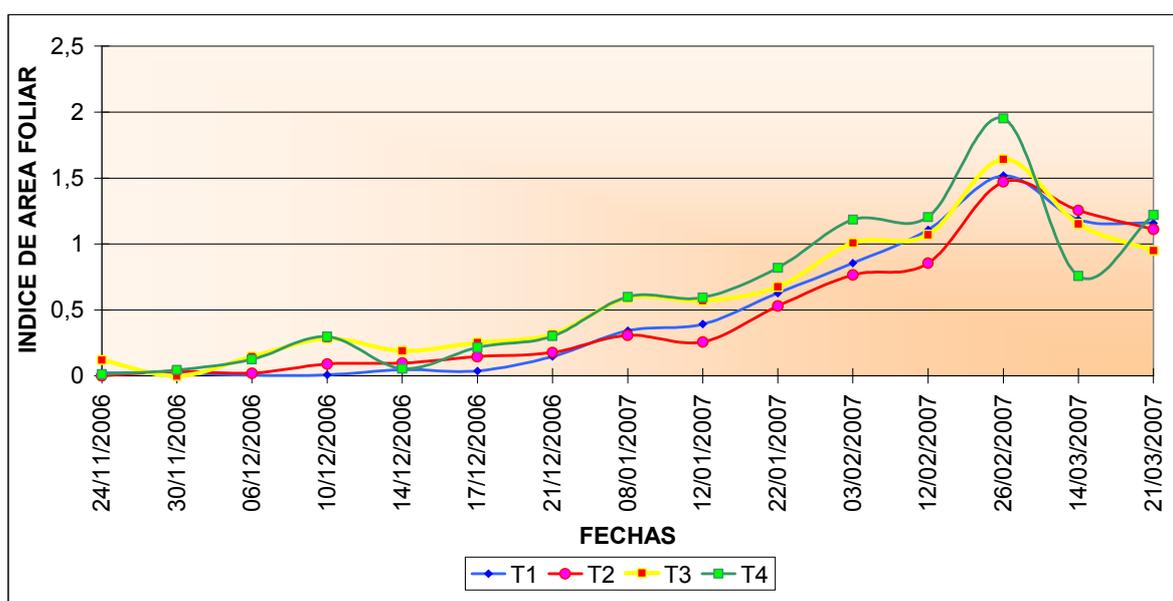
Tapia (1997), indica que están muy relacionados con el nivel de fertilidad del suelo, uso de abonos químicos, época de siembra, variedad empleada, control de enfermedades, plagas y la presencia de heladas.

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, por que 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.

### 5.3.7 Índice De Área Foliar

El índice de área foliar a lo largo del ciclo biológico, para el total de los tratamientos, se muestra en la figura 20.



**Figura 20.** Índice de área foliar del cultivo de la quinua en la comunidad de Mejillones.

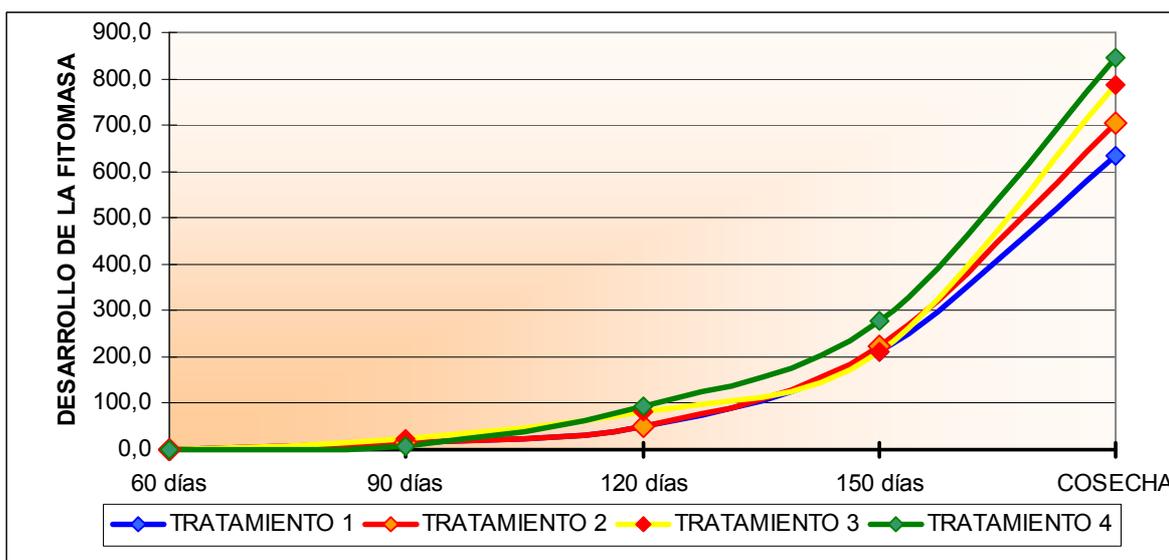
Como se puede observar en la figura 20 los tratamientos 3 y 4 son los que tuvieron mayor incremento del índice de área foliar debido a que a estos tratamiento se les aplico riego pero estadísticamente no son significativos, En los cuatro tratamientos tienen un desarrollo normal elevándose en la época de lluvias hasta llegar a la madures fisiológica es cuando el índice de área foliar empieza a reducir.

Por su parte Lamas (1999) menciona que el área foliar es muy afectado por la sequía en la fase de prefloración y floración al 50 %. A su vez Espíndola (1986) indica que el efecto inmediato del déficit hídrico es la detención de la expansión celular debido a la reducción en la turgencia celular lo cual implica necesariamente el cese de crecimiento de las hojas por lo que el área foliar sufre efectos considerables.

### 5.3.8 Evolución de la fitomasa fresca

El análisis de varianza para la variable de fitomasa (anexo 22) indica que no existen diferencias estadísticamente significativas a un nivel de significancia del 5 % de probabilidad para los dos factores de estudio a igual que la interacción.

En el figura 21 se puede observar que no existen diferencias significativas en la variable de la materia seca, entre los tratamientos de riego deficitario y a secano tratamiento 3 y 1 respectivamente, de igual forma no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con abono sin abono y por ultimo tampoco se encontraron diferencias significativas entre la interacción de estos factores (riego y abono). También podríamos mencionar que el tratamiento 4 produjo más materia seca, sin producir más granos. Esto se puede explicar que el riego ayudo a producir mas materia seca.



**Figura 21.** Evaluación de la biomasa poner unidades experimental en kg/ha

Worthen, y Aldrich (1959) mencionan que hay diferencias para los niveles de fertilización debido principalmente al nitrógeno administrado a la planta que proporciona mayor aumento en el tamaño de hojas, ramas.

Murillo (1995) menciona que el nitrógeno incrementa la biomasa de la planta principalmente de la fase de grano lechoso a la madurez fisiológica.

### 5.3.9 Índice de cosecha

El análisis de varianza para el índice de cosecha se presenta en el anexo 23 realizados en base a los datos del anexo 14.

#### 5.3.9.1 Índice de cosecha en función del riego deficitario

Según el cuadro 25 para el índice de cosecha con relación a las estrategias de riego, nos determinan, que en las parcelas donde se aplicó riego deficitario se obtuvieron los mayores valores de I.C. con 0.51; mientras los tratamientos a secano obtuvieron valores entre 0.50.

**Cuadro 25.** Prueba Tukey del índice de cosecha en función del riego deficitario.

<b>NIVELES DE RIEGO</b>	<b>Promedio de índice de cosecha</b>	<b>Tukey</b>
Sin riego	0,51	A
Con riego	0,5	A

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,

Huiza (1994), indica que el mayor valor obtenido en índice de cosecha lo obtuvo el tratamiento con supresión de agua de riego en la etapa de 5 hojas alternas quien mostró un valor de 0.51.

Riquelme (1998) obtuvo valores casi similares en el índice de cosecha con 0.39 y 0.45 en líneas precoces.

Fisher y Turner (1978) citados por Lamas (1999) indican 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.

### 5.3.9.2 Índice de cosecha en función de la fertilización orgánica

La prueba de Tukey a un 5 % de probabilidad estadística, identifica que no existen diferencias significativas en cuanto al índice de cosecha, entre los tratamientos de la fertilización orgánica y el testigo.

**Cuadro 26.** Comparación de medias del índice de cosecha, en función del abono orgánica

<b>NIVELES DE ABONO</b>	<b>Promedio de índice de cosecha</b>	<b>Tukey</b>
Sin abono	0,51	A
Con abono	0,5	A

## 5.4 Variables Fenológicas

La duración de las etapas fenológicas de las plantas de los 4 tratamientos se muestran en la figura 22 esto se realizo en base a los datos del anexo 15.

En la figura 22 se puede observar un desarrollo normal de cada una de las etapas fenológicas de los diferentes tratamientos, no encontrándose diferencias significativas entre ellas.

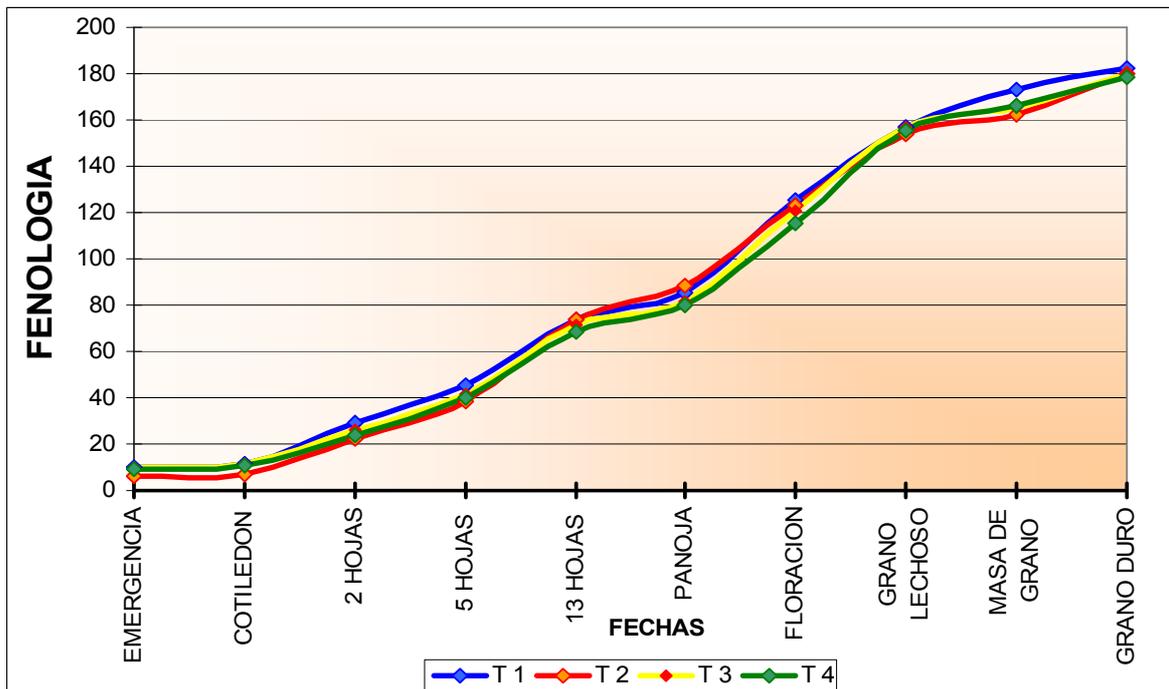


Figura 22. Duración de las fases fenológicas en los diferentes tratamientos.

#### 5.4.1 Etapa de emergencia (EE)

Cuadro 27. Prueba de Tukey para la etapa de emergencia con efectos riego deficitario y seco.

NIVELES DE RIEGO	Promedio (Días Después de la siembra a la emergencia)	Tukey
Sin riego	9,62	A
Con riego	8,12	A

Observando la figura 27 se puede llegar a observar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos y de la misma manera realizando la diferencia de promedios, cuadro 28 se puede observar que en la etapa de emergencia no existen diferencias debido a que todavía en esa etapa no se aplicó el riego.

Cuadro 28. Prueba de Tukey para la etapa de emergencia con efectos del abono orgánico

NIVELES DE ABONO	Promedio (Días Después de la siembra a la emergencia)	Tukey
Sin abono	10,12	A
Con abono	7,62	B

En el cuadro 28 .Las comparaciones de medias de Tukey al 5 % de probabilidad estadística, se encontraron diferencias significativas, pero podemos observar que los tratamientos con la incorporación de abono orgánico tienen valores de 7.62 días promedio a la emergencia, frente a los tratamientos que no se incorporaron abono orgánico alcanzaron valores mayores de 10.12 días promedio a la emergencia.

#### 5.4.2 Etapa de floración (EF)

**Cuadro 29.** Prueba de Tukey para la etapa de floración con efectos riego deficitario y seco.

<b>NIVELES DE RIEGO</b>	<b>Promedio (Días Después de la siembra a la floración)</b>	<b>Tukey</b>
Sin riego	124,38	A
Con riego	117,86	A

En el cuadro 29 .Muestra que las comparaciones múltiples de Tukey al 5 % de probabilidad estadística, muestran que no existe diferencias significativas entre los tratamientos con la aplicación de riego deficitario y a seco, con la aplicación de riego dan valores de 117 días a la etapa de floración frente a los tratamientos que no se aplicaron riego estos alcanzaron valores de 124 días a la etapa de floración siendo esta diferencia mínima a la aplicación de riego.

**Cuadro 30.** Prueba de Tukey para la etapa floración con efectos del abono orgánico.

<b>NIVELES DE ABONO</b>	<b>Promedio (Días Después de la siembra a la floración)</b>	<b>Tukey</b>
Sin abono	123,00	A
Con abono	119,25	A

El cuadro 30 .Muestra que las comparaciones múltiples de Tukey al 5 % de probabilidad estadística, muestran que no existe diferencias significativas entre los tratamientos. Los tratamiento con la incorporación de abono dan valores de 119 días a la etapa de floración, frente a los tratamientos que no se incorporación de abono estos alcanzaron valores de 123 días a la etapa de floración, encontrándose una diferencia mínima debido a la aplicación del abono pero estadísticamente no es significativos.

### 5.4.3 Estado grano duro (EGD)

**Cuadro 31.** Prueba Tukey para la etapa de grano duro con efectos riego deficitario y seco.

<b>NIVELES DE RIEGO</b>	<b>Promedio (Días Después de la siembra a la madurez)</b>	<b>Tukey</b>
Sin riego	180,86	A
Con riego	179,12	A

El cuadro 31, Muestra que las comparaciones múltiples de Tukey al 5 % de probabilidad estadística, muestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Los tratamientos que tuvieron la aplicación de riego deficitario dan valores de 179 días a la etapa de grano duro, frente a los tratamientos a seco que alcanzaron valores de 180 días a la etapa de grano duro.

**Cuadro 32.** Prueba Tukey para la etapa de grano duro con efectos del abono orgánico.

<b>NIVELES DE ABONO</b>	<b>Promedio (Días Después de la siembra a la madurez)</b>	<b>Tukey</b>
Sin abono	180,86	A
Con abono	179,12	A

El cuadro 32 .Muestra que las comparaciones múltiples de Tukey al 5 % de probabilidad estadística, muestran que no existe diferencias significativas entre los tratamientos.

Los tratamiento con la incorporación de abono dan valores de 179 días a la etapa de grano duro, frente a los tratamientos que no se incorporación de abono estos alcanzaron valores de 180 días a la etapa de grano duro.

### 5.4.4 Duración en grados días

En la Duración en grados día (cuadro 33) se encuentran en estrecha relación a las fases fenológicas. Se puede ver que los tratamientos sin riego y sin abono son las de mayor acumulación en grados día desde la etapa de emergencia hasta madurez

fisiológica, debido principalmente a la falta de humedad que ocasiono un alargamiento de las etapas fenológicas,

**Cuadro 33.** Grados día en relación a cada etapa fenológica en los diferentes tratamientos

TRAT	EE	EC	E2B	E5A	E13A	EDP	EFL	ELG	EMG	EPG	TOTAL
T 1	104.1	116.7	283.0	445.5	752.0	881.8	1315.8	1641.0	1796.9	1881.9	9218.7
T 2	61.4	73.9	221.1	367.3	757.7	912.5	1285.9	1609.4	1691.9	1861.4	8842.5
T 3	101.6	114.2	255.5	404.7	726.1	839.2	1263.5	1639.3	1722.5	1862.9	8929.3
T 4	94.1	109.1	237.7	389.3	701.0	820.4	1211.6	1619.7	1732.9	1849.0	8764.9

#### 5.4.4.1 Grados día en la etapa de floración

**Cuadro 34.** Comparación de medias en grados días de la etapa de floración con efectos riego deficitario y seco.

NIVELES DE RIEGO	Promedio de grados días para la etapa de floración	Tukey
Sin riego	1300,85	A
Con riego	1237,55	A

El cuadro 34. Muestra que las comparaciones de medias de Tukey al 5 % de probabilidad estadística, muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con riego deficitario y a seco. Los tratamiento con riego deficitario dan valores de 1237.55 grados días a la etapa de floración, frente a los tratamientos a seco estos alcanzaron valores de 1300.85 grados días a la etapa de floración.

**Cuadro 35.** Comparación de medias en grados días de la etapa de floración con efectos de la fertilización orgánica.

NIVELES DE ABONO	Promedio de grados días para la etapa de floración	Tukey
Sin abono	1289,65	A
Con abono	1248,75	A

El cuadro 35 .Muestra que las comparaciones de las medias de Tukey al 5 % de probabilidad estadística, muestran que no existe diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, con la incorporación de abono orgánico dan valores de 1248.75 grados días en la etapa de floración, frente a los tratamientos que

no se incorporaron abono estos alcanzaron valores de 1289.65 grados días a la etapa de floración.

#### 5.4.4.2 Grados día en estado grano pastoso

**Cuadro 36.** Comparación de medias en grados día en estado pastoso de grano con efectos del riego deficitario

<b>NIVELES DE RIEGO</b>	<b>Promedio de grados días para la etapa de grano pastoso</b>	<b>Tukey</b>
Sin riego	1744,41	A
Con riego	1727,71	A

El cuadro 36. Muestra que las comparaciones de medias de Tukey al 5 % de probabilidad estadística, muestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, con riego deficitario dan valores de 1727.71 grados días a la etapa de grano pastoso, frente a los tratamientos a secano estos alcanzaron valores de 1744.41 grados días a la etapa grano pastoso.

**Cuadro 37.** Comparación de medias en grados día desde la siembra hasta el estado pastoso de grano en función del abono

<b>NIVELES DE ABONO</b>	<b>Promedio de grados días para la etapa de grano pastoso</b>	<b>Tukey</b>
Sin abono	1759,71	A
Con abono	1712,41	A

El cuadro 37, muestra que las comparaciones de las medias de Tukey al 5 % de probabilidad estadística, no existe diferencias significativas entre los tratamientos con la incorporación de abono orgánico que dan valores de 1712.41 Grados días en la etapa grano pastoso, frente a los tratamientos que no se incorporación de abono estos alcanzaron valores de 1759.71 grados días en esta la etapa.

#### 5.4.4.3 Grados días en estado grano duro (EGD)

**Cuadro 38.** Comparación de medias en grados días de la etapa de madures fisiológica con efectos riego deficitario y seco.

<b>NIVELES DE RIEGO</b>	<b>Promedio de grados días para la etapa de grano duro</b>	<b>Tukey</b>
Sin riego	1871,66	A
Con riego	1855,95	A

El cuadro 38. Muestra que las comparaciones de medias de Tukey al 5 % de probabilidad estadística, muestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, con la aplicación de riego deficitario dan valores de 1855.95 grados días a la etapa de madures fisiológica, frente a los tratamientos a seco que alcanzaron valores de 1871.66 grados días a la etapa de madures fisiológica.

**Cuadro 39.** Comparación de medias en grados días de la etapa de madures fisiológica con efectos de la fertilización orgánica.

<b>NIVELES DE ABONO</b>	<b>Promedio de grados días para la etapa de grano duro</b>	<b>Tukey</b>
Sin abono	1872,38	A
Con abono	1855,23	A

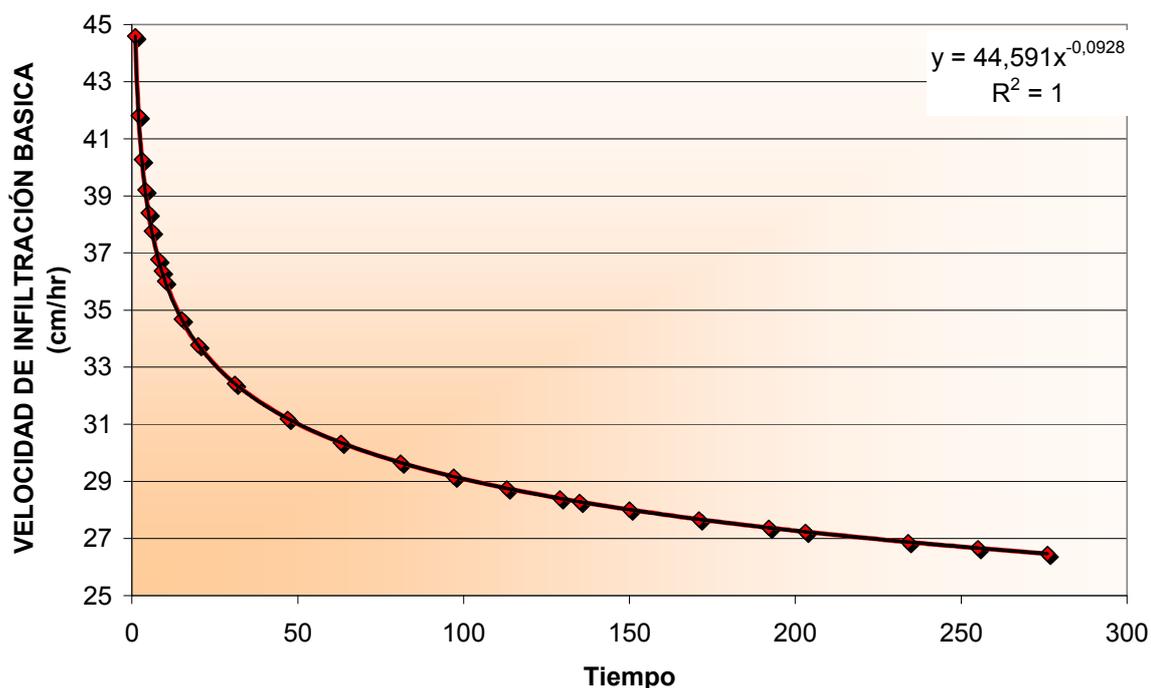
El cuadro 39 .Muestra que las comparaciones de las medias de Tukey al 5 % de probabilidad estadística, muestran que no existe diferencias significativas entre los tratamientos con la incorporación de abono orgánico la cual dan valores de 1855.23 grados días en la etapa de madures, frente a los tratamientos que no se incorporaron abono estos alcanzaron valores de 1872.38 grados días a la madures fisiológica.

En ambas factores “riego deficitario” y “fertilización orgánica” no se encontraron diferencias significativas por que se presento una helada lo cual hizo que todos los tratamientos llegaran a la madurez fisiológica.

## 5.5 Comportamiento de la humedad en el suelo.

### 5.5.1 Velocidad de infiltración

Los resultados de infiltración obtenidos a nivel de campo mediante el método de cilindros infiltrómetros del doble cilindro, muestran la variación de la velocidad de infiltración básica (anexo 6).



**Figura 23.** Velocidad de infiltración de la comunidad de mejillones provincia Enrique Valdivieso gestión 2006-2007

Como se observa en la figura 23 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 26.92 cm/hr

Según el dato de la infiltración básica obtenida en el presente trabajo, el grado de permeabilidad del suelo se considera muy elevado según la clasificación de velocidad de infiltración básica.

### 5.5.2 Curva de retención de agua en el suelo (PF)

**Cuadro 40.** Contenido de agua en el suelo (vol %) a capacidad de campo, punto de marchites permanente y punto de saturación a diferentes profundidades

	<i>Prof. 10 cm</i>	<i>Prof. 30 cm</i>	<i>Prof. 50cm</i>	<i>Presiones de succión (bares)</i>
<i>Marchites permanente</i>	5.6	4.9	6.6	15.5
<i>Capacidad de campo</i>	16.9	13.5	20.6	0.15
<i>Punto de saturación</i>	42.3	43	47	0

En el cuadro 40, se muestra los valores de la curva de retención de agua para los suelos muestreados, se puede observar que el agua aprovechable en el suelo para las plantas esta comprendida entre los rangos de 4.9 a 20.6 % en volumen para valores de pF de 4,2 (punto de marchites permanente) a 2,2 (capacidad de campo) respectivamente.

### 5.5.3 Variaciones de la humedad del suelo.

#### 5.5.3.1 Variaciones de la humedad del suelo mediante el método gravimétrico

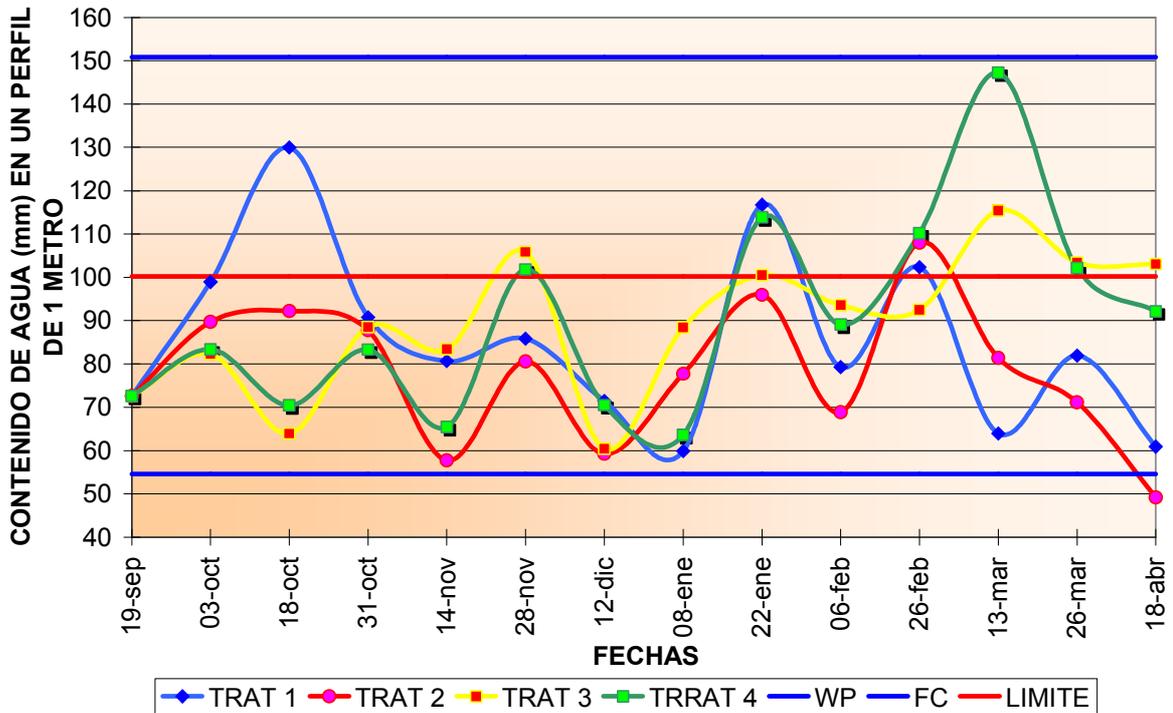


Figura 24. Variaciones de la humedad del suelo en un perfil de 1 m, y. Del tratamiento 1

Como se muestra en la figura 24 el contenido de agua en el suelo es variado no esta bien definido debido al error de la toma de muestras como se tomaban muestras de diferentes lugares eso ocasiono el error.

El análisis de varianza (anexo 24), muestra que existe diferencias significativas en el factor riego deficitario, pero esta diferencia es al finalizar el ciclo del cultivo, lo cual no ha influido al cultivo.

#### 5.5.3.2 Variaciones de la humedad volumétrica del suelo de los tratamientos 1 y 3 versus la simulación del modelo BUDGET

Con los datos de la humedad volumétrica y la modelización se obtuvieron las siguientes figuras.

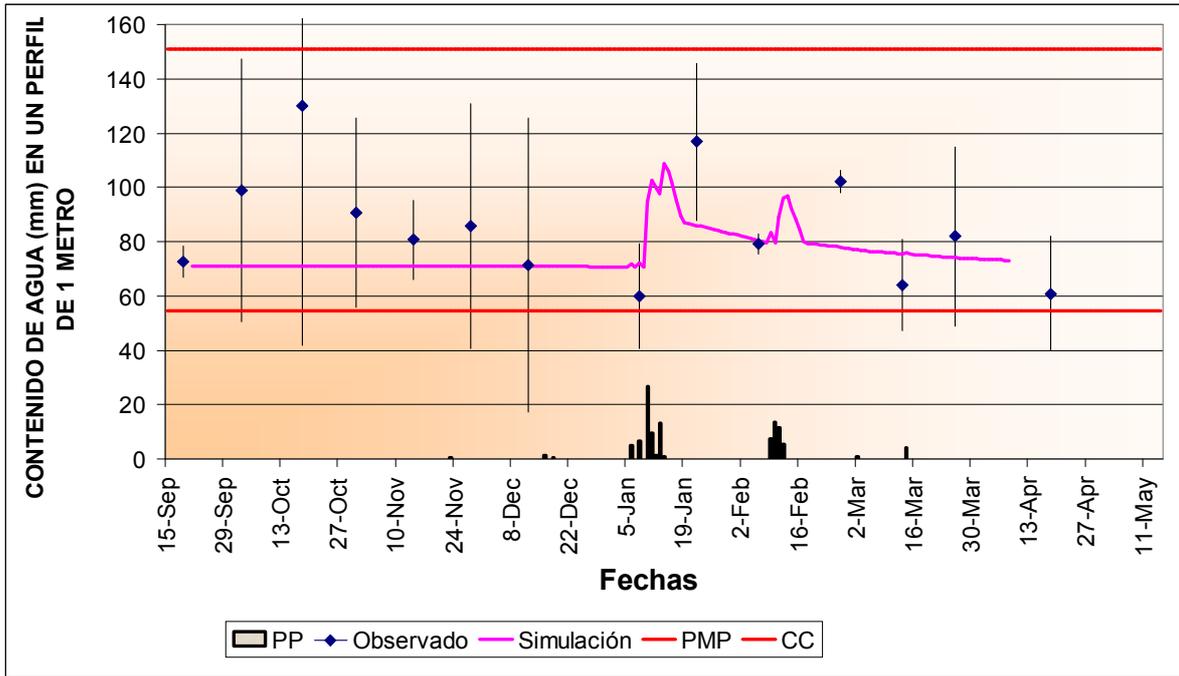


Figura 25. Variaciones de la humedad del suelo en un perfil de 1 m, y modelización. Del tratamiento 1

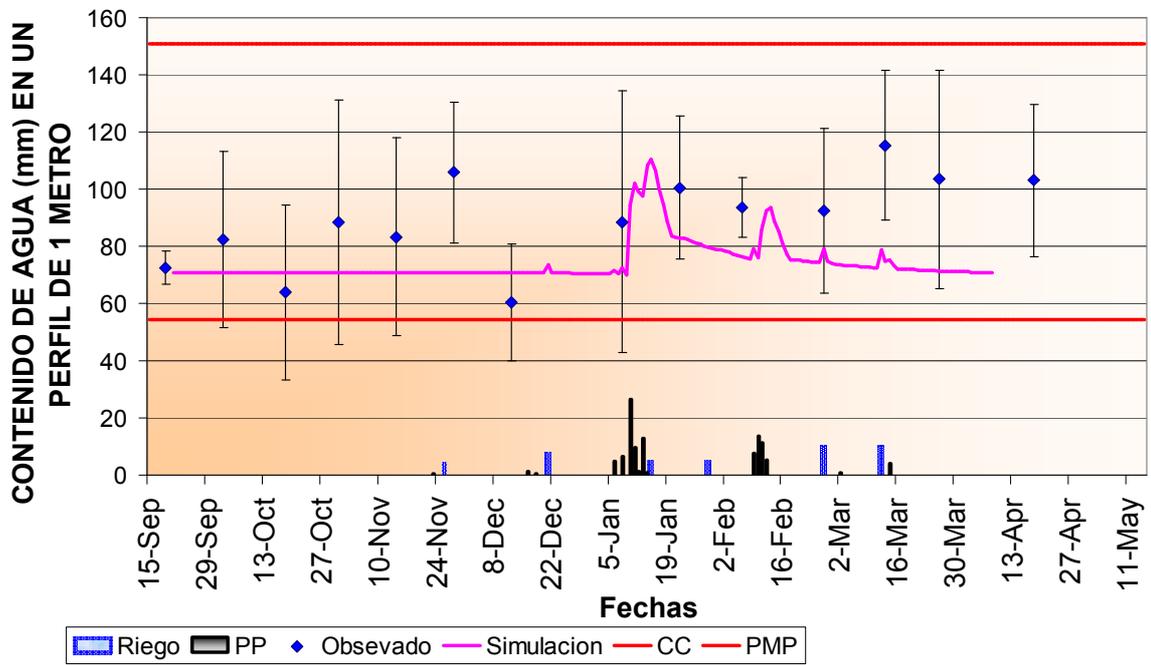


Figura 26. Variaciones de la humedad del suelo en un perfil de 1 m, y modelización del tratamiento 3

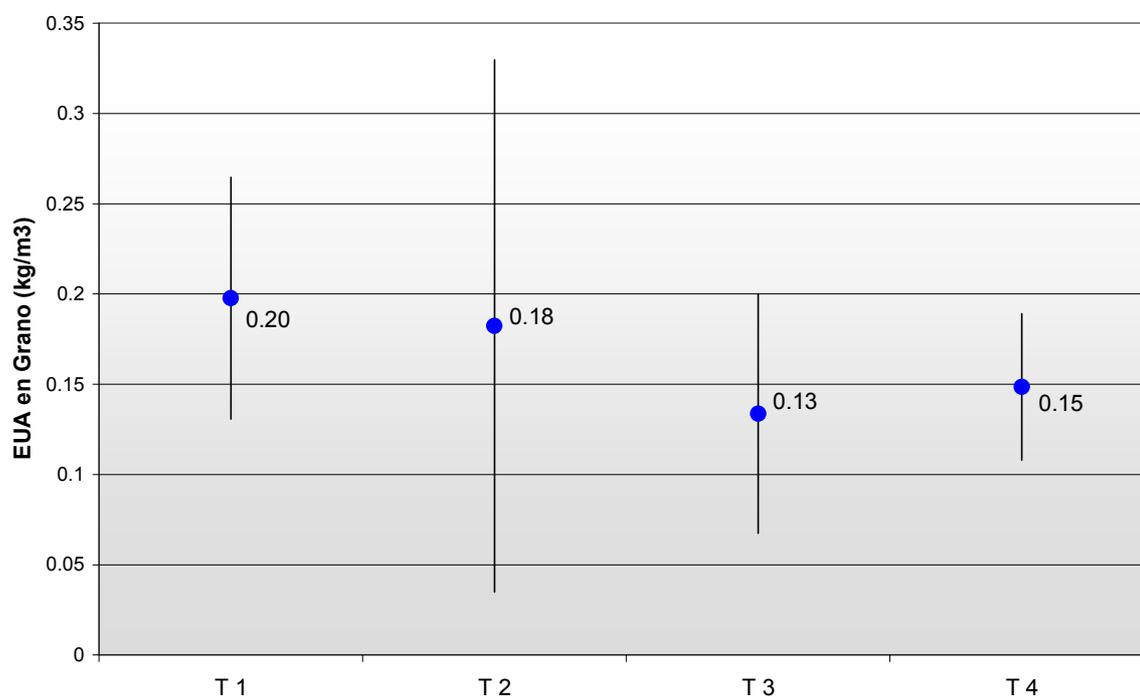
Como se puede observar en la figura 25 y 26 la humedad del suelo varia bastante debido a los lugares que se tomaron la muestra, fueron diferentes a partir las primeras precipitaciones.

Como se observa en las dos figuras la simulación de ambos casos están dentro el rango de desviación estándar de la humedad volumétrica tomada cada fecha.

También podemos mencionar que las variaciones de ambas figuras son debido al riego deficitario aplicado más las precipitaciones ocurridas en la gestión.

### 5.5.3.3 Índice de eficiencia de uso de agua en grano (EUAG)

Los resultados del análisis de varianza del índice de eficiencia de uso de agua en grano, indican que el factor riego deficitario y la fertilización orgánica muestran diferencias no significativas, a un nivel de probabilidad de 5 % de la misma manera es estadísticamente no significativo para la interacción de ambos factores.



**Figura 27.** Eficiencia de uso de agua en la producción de grano ( $\text{kg/m}^3$ ) para los 4 tratamientos.

Como se observar en La figura 27 los mayores índices de eficiencia de uso de agua se obtuvieron de los tratamientos que no se aplicaron riego, el tratamiento 1 y 2 con valores de 0.20 y 0.18 (kg/m<sup>3</sup>) en comparación de los tratamientos a los que se aplico riego que fueron menores, los tratamientos 3 y 4 con valores de 0.13 y 0.15 (kg/m<sup>3</sup>).

También podemos mencionar que los valores encontrados de eficiencia de uso de agua son bajos a comparación de otros estudios realizados en riego deficitario.

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

#### **5.5.3.3.1 Eficiencia de uso de agua en grano de quinua en función del riego deficitario.**

**Cuadro 41.** Prueba Tukey para la eficiencia de uso de agua en grano en función del riego deficitario.

<b>NIVELES DE RIEGO</b>	<b>Promedio de la eficiencia de uso de agua en grano</b>	<b>Tukey</b>
Sin riego	0.19	A
Con riego	0.14	A

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad estadística identifica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos de riego deficitario y a secano. tal como se muestra en el cuadro 41, pero con un pequeño porcentaje mas elevado el tratamiento a secano debido a la poca cantidad de agua disponible la planta tubo que ser mas eficiente en su asimilación.

### 5.5.3.3.2 Eficiencia de uso de agua en grano de quinua en función de la fertilización orgánica.

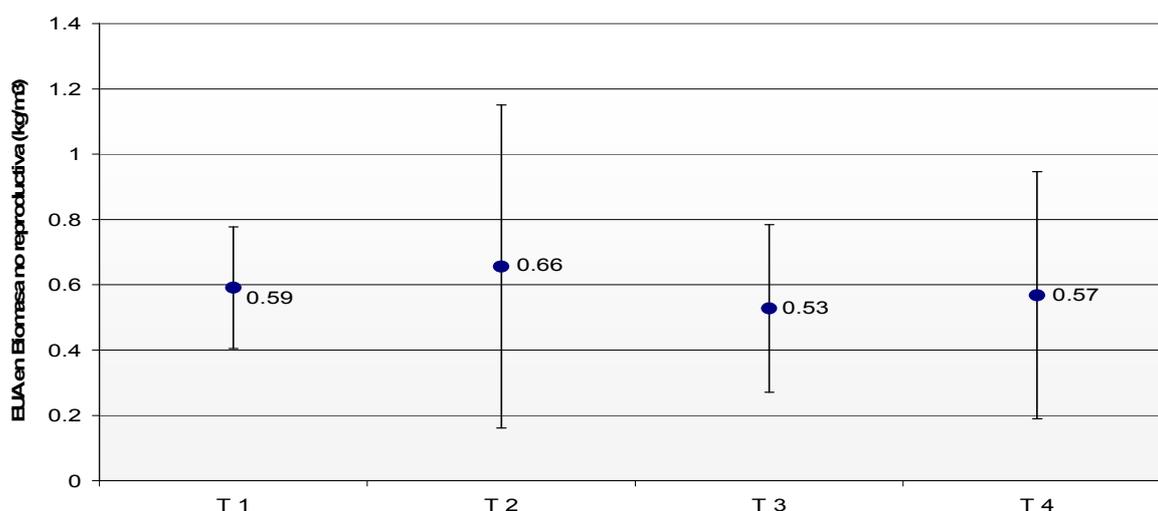
**Cuadro 42.** Prueba Tukey para la eficiencia de uso de agua en grano en función del abono orgánico.

NIVELES DE ABONO	Promedio de la eficiencia de uso de agua en grano	Tukey
Sin abono	0.16	A
Con abono	0.16	A

La prueba de Tukey a un 5 % de probabilidad estadística, identifica que no existe diferencias significativas en cuanto al rendimiento, entre los tratamientos de la fertilización orgánica versus el testigo tal como se muestra en el cuadro 42.

### 5.5.3.4 Eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva (EUAB)

Los resultados del análisis de varianza (anexo 26) del índice de eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva, muestra que el factor riego deficitario y la fertilización orgánica no tuvieron diferencias significativas, a un nivel de probabilidad de 5 % de la misma manera es estadísticamente no significativo para la interacción de ambos factores.



**Figura 28.** Eficiencia de uso de agua en la producción de biomasa no reproductiva para los 4 tratamientos en (kg/m<sup>3</sup>).

El tratamiento T2 (secano y fertilización orgánica) es el que obtuvo el mayor valor  $0.66 \text{ kg/m}^3$  para eficiencia de uso de agua en biomasa (biomasa aérea cosechada y grano limpio), los tratamientos T1, T3 y T4 son los que obtuvieron valores de 0.59, 0.53 y  $0.57 \text{ kg/m}^3$ .

#### **5.5.3.4.1 Eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva en función del riego deficitario.**

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad estadística identifica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos de riego deficitario y a secano. Tal como se muestra en el cuadro 43, pero con un pequeño porcentaje mas elevado es el tratamiento a secano.

**Cuadro 43.** Prueba Tukey para la eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva en función del riego deficitario.

<b>NIVELES DE RIEGO</b>	<b>Promedio de la eficiencia de uso de agua en biomasa</b>	<b>Tukey</b>
Sin riego	0.62	A
Con riego	0.55	A

Como se observa en el cuadro 43, la mayor eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva en función del riego deficitario lo obtuvo el tratamiento 1 con un valor de  $0.62 \text{ kg/m}^3$ , seguidamente del tratamiento 3 con un valor de  $0.55 \text{ kg/m}^3$ .

#### **5.5.3.4.2 Eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva función de la fertilización orgánica.**

La prueba de Tukey a un 5 % de probabilidad estadística, identifica que no existe diferencias significativas en cuanto a la eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva, entre los tratamientos de la fertilización orgánica versus el testigo tal como se muestra en el cuadro 44.

**Cuadro 44.** Prueba Tukey para la eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva en función del abono orgánico.

<b>NIVELES DE ABONO</b>	<b>Promedio de la eficiencia de uso de agua en biomasa</b>	<b>Tukey</b>
Sin abono	0.61	A
Con abono	0.56	A

Como se observa en el cuadro 44 la mayor eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva en función de la fertilización orgánica, el tratamiento 1 es el que obtuvo mayor valor con 0.61 kg/m<sup>3</sup> en comparación del tratamiento 2 con un valor de 0.56 kg/m<sup>3</sup>.

## **5.6 Evaluación participativa.**

A continuación se presenta los resultados del trabajo los cuales se dan en base a encuestas, taller participativo y entrevistas.

### **5.6.1 Aspectos generales**

La Comunidad de Mejillones perteneciente a la provincia Enrique Baldivieso, por las condiciones tan adversas la quinua es la única actividad agropecuaria a gran escala también tienen otros cultivos como ser tomate en carpas cebolla, etc. Pero estas otras solamente son para el auto consumo.

### **5.6.2 Población productora de quinua**

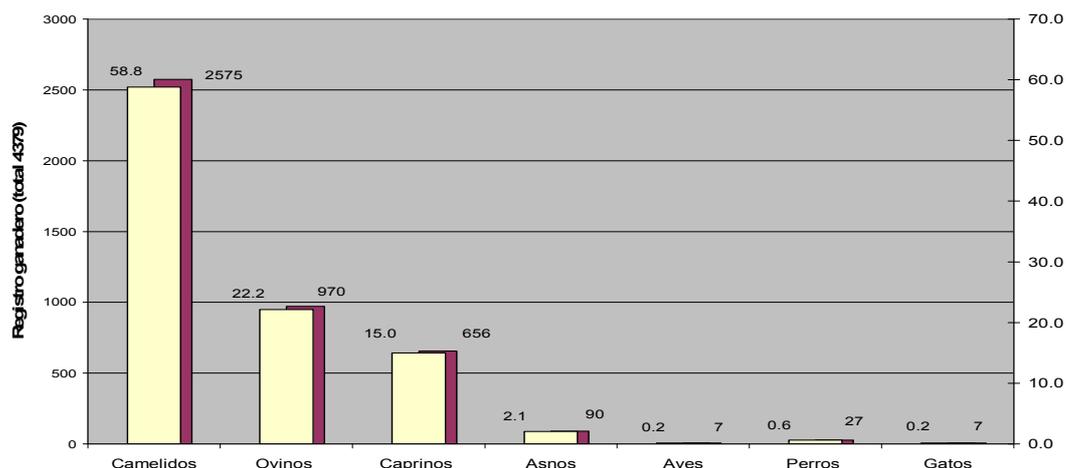
En la comunidad de Mejillones del 100 % de las personas encuestadas, cada familia produce quinua mínimamente entre 2 a 4 hectáreas.

### **5.6.3 Vías de comunicación**

Este servicio tan importante para el desarrollo de la población es escasa solamente se cuenta con el servicio una vez a la semana lo que dificulta el transporte de la producción de quinua hacia el mercado (Uyuni).

## 5.6.4 Datos de producción ganadera en la comunidad de Mejillones.

Con relación a la tenencia de ganado, se observó la predominancia del ganado camélido seguido por el ganado ovino y otros de menor importancia, las familias consideran tener animales como un fondo de ahorro.



**Figura 29.** Tenencia de ganado en la comunidad de Mejillones gestión 2000

En la figura 29 se observa que de un total de 4378 cabezas de animales, el 58.8 es ganado camélido eso es equivalente a 2575 cabezas, y el 22.2 % es ganado ovino y un 15 % ganado caprino, 0.2 % de aves y 0.4% de perros y gatos. El ganado camélido es el más importante, por su adaptabilidad a la región.

## 5.6.5 Producción agrícola

### 5.6.5.1 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, esta determinado de acuerdo a la capacidad de trabajo.

**Cuadro 45.** 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.
<b>Promedio</b>	2	4	8	4	8	15	6	12	23

Como se observa en el cuadro 45, la mayoría de las familias tiene un promedio de tierras cultivables de 12 ha los estudios anteriores muestran que solo cultivan anualmente el 33% de la superficie asignada y en descanso queda el 67% 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

#### **5.6.5.2 Calendario agrícola**

El calendario agrícola esta 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 y niños en las diferentes actividades que implica la preparación de suelo, siembra, deshierbes, cosecha, selección y almacenado de productos agrícolas.

**Cuadro 46.** Calendario agrícola para distintas actividades

<b>Cultivos</b>	<b>Preparado de suelo</b>	<b>Siembra</b>	<b>Cosecha</b>
<b>Quinoa</b>	Feb –Mar	Oct. – Nov.	Mar – Abr
<b>Cebolla</b>	Feb –Mar	Nov. – Dic.	Mar – Abr
<b>Haba</b>	Feb –Mar	Nov. – Dic.	Mar – Abr

El calendario agrícola en la comunidad de 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.

### 5.6.5.3 Proceso productivo de quinua

#### 5.6.5.3.1 Preparación de terreno

En el altiplano Sur de Bolivia la preparación del suelo se lo realiza en los meses de Febrero Marzo, uno de los indicadores para el barbecho es cuando los pastos nativos estén en inicio de floración

#### 5.6.5.3.2 Rotación del cultivo

Como es típico del altiplano Sur se practica el descanso de las parcelas durante uno a dos años y luego se vuelve a sembrar quinua.

#### 5.6.5.3.3 Abonamiento

**Cuadro 47.** Abonado del suelo en el cultivo de quinua

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Si	1	10.0	10.0	10.0
No	9	90.0	90.0	100.0
Total	10	100.0	100.0	

Como se observa en el cuadro 47 solamente el 10% abona el cultivo de la quinua y los otros 90 % de las familias cree que no es necesario solamente las tierras lo hacen descansar uno a dos años.

#### 5.6.5.3.4 Superficie cultivada por familia

**Cuadro 48.** Tamaño de parcelas cultivadas con quinua

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
1 ha	1	10.0	10.0
2 ha	2	20.0	20.0
3 ha	3	30.0	30.0
4ha	3	30.0	30.0
mas de 5 ha	1	10.0	10.0
Total	10	100.0	100.0

En el cuadro 48 se observa que el 60% de las familias tienen de 3 a cuatro hectáreas cultivadas con quinua un 30 % de las familias solamente de 2 a 1 hectárea y solo el 10 % tiene mayor a 5 hectáreas esto se puede explicar por que esta comunidad esta empezando el interés en la producción de quinua, también es una comunidad nueva.

#### 5.6.5.3.5 Lugar de procedencia de la semilla

En la actualidad en la región, no hay instituciones proveedoras de semilla; la mayoría de las familias productoras de quinua, destinan un porcentaje de su producción total para semilla,

**Cuadro 49.** Procedencia de la semilla a ser sembrada

Lugar	Total en porcentaje (%)
Propio	90
De alguna instituciones	10
Otro lado o feria	0
Total (100%)	100

Como se observa en el cuadro 49, la mayoría de las familias productoras, manifiestan que la semilla utilizada para la siembra en los campos de cultivos es propia, es decir de las anteriores cosechas, y un diez por ciento compra la semilla de instituciones pero solamente de algunas variedades con las que no cuenta como por ejemplo la variedad pisanquilla y la quinua negra por su alto costo en el mercado

#### 5.6.5.3.6 Rendimiento

**Cuadro 50.** Rendimiento promedio obtenido por las familias

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
promedio de 10 qq/ha	6	60.0	60.0
mayor de 10 qq/ha	4	40.0	40.0
Total	10	100.0	100.0

En el cuadro se observa que el 60 % de las familias sacan en promedio 10 qq/ha de rendimiento de grano limpio y solamente el 40 % sacan mayor a 10 qq/ha.

### 5.6.5.3.7 Destino de la producción

.Cuadro 51. Destino de la producción obtenida en la gestión 2006-2007.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
autoconsumo	1	10.0	10.0	10.0
venta a las ferias	1	10.0	10.0	20.0
venta asociación	8	80.0	80.0	100.0
Total	10	100.0	100.0	

En el cuadro 51 se observa que el 80 % de las familias la producción obtenida lo vende a la asociación “SEDEINKO” el 10 % de la producción lo destinan para el autoconsumo y los otros 10 % a la venta en las ferias.

### 5.6.5.4 Situación productiva con relación al uso de riego

#### 5.6.5.4.1 Acceso al riego

Cuadro 52. Causa por la cual no riegan la quinua.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
no tenemos agua	9	90.0	90.0	90.0
no necesita riego	1	10.0	10.0	100.0
Total	10	100.0	100.0	

En el cuadro 52 no indica que el 90% de las familias dicen que no riegan la quinua por que no hay agua suficiente para poder regar la quinua, y el 10 % dice que no necesita riego, que es suficiente con las lluvias.

### 5.6.5.5 Uso de agua para riego.

**Cuadro 53.** Porcentaje de la población que aplica riego en la comunidad de Mejillones

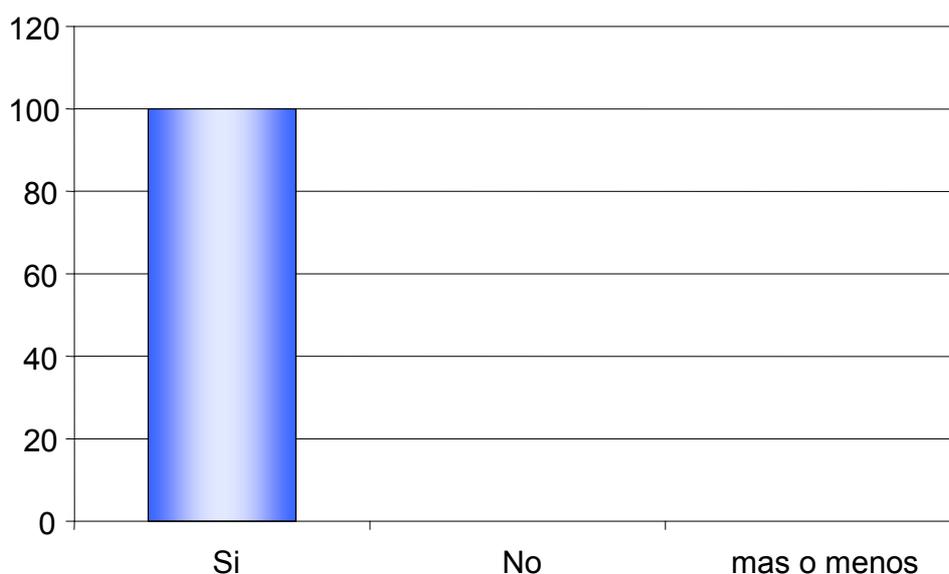
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	Si	0	0.0	00.0	00.0
	No	10	100.0	100.0	100.0
	Total	10	100.0	100.0	

Como se observa en el cuadro 53 los agricultores no riegan la quinua, el cultivo solo depende de las precipitaciones pluviales.

En la comunidad las familias no tienen acceso al riego pero siembran pequeñas parcelas de 2 por 2 o 5 por 5 metros de hortalizas para el autoconsumo en la cual aplican riego por inundación, pero hay momentos que el agua llega a escasear por que todos empiezan a regar.

### 5.6.5.6 Disposición de regar el cultivo de quinua

La mayoría de las familias están dispuestas a regar el cultivo de quinua siempre y cuando tengan el sistema de migro riego, y represas de almacenamiento.



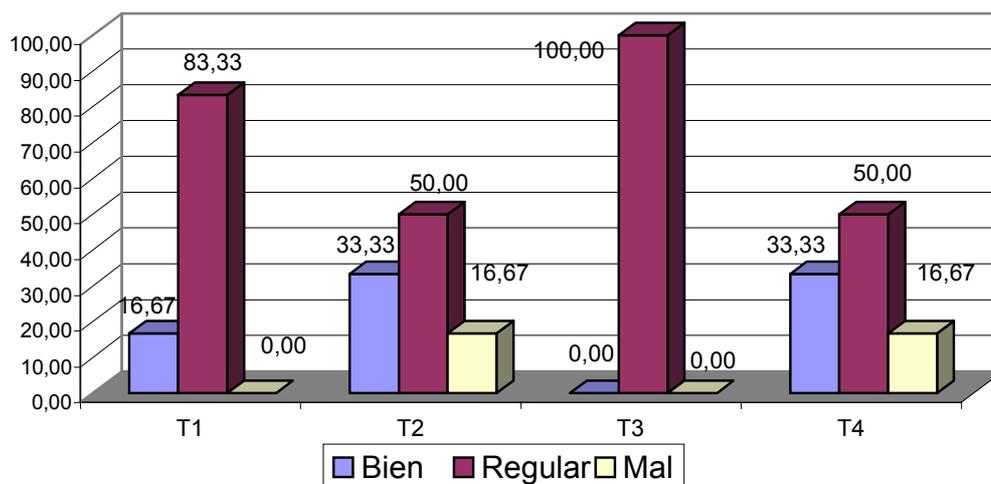
**Figura 30.** Disposición de regar el cultivo de quinua

Como se observa en la figura 30 con respecto a la disposición de aplicar el riego en el cultivo de quinua, se formulo tres opciones; en la cual toda la población esta dispuesta a regar la quinua, por que hay años en que las lluvias se retrasan o sino es muy poca como es el caso de la gestión agrícola 2006 – 2007 que solamente la precipitación alcanzo 107.35 mm/año.

### 5.6.5.7 Disposición para invertir en implementar en sistemas de riego

Las familias productoras de quinua, indican que la implementación de sistemas de riego es una necesidad muy urgente, toda la comunidad esta dispuesta a aportar dinero tanto así como mano de obra para que se pueda realizar la implementación de un sistema de riego para la quinua

### 5.6.6 Evaluación de los tratamientos.



**Figura 31.** Evaluación de los tratamientos por los agricultores.

Tal como se puede observar en la figura 31, el 83.33% de los compañeros agricultores dijeron que el tratamiento 1 estaba regular. En el tratamiento 2 el 50 % de las personas dijeron que estaba regular seguidamente de 33.33 de las personas que dijeron que el tratamiento estaba bien.

En el tratamiento 3 el 100% de las personas dijeron que estaba regular. Y por ultimo en el tratamiento 4 el 50 % de las personas dijeron que estaba regular, y 33.33% de personas que dijeron que estaba bien.

**Tratamiento 1 (Sin abono sin riego).** Los agricultores en su mayoría coinciden en que las razones del poco desarrollo del cultivo se deben principalmente a una mala preparación del terreno ya que el año anterior este terreno no fue barbechado y a consecuencia de ello en el suelo no se llego a almacenar mucha humedad. Así como también durante el ciclo agrícola del cultivo también se tuvo carencia de lluvia, y a consecuencia de estos factores se tuvo plantas pequeñas y con matas pequeñas y con poco rendimiento.

**Tratamiento 2 (Con abono sin riego).** Los compañeros agricultores mencionan que la cantidad de estiércol incorporado al suelo fue muy poca y por ello no muestra variaciones claras, así como también ellos observaron que otros factores importantes fueron el ataque de la puna, la helada, los vientos fuertes que atacan a estos sectores y por todos estos factores las plantas no llegaron a desarrollar la altura promedio, con panojas pequeñas ni cargadas ya que muchas panojas estaban vacías sin granos

**Tratamiento 3 (Sin abono con riego).** Los compañeros observaron que este tratamiento que la aplicación de riego no fue suficiente para obtener un buen rendimiento de las plantas, habiendo tropezado con otros factores como ser climáticos (heladas, las faltas de lluvia, el ataque de la puna) y por ultimo la no incorporación de abono.

**Tratamiento 4. (Con abono y con riego).** Los compañeros agricultores hacen referencia de muchos factores que no permitieron un buen rendimiento de las plantas de quinua. Entre los factores que desfavorecieron el desarrollo de la quinua están la falta de humedad, a pesar de que a este tratamiento se le fue incorporado abono y riego deficitario. Otro de los factores que perjudicaron se encuentra el ataque de la puna, las heladas y a causa de estos factores los agricultores se encuentran preocupados por el crecimiento desuniforme de las plantas.

Por ultimo se pregunto a los agricultores que es lo bueno de regar a la quinua y respondieron lo siguiente: los agricultores coinciden que es bueno utilizar riego para obtener un crecimiento uniforme de las plantas de quinua, y un buen rendimiento de las panoja. A su vez estos factores también influyen en obtener semillas grandes, panojas grandes y mayor número de ramificaciones.

También se pregunto que es lo malo de regar a la quinua y respondieron lo siguiente: los compañeros agricultores indican que el riego a las parcelas cultivadas con quinua es muy importante. Pero ellos no podrán realizar los riegos debido a la falta de agua que existe en las parcelas de estas regiones, pero ellos creen que la implementación de riego a las parcelas son necesarios mas a un en los años que hay sequía, en estas grandes zonas productoras de quinua. Ellos recomiendan regar por las mañanas o en caso contrario por las tardes, ya que si se riega a medio día se puede llegar a quemar las plantas debido al inmenso calor que existe en estas regiones debido a la altitud que se encuentra la comunidad de Mejillones.

## CAPITULO VI

### 6 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se llevo a las siguientes conclusiones:

- La fertilización orgánica y el riego deficitario son dos factores importantes relacionados con el manejo del cultivo, que intervienen sobre el mejoramiento del rendimiento, tamaño y la calidad del grano de Quinua.
- De acuerdo a los análisis estadísticos mostrados anteriormente, se puede afirmar que con respecto al los niveles de abono orgánico no se tiene un efecto instantáneo tanto en las variables fenológicas ni en el comportamiento agronómico, esto puede explicarse por la lenta mineralización del abono, el contenido de nitrógeno total que era demasiado bajo es por eso que no hubo diferencias con respecto a este tratamiento.
- De acuerdo al análisis de varianza para las variables del diámetro de panoja, longitud de panoja, peso de 1000 granos no se encontraron diferencias significativas debido principalmente a la baja fertilidad del suelo y al poco contenido de nitrógeno total del estiércol, de la misma manera el riego deficitario fue mínimo la cual no influye en estas variables de respuesta.
- En la variable de rendimiento no hubo influencia de los dos factores de estudio debido a los factores ya mencionados anteriormente
- Con relación a las fases fenológicas evaluadas: floración, grano lechoso y grano duro (madurez fisiológica), la aplicación de riego deficitario para los tratamientos T3 y T4 no tuvieron diferencias significativas en comparación a los tratamientos a secano tratamiento 1 y 2.

- La velocidad de infiltración es muy elevada con un valor de 26 cm/hr esto ocasiona que el agua de riego se infiltre rápidamente
- En la humedad del suelo los tratamientos con riego deficitario pierden rápidamente la humedad a comparación de los otros tratamientos a secano, también podemos mencionar que el riego deficitario de 51 mm, hubiera tenido una influencia significativa si las condiciones climáticas hubieran sido favorables (fenómeno el niño) a consecuencia se perdieron varios.
- La dinámica de la humedad volumétrica obtenida por el método gravimétrico con el rango de las desviaciones estándares del suelo coinciden con el modelo BUDGET tanto para el riego deficitario como a secano la cual es una información muy valiosa por que con ayuda de este modelo se pueden crear estrategias de riego para este cultivo y para muchos otros más.
- Con la evaluación participativa los compañeros agricultores indican que el guano es muy bueno para la quinua pero es muy costoso el transporte y por eso es que no lo aplican.
- Con respecto al riego la explicación es muy sencilla el riego en la quinua es difícil por que no hay agua y si hay es escasa y solo les alcanza para sus pequeños huertos familiares.

## **7 RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados se recomienda utilizar abono de más calidad para que el efecto sea notorio, también se recomienda utilizar niveles mayores de fertilización orgánica así como también probar otros tipos de estiércoles.

Se recomienda continuar con estudios sobre el riego deficitario en el cultivo de quinua, en años normales las cuales las precipitaciones lleguen al mínimo requerido por el cultivo de la quinua.

Se recomienda también repetir el trabajo con cantidades mayores de riego deficitario llegando por lo menos al requerimiento mínimo de la quinua que es de 200 mm

También se recomienda realizar estudios sobre los lugares de siembra por que en las laderas da buena producción y en la planicie siempre se cuentan con varios problemas como son las heladas y los fuertes vientos que ocasionan la pérdida del cultivo.

## 8 LITERATURA CITADA.

- AITKEN, S. J. 1987. Manual agrícola. Edit. "Wayar & Soux". La Paz - Bolivia. p. 111 - 112.
- ALANOCA, I. 2002. Evaluación agronómica del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* willd) Con niveles de fertilización de urea y riego por aspersión en el altiplano norte. Tesis Ing. Agr. Facultad de agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia. 109 p.
- ALBA, W. 1995. Efecto de métodos y umbrales de riego en el desarrollo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Will) en el Altiplano Central (Tesis)
- 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, et al. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma Italia.
- AIVAREZ J. R. 1985. Curso de Riego y Drenaje ed. MACA-IICA. Oruro-Bolivia. p 5-11.
- ANDUAGA, J. 2000. Métodos Participativos. Editorial IICA. Lima Perú.. p. 15.
- 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.
- BARTOLOMÉ C. S. 1993. Efecto del estiércol, urea y abono foliar en quinua. Tesis de grado UATF. Potosí - Bolivia. 103 p.
- BEAUDOUX, E. 1993. Guía Metodológica de Apoyo a Proyectos y Acciones para el Desarrollo. CEP/CIPCA. RURALTER. La Paz Bolivia. 193 p.

- BOIS J., WINKEL T., LHOMME J., RAFFAILLAC J. y ROCHETEAU A. 2006. Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to temperature: Effects on germination, phenology, growth and freezing. ELSEVIER. ScienceDirect. European Journal of Agronomy. p 1-10.
- BONIFACIO A. y DIZES J. 1992. Estudio en microscopio electrónico de la morfología de los órganos de la quinua y de la canihua en relación con la resistencia a la sequía In: Actas de VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. La Paz-Bolivia. p 5.
- CALDENTEY, P. 1987. Marketing Agrario. Ed. Mundi Prensa. Madrid - España. 35 p.
- CALZADA, J. B. 1982. "Métodos estadísticos para la investigación". Cuarta Edición Edi. JURIDICA. Lima, Perú.
- CEPEDA, D. J. 1991. Química de suelos. 2 ed. Editorial Trillas. UAAAN. 157 p.
- CHIPANA, R. R. 1996. Principios de riego y drenaje. UMSA. Facultad de Agronomía. La Paz, 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.
- CHUNGARA A. 2000. Evaluación y selección para tolerancia a sequía de 60 cultivares de quinua. Tesis UTO. Oruro - Bolivia.
- COX, R. 1996. Saber Local, Metodología y Técnicas Participativas. NAGUB-COSUPE. Bolivia. p 15-19
- CRONEY, D. & COLEMAN, J. D. 1961. "Pore pressure and suction in soils" Proc Conf. pore pressure and

- DINCHOV, D. 1983. Compendio de agroquímica. Edición revolucionaria. Escuela de Agronomía. La Habana, Cuba. 229 p.
- ENGLISH, M. 1990. Deficit Irrigation I Analytical Framework. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. p 116, 199-112.
- ERQUINIGO, F. 1970. Biología floral de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis Ing. Agro. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Técnica del Altiplano. Puno, Perú. 89 p.
- ESPINDOLA G. y SARAVIA R. 1986. Respuestas fisiológicas, morfológicas y agronómicas de la quinua al déficit hídrico. Tesis de Maestría. Chapingo - México.
- ESPINDOLA, G. 1994. Mejoramiento del cultivo de la Quinua. In Memoria del Seminario sobre investigación, producción y comercialización de la quinua. Edit. Y Peric. Estación Experimental Patacamaya. La Paz, Bolivia.
- FAO, 1990. "I Seminario Nacional sobre Fertilidad de Suelos y uso de Fertilizantes en Bolivia". Santa Cruz - Bolivia.
- FASSBENDER, W. 1987. Química de suelos. 2 ed. IICA. San José, Costa Rica. 404 p.
- FRERE, M., J. REA y J. Q. RIJKS. 1975. Estudio Agroclimatológico de la Zona Andina (Informe Técnico). Proyecto Interinstitucional, FAO/UNESCO/OMM. Roma, Italia. p:29-51.
- GALLARDO, M.; GONZALES, A. y PONESSA, G. 1997. Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa* Willd. (Quinua). Chenopodiaceae. Lilloa. p 39, 1.
- GARCIA, C. M. 2003. Agroclimatic study and drought resistance analysis of quinoa for an irrigation strategy in the Bolivian altiplano. Katholieke Universiteit Leuven. Disertaciones de agricultura. 556 p.

- GARCIA, M. 1991. Análisis de comportamiento hídrico de las variedades de quinua frente a la sequía. Tesis de Grado Ing. Agronómica UMSA. La Paz Bolivia.
- GEERTS, S., RAES, D., GARCÍA, M., Del CASTILLO, C. and BUYTAERT, W., 2006. Agro-climatic mapping for crop production in the Bolivian altiplano: a case study for quinoa. *Agro. And Forest Meteorol.* p 139, 399-412
- GUROVICH, R. L. 1999. Riego superficial tecnificado. 2da. Edición. Ediciones Universidad Católica de Chile de la pontifica Universidad Católica de Chile. Colombia. p 329.
- 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. N° 5 P 50.
- JACOBSEN, S.; MUJICA, A. 1997. I Curso internacional sobre la fisiología de la resistencia a la sequía en quinua. Centro Internacional de la papa (CIP). Lima, Perú. 90 p.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. 1990. I Foro Internacional para el Fomento de Cultivos y Crianzas Andinos. Situación, perspectivas y bases para un programa de promoción de Cultivos y crianzas Andinos. Cusco, 12-15 de Noviembre. Cusco, Perú. p. A79- A86.
- KRAMER, P. J., 1974. Relaciones hídricas del suelo y planta "la transpiración". Síntesis traducida de Ingles por Leonar Tejada. Edutex S.A. México.
- KRAMER, P. J. 1983. Relaciones hídricas del suelo y planta. Una síntesis moderna traducida de Ingles por Leonar Tejada. Edutex S.A. México. 539 p.

- LAMAS CH. R. 1999. Selección de genotipos de quinua a partir del PMP como un método para identificar progenitores tolerantes a la sequía. Tesis UTO. Oruro - Bolivia 108 p.
- LEÓN VELARDE, C. QUIROZ G. R. 1994. Análisis de sistemas agropecuario uso de método bio matemáticos. Puno Perú. p 135.
- LÓPEZ, J. 1995. Evaluation of the protein quality of Quinoa by protein efficiency ratio, biological values and amino acid composition. Tesis. Logan, Utah State University. USA.
- MACA - IBTA - JUNAG. 1988. Sistemas de producción de quinua en el Altiplano Boliviano. Edit. HEPTA La Paz - Bolivia. pp 1; 20 a-b.
- MAGDR. 2000. 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 (*Chenopodium quinoa* Willd.), sometidas a estrés hídrico en diferentes etapas de crecimiento. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. 104 p.
- MIRANDA, L. 1990. Estado de situación de la producción de cultivos agrícolas en la región Andina de Bolivia, Evaluación, Producción de Quinoa, In: Docentes de Memoria Interna UNITAS/PROCADE. pp C79-.
- MONTES DE OCA, I. 2005. Enciclopedia Geográfica de Bolivia. Primera Edición. Editora Atenea S.R.L.. La Paz, Bolivia. p. 871.
- MORALES, J. P. 1987. Suelos y Agroquímica II. 2 ed. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana, Cuba. 325 p.

- MUJICA, A. y CANAHUA, A. 1989. Fases fenológicas del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). En Curso Taller Fenología de Cultivos Andinos y Uso de la Información Agrometeorológica. PICA. Puno, Perú. p. 23-36.
- MUJICA, A; CANAHUA, A. Y SARAVIA, R. 2004. Agronomía del cultivo de la quinua : (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, Alimento del presente y futuro. CIP, UNAP, FAO. Santiago-Chile 214 p.
- MUJICA, A; IZQUIERDO, J. y MARATHEE, J. P. 2004. Origen y descripción de la quinua : (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, Alimento del presente y futuro. CIP, UNAP, FAO. Santiago-Chile 214 p.
- MUJICA, E. & RUEDA, J. L. 1997. La sostenibilidad de los sistemas de producción campesina en los andes. CONDESAN. Lima, Perú. 227 p.
- 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 HACHUN, A. 2005. Agricultural Water Management. p. 80, 57-73.
- PARDINAS, F. 1980. Metodología y técnicas de investigación en ciencias sociales.
- PIZARRO, C. F. 1990. Riegos localizados de alta frecuencia. 2da ed. Ed. Mundi-Prensa España. p. 125-133.
- Web. [www.proimpa.org/Evaluacion](http://www.proimpa.org/Evaluacion) Abierta ficha técnica.

Web. [www.proimpa.org/Evaluacion Absoluta ficha t3cnica.](http://www.proimpa.org/Evaluacion%20Absoluta%20ficha%20t%C3%A9cnica)

PROIMPA S.A. Catalogo de Quinoa Real. Cochabamba - Bolivia. Pp.26

RAES, D., MALLATS , D. & SONG, Z. 1996. RAINBOW-A software package for analyzing hydrologic data. In: W.R. Blain (Ed.) Hydraulic Engineering Software VI. Computational Mechanics Publications, Southampton. Boston. p. 525 - 534

RAMOS, M. 2000. Comportamiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo riego diferenciado por fases fenol3gicas en el altiplano central. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. 112 p.

RAMOS, R. 1999. Caracterizaci3n etnobot3nica de ayrampu en el Altiplano Boliviano. Tesis de Grado Ing. Agron3mica UMSA. La Paz Bolivia. p.39-43.

REA, J. 1969. Biolog3a floral de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Turrialba 19: 91-96. Rodriguez, R. 1978. Determinaci3n del porcentaje de autopolinizaci3n y cruzamientos naturales en tres variedades comerciales de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis de Ing. Agro. Facultad de Agronom3a. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Per3. 86 p.

RENAUL. 2003. Incremento de la productividad del agua a nivel de campo. Organizaci3n de las naciones unidas para la agricultura y la alimentaci3n.

RIQUELME, C. 1998. Comportamiento agron3mico de 8 l3neas precoces de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo tres 3pocas de siembra en el altiplano central. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronom3a. Universidad Mayor de San Andr3s. La Paz. Bolivia.

ROBLES, S. R. 1986. Gen3tica general y fitomejoramiento pr3ctico. Limusa S:A: M3xico. p. 266-272.

- RODRIGUEZ, R. M. 1991 Filosofía vegetal. Edit. Los amigos del libro. Cochabamba - Bolivia. p. 188, 346, 360.
- 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.
- SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE SUELOS. 1972. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Riego por Aspersión.
- 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 quinoa* 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.
- TAPIA, M. 1997. Cultivos Andinos Sub Explotados y su Aporte a la Alimentación. Segunda edición. FAO. Santiago de Chile, (Chile). p 129-149.
- THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. Botanical Journal of the Linnean Society. 141, 399-436 p.
- 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.
- TURNER C., y BEGG. 1981. Plant water relations and adaptation to stress. Plantan soil. 34 p.

- USDA. 1975. U.S. Salinity Staff, Clasificación de aguas de riego. USDA. Washington D.C.
- VALDEZ, L. L. 1995. Evaluación agro ecológica de la Tecnología andina de la jira. Tesis de grado. UMSS. Facultad de ciencias agrícolas. Cochabamba, Bolivia. 124 p.
- VILLARROEL, A. J. 1990. Seminario Nacional sobre fertilidad de suelos y uso de fertilizantes en Bolivia. FAO CIAT. Santa Cruz. Bolivia. p. 7-20.
- VINCENTI E. 1998 Niveles de humedad edáfica para tres profundidades de muestreo del suelo en el cultivo de quinua. Tesis UTO. Oruro - Bolivia. 109 p.
- WILSON, H. and HEISER, C.B. Jr. 1979. The origen and evolutionary relationship of huauzonthe (*Chenopodium nuttalliae*) domesticated chenopod of Mexico. Am. J. Bot. p. 66: 198-206.
- YAGODIN, B. A. 1986. Agroquímica II. Editorial Mir Moscú. URSS. 464 p.

**ANEXOS**

# Anexo 1. Análisis químico de suelo, de la Comunidad de Mejillones gestión 2006

## MINISTERIO DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO

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

# ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : Ing. ROBERTO MIRANDA  
PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ

Nº SOLICITUD: 194 / 2006  
FECHA DE RECEPCION : 28 / noviembre / 2006  
FECHA DE ENTREGA : 19 / diciembre / 2006

### PROYECTO QUINAGUA

Nº Lab.	CODIGO	ARENA %	ARCILLA %	LIMO %	CLASE TEXTUR.	GRAVA %	CARBO NATOS LIBRES	pH en agua en KCl 1N 1:5	pH	C.E. ms/cm 1:5	CATIONES DE CAMBIO ( meq / 100 gr suelo )						SAT. BAS. %	M. O. %	N TOTAL %	P Asim. ppm
											Al + H	Ca	Mg	Na	K	TBI				
716 / 2006	10 + 30 cm; 3 rep.	-	-	-	-	-	PP	8,31	7,83	0,090	0,03	5,18	0,08	0,36	6,23	6,26	99,5	0,11	0,02	6,66
717 / 2006	50 cm; 3 rep.	-	-	-	-	-	PP	8,44	7,95	0,086	0,03	5,05	0,08	0,34	6,07	6,10	99,5	0,06	0,02	3,35

### OBSERVACIONES:-

\*\* Cationes de Cambio extraídos con acetato de amonio 1N.  
Fosforo Asimilable (P Asimil) analizado con el método de Bray Kurtz  
C.E. Conductividad eléctrica en milisiemens por centímetro.  
C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.  
T.B.I. Total de Bases de Intercambio.  
M.O. Materia Orgánica.

### CARBONATOS LIBRES

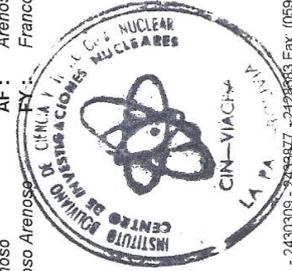
A Ausente  
P Presente  
PP Presente en gran cantidad

### CLASE TEXTURAL

Y : Arcilloso  
YA : Arcilloso Arenoso  
FYA : Franco Arcilloso Arenoso

FA : Franco Arenoso  
AF : Arenoso Franco  
FY : Franco Arcilloso

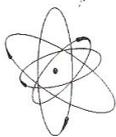
YL : Arcilloso Limoso  
FYL : Franco Arcilloso Limoso  
FL : Franco Limoso



*[Handwritten signature]*

RESPONSABLE DE LABORATORIO  
JORGE CHUNGARA

Of. Av. 6 de Agosto 2905 , Telf.: 2433481 - 2430309 - 24399877 - 2428863 Fax: (0591-2) 2433063 , La Paz - Bolivia  
Casilla 4821 , Telf. -2600095 CIN-Viacha , E-mail: ibten@enteinet.bo



IBTEN

**MINISTERIO DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO**

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

## ANALISIS FÍSICO QUIMICO DE ABONOS

INTERESADO : Ing. ROBERTO MIRANDA  
PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ

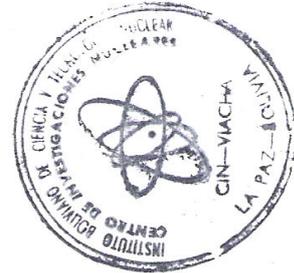
Nº SOLICITUD: 195/2006  
FECHA DE RECEPCION : 28 / noviembre / 2006  
FECHA DE ENTREGA : 15 / diciembre / 2006

PROYECTO QUINAGUA

Nº Lab	CODIGO	Nitrógeno %	Fósforo % P	Potasio %	Carbono orgánico %	Sodio g/Kg	Calcio %	Magnesio %	Manganeso mg/Kg	Hierro mg/Kg	Zinc mg/Kg	Cobre mg/Kg	Cobalto mg/Kg	Molibdeno mg/Kg	Antimonio mg/Kg	pH en agua 1:5
715 /2006	Muestra de guano	0,46	0,09	0,47	10,09	0,23	5,43	2,33	35,98	103,18	5,92	4,13	1,04	0,27	0,34	6,58

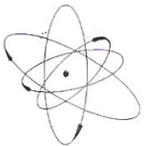
RESERVACIONES

Resultados en base seca.



RESPONSABLE DE LABORATORIO  
JORGE CHUNGARA

**Anexo 3. Análisis físico químico de aguas, de la comunidad de Mejillones gestión 2006**



**IBTEN**

**MINISTERIO DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO**  
 INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR  
 CENTRO DE INVESTIGACIONES NUCLEARES - VIACHA  
 DIVISION DE QUIMICA

**ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGUAS**

INTERESADO : *Ing. ROBERTO MIRANDA*  
 PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ*

NUMERO DE SOLICITUD: 193 / 2006  
 FECHA DE RECEPCION : 28 / noviembre / 2006  
 FECHA DE ENTREGA: 19 / diciembre / 2006

**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	Carbonatos/Bicarbonatos mg/L	Sólidos totales mg/L	Sólidos en Suspension mg/L	Sólidos disueltos mg/L	Boro mg/L
714 /2006	Muestra agua - Mejillones	7,34	0,784	37,44	9,39	71,88	12,55	85,12	44,39	0,00	653,84	4,35	649,49	2,48

**OBSERVACIONES.-** C.E. : Conductividad Eléctrica (mili Siemens / cm)



*[Handwritten Signature]*  
 RESPONSABLE DE LABORATORIO  
 JORGE CHUNGARA C.

Of. Av. 6 de Agosto 2905. Telf.: 2433481 - 2430309 - 2433877 - 2128383 Fax: (0591-2) 2433063 , La Paz - Bolivia  
 Casilla 4821 Telf. 2800095 CIN-Viacha F-mail: ibten@montelhat.bo

**Anexo 4.** Procedimiento para el cálculo de elementos nutritivos presentes en el estiércol, a partir del análisis químico de estiércol de llama, gestión 2006-2007

**Cantidad de estiércol aplicado**

2Tm/ha = 2000Kg/ha

**Cálculo de nitrógeno totales el estiércol de llama /ha**

100 kg de estiércol seco ----- 0.46 kg de nitrógeno total

2000 kg de estiércol seco ----- X

X = 9.2 kg de nitrógeno total/ha

**Cálculo de fósforo en el estiércol de llama / ha**

100 kg de estiércol seco ----- 0.09 kg de fósforo

2000 kg de estiércol seco ----- X

X = 1.8 kg de fósforo /ha

**Calculo de potasio /ha**

100 kg de estiércol seco ----- 0.47 kg de potasio

2000 kg de estiércol seco ----- X

X = 9.4 kg de potasio / Ha

**Calculo de calcio /ha**

100 kg de estiércol seco ----- 5.43 kg de calcio

2000 kg de estiércol seco ----- X

X = 108.6 kg de calcio / Ha

**Calculo de magnesio /ha**

100 kg de estiércol seco ----- 2.33 kg de magnesio

2000 kg de estiércol seco ----- X

X = 46.6 kg de magnesio / Ha

**Anexo 5.** Procedimiento para el calculo de nutrientes en el suelo a partir de los datos del análisis de suelo, gestión 2006-2007.

**Cálculo de peso de la capa arable (PCA) de la parcela experimental**

PCA = Área \* Profundidad \* Densidad aparente

$$PCA = (10000 \text{ m}^2/\text{ha}) * 0.25 \text{ m} * 1535 \text{ kg}/\text{m}^3 = 3837500 \text{ kg de suelo / ha}$$

**Cálculo de nitrógeno total**

100 kg de suelo ----- 0.02 kg de nitrógeno total / Ha

3837500 kg de suelo ----- X

$$X = 767.5 \text{ kg de nitrógeno total / ha}$$

**Calculo de fósforo asimilable**

Relación 6.66 ppm = 6.66 kg de fósforo /1000000 kg de suelo

1000000 kg de suelo ----- 6.66 kg de fósforo asimilable

3837500 kg de suelo ----- X

$$X = 25.56 \text{ kg de Fósforo asimilable / ha}$$

**Cálculo de potasio**

$$\frac{0.36 \text{ meq K}}{100 \text{ g suelo}} \times \frac{1 \text{ Eq K}}{1000 \text{ meq}} \times \frac{39 \text{ g K}}{1 \text{ Eq K}} = 0.014 \text{ g K /100g de suelo} = 0.014 \text{ kg K/100 kg de suelo}$$

100 kg de suelo ----- 0.014 kg de potasio

3837500 kg de suelo ----- X

$$X = 538.7 \text{ kg de potasio cambiabile /ha}$$

Transformar los resultados en valores N, P, K disponibles ó asimilables:

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

$$767.5 \text{ kg de nitrógeno total / ha} * 0.01 = 7.675 \text{ kg N-NO}_3/\text{ha/año}$$

Por otro lado, considerando el ciclo del cultivo de quinua de 6 meses, tenemos  
 $7.67 \text{ kg nitrógeno mineral/ha/año}/2 = 3.83 \text{ kg nitrógeno mineral asimilable/ha/6 meses}$

**Para Fósforo:** ya esta en términos de fósforo disponible

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

538.7 kg potasio cambiante/ha \* 0.5 = 269.35 kg de potasio disponible / ha

Transformar los valores de N,P,K disponibles, a la forma de óxido:

**Para nitrógeno:** 3.83 kg nitrógeno mineral disponible / ha / 6 meses

**Para Fósforo:** 25.56 kg P disk. \* 2.29 = 58.53 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

**Para potasio:** 269.35 kg K disk. \* 1.2 = 323.22 kg K<sub>2</sub>O/ha

Por lo tanto, el nivel de nutrientes en el suelo es **3.83-58.53-323.22 de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O**

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

**Para nitrógeno:** 3.83 kg N/ ha \* 0.4 = 1.53 kg de N / ha

**Para Fósforo:** 58.53 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha \* 0.2 = 11.70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

**Para potasio:** 323.22 kg K<sub>2</sub>O /ha \* 0.4 = 129.28 kg K<sub>2</sub>O /ha

Por lo que, el nivel de nutrientes en el suelo (fertilidad actual) para el cultivo, antes de realizar la siembra del cultivo de quinua fue de:

**1.5 – 11.7 – 129.2 de N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O**

**Anexo 6.** Velocidad de infiltración por el método de los dos puntos.

N	Tiempo	Tiempo acumulado	Lamina cm	Lamina acumulada cm	X log Tac	Y Log Zin	X * Y	X2	Z ins CM	I cm/hr
	0	0	0	0						
1	1	1	0,9	0,9	0,00000	-0,05	0,00	0,00	0,82	44,59
2	1	2	1	1,9	0,30103	0,28	0,08	0,09	0,44	41,81
3	1	3	0,7	2,6	0,47712	0,41	0,20	0,23	0,30	40,27
4	1	4	0,6	3,2	0,60206	0,51	0,30	0,36	0,23	39,21
5	1	5	0,6	3,8	0,69897	0,58	0,41	0,49	0,19	38,40
6	1	6	0,5	4,3	0,77815	0,63	0,49	0,61	0,16	37,76
7	2	8	0,7	5	0,90309	0,70	0,63	0,82	0,12	36,77
8	1	9	0,5	5,5	0,95424	0,74	0,71	0,91	0,11	36,37
9	1	10	0,6	6,1	1,00000	0,79	0,79	1,00	0,10	36,01
10	5	15	2,6	8,7	1,17609	0,94	1,10	1,38	0,07	34,68
11	5	20	2,3	11	1,30103	1,04	1,35	1,69	0,05	33,77
12	11	31	5,2	16,2	1,49136	1,21	1,80	2,22	0,04	32,42
13	16	47	7,9	24,1	1,67210	1,38	2,31	2,80	0,02	31,19
14	16	63	8,1	32,2	1,79934	1,51	2,71	3,24	0,02	30,36
15	18	81	9,4	41,6	1,90849	1,62	3,09	3,64	0,02	29,66
16	16	97	8,6	50,2	1,98677	1,70	3,38	3,95	0,01	29,17
17	16	113	8,6	58,8	2,05308	1,77	3,63	4,22	0,01	28,76
18	16	129	8,5	67,3	2,11059	1,83	3,86	4,45	0,01	28,40
19	6	135	8,7	76	2,13033	1,88	4,01	4,54	0,01	28,28
20	15	150	2,5	78,5	2,17609	1,89	4,12	4,74	0,01	28,01
21	21	171	10,8	89,3	2,23300	1,95	4,36	4,99	0,01	27,67
22	21	192	11	100,3	2,28330	2,00	4,57	5,21	0,01	27,37
23	11	203	10,7	111	2,30750	2,05	4,72	5,32	0,01	27,23
24	31	234	10,6	121,6	2,36922	2,08	4,94	5,61	0,01	26,88
25	21	255	10,6	132,2	2,40654	2,12	5,10	5,79	0,01	26,66
26	21	276	10,9	143,1	2,44091	2,16	5,26	5,96	0,01	26,47
SUMATORIA					39,5604	33,72	63,94	74,25		

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

$$B = 0,9072 \quad a = 0,9072$$

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

$$A = -0,086615159 \quad k = 0,8192$$

La Ecuación de la lamina infiltrada es:

$$Z_{in} = kxT^a$$

$$Z_{in} = 0.3318 xT^{0.5820}$$

Derivando la ecuación de la lamina infiltrada se obtiene la Infiltración

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

$$I = 0.5820 x 0.3318 xT^{0.5820 - 1}$$

Calculo de la velocidad de infiltración básica

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

$$VIB = 0.1 \times I$$

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

$$T(VIB) = (-10(0.9072-1))$$

$$T(VIB) = 0,928 \text{ Horas}$$

$$T(VIB) = 55,68 \text{ Minutos}$$

Por lo tanto

$$VIB = a k (-10(a-1))^a$$

$$VIB$$

$$VIB = a k T^{a-1}$$

$$VIB = (0,9072 * 0,8192) * 55,68^{-0.9072}$$

$$VIB = 0,51179 \text{ cm/min}$$

$$VIB = 30,70742 \text{ cm/hr}$$

$$VIB = 307,0742 \text{ mm/hra}$$

**Anexo 7.** Seguimiento de la altura de planta en cm.

<b>FECHAS</b>	<b>TRATAMIENTO 1</b>	<b>TRATAMIENTO 2</b>	<b>TRATAMIENTO 3</b>	<b>TRATAMIENTO 4</b>
13/11/2006	5,4	5,9	6,9	6,2
20/11/2006	7,7	8,0	9,7	7,9
29/11/2006	8,7	9,7	10,3	8,5
06/12/2006	11,0	12,0	13,8	12,2
10/12/2006	12,0	12,6	15,1	13,0
14/12/2006	13,9	14,6	17,6	15,5
17/12/2006	16,2	15,8	20,2	17,2
21/12/2006	17,8	18,4	21,6	19,3
08/01/2007	29,2	28,7	34,9	32,7
13/01/2007	33,8	31,6	38,5	36,9
17/01/2007	37,0	34,6	42,7	40,7
22/01/2007	41,4	39,2	48,3	46,5
29/01/2007	48,5	44,4	54,1	52,5
03/02/2007	52,4	47,1	57,2	55,5
08/02/2007	57,1	49,6	60,2	59,2
12/02/2007	59,5	51,2	61,8	60,2
26/02/2007	62,7	55,3	62,9	62,1
05/03/2007	62,6	56,3	64,1	63,5
14/03/2007	63,4	57,0	64,8	63,7
21/03/2007	63,1	57,4	65,3	63,5
27/03/2007	63,1	57,35	65,3	63,45

**Anexo 8.** Seguimiento de la longitud de panoja

<b>FECHAS</b>	<b>TRATAMIENTO 1</b>	<b>TRATAMIENTO 2</b>	<b>TRATAMIENTO 3</b>	<b>TRATAMIENTO 4</b>
13/01/2007	3,1	2,9	5,9	4,4
18/01/2007	4,5	4,2	7,5	5,8
23/01/2007	5,9	5,5	9,2	7,3
30/01/2007	7,9	7,3	11,5	9,3
06/02/2007	10,6	9,0	14,1	11,5
12/02/2007	13,8	10,8	16,6	13,8
28/02/2007	18,5	14,0	19,8	16,5
06/03/2007	18,8	14,5	20,2	16,9
16/03/2007	20,0	17,0	21,6	18,3
23/03/2007	19,8	17,4	21,3	19,0
27/03/2007	19,7	17,8	21,0	19,8

**Anexo 9.** Seguimiento de la fitómata desde la siembra hasta la cosecha

	<b>60 días</b>	<b>90 días</b>	<b>120 días</b>	<b>150 días</b>	<b>COSECHA</b>
<b>TRATAMIENTO 1</b>	0,7	14,0	51,9	212,8	634,7
<b>TRATAMIENTO 2</b>	0,8	14,0	51,6	223,6	704,5
<b>TRATAMIENTO 3</b>	1,3	23,2	81,5	211,7	785,6
<b>TRATAMIENTO 4</b>	1,4	9,4	93,5	279,2	846,1

**Anexo 10.** Seguimiento del índice de área foliar en todo el ciclo agrícola

<b>FECHAS</b>	<b>TRATAMIENTO 1</b>	<b>TRATAMIENTO 2</b>	<b>TRATAMIENTO 3</b>	<b>TRATAMIENTO 4</b>
<b>24/11/2006</b>	0,023	0,000	0,120	0,013
<b>30/11/2006</b>	0,023	0,035	0,000	0,045
<b>06/12/2006</b>	0,005	0,020	0,145	0,125
<b>10/12/2006</b>	0,008	0,090	0,283	0,298
<b>14/12/2006</b>	0,048	0,098	0,190	0,055
<b>17/12/2006</b>	0,038	0,145	0,253	0,215
<b>21/12/2006</b>	0,148	0,178	0,315	0,300
<b>08/01/2007</b>	0,343	0,308	0,590	0,600
<b>12/01/2007</b>	0,393	0,258	0,570	0,595
<b>22/01/2007</b>	0,628	0,530	0,675	0,820
<b>03/02/2007</b>	0,855	0,765	1,008	1,185
<b>12/02/2007</b>	1,108	0,855	1,070	1,205
<b>26/02/2007</b>	1,518	1,470	1,643	1,953
<b>14/03/2007</b>	1,185	1,255	1,153	0,758
<b>21/03/2007</b>	1,158	1,110	0,950	1,220

**Anexo 11.** Promedios del diámetro de panoja

	<b>06/03/2007</b>	<b>16/03/2007</b>	<b>23/03/2007</b>	<b>27/03/2007</b>
<b>Tratamiento 1</b>	20,71	21,64	21	22,1
<b>Tratamiento 2</b>	16,67	17,17	17,52	18,35
<b>Tratamiento 3</b>	18,95	19,75	19,18	20,76
<b>Tratamiento 4</b>	18,86	21,01	19,78	20,57

**Anexo 12.** Peso de 1000 granos

BLOQUE	TRATAMIENTO	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	PROMEDIO
I	1	4,408	4,688	4,782	4,694	4,705	4,6554
	2	4,492	4,534	4,63	5,583	4,571	4,762
	3	4,359	4,145	4,568	4,35	4,36	4,3564
	4	5,124	4,897	4,807	4,601	4,65	4,8158
II	1	4,48	4,564	4,327	4,158	4,642	4,4342
	2	4,187	4,078	4,086	4,187	4,014	4,1104
	3	2,477	4,025	4,666	4,442	5,035	4,129
	4	4,265	4,094	4,26	4,2	4,373	4,2384
III	1	4,191	4,531	4,627	4,382	4,691	4,4844
	2	4,291	4,38	4,432	4,281	4,766	4,43
	3	3,958	4,328	4,082	4,574	4,268	4,242
	4	4,506	4,403	4,443	4,561	4,648	4,5122
IV	1	4,291	4,207	4,145	4,237	3,989	4,1738
	2	4,041	4,074	4,394	4,301	4,202	4,2024
	3	4,436	4,688	4,237	4,662	4,627	4,53
	4	4,393	4,399	4,485	4,641	4,637	4,511

**Anexo 13.** Rendimiento total por unidad experimental con sus respectivas repeticiones

BLOQUES	TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO TOTAL (kg/ha)
BLOQUE 1	TRATAMIENTO 1	101,28
	TRATAMIENTO 2	232,69
	TRATAMIENTO 3	101,24
	TRATAMIENTO 4	200,85
BLOQUE 2	TRATAMIENTO 1	244,80
	TRATAMIENTO 2	107,93
	TRATAMIENTO 3	127,50
	TRATAMIENTO 4	144,90
BLOQUE 3	TRATAMIENTO 1	226,21
	TRATAMIENTO 2	41,26
	TRATAMIENTO 3	291,13
	TRATAMIENTO 4	262,84
BLOQUE 4	TRATAMIENTO 1	270,15
	TRATAMIENTO 2	401,11
	TRATAMIENTO 3	276,33
	TRATAMIENTO 4	275,51

**Anexo 14.** Índice de Cosecha del cultivo de la quinua de la Comunidad de Mejillones

	<b>PROMEDIO PESO SECO TOTAL</b>	<b>PROMEDIO PESO SECO GRANO</b>	<b>INDICE DE COSECHA (peso de grano/peso total)</b>
<b>TRATAMIENTO 1</b>	142,80	71,42	0,49
<b>TRATAMIENTO 2</b>	158,52	83,66	0,50
<b>TRATAMIENTO 3</b>	176,76	92,81	0,52
<b>TRATAMIENTO 4</b>	190,37	95,78	0,49

**Anexo 15.** Seguimiento de las fases fenológicas

	<b>TRATAMIENTO 1</b>	<b>TRATAMIENTO 2</b>	<b>TRATAMIENTO 3</b>	<b>TRATAMIENTO 4</b>
<b>EMERGENCIA</b>	10	6	10	9
<b>COTILEDONES</b>	12	7	11	11
<b>2 HOJAS BASALES</b>	29	23	27	24
<b>5 HOJAS ALTERNAS</b>	45	38	42	40
<b>13 HOJAS ALTERNAS</b>	74	74	71	69
<b>DESPUNTE DE PANOJA</b>	86	89	82	80
<b>FLORACION</b>	126	123	121	115
<b>GRANO LECHOSO</b>	157	154	157	155
<b>MASA DE GRANO</b>	173	162	166	167
<b>GRANO PASTOSO DURO</b>	182	180	180	179

**Anexo 16.** Resultados de las ollas a presión para la determinación de curva pF.

	<b>0</b>	<b>0.4</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>1.8</b>	<b>2</b>	<b>2.2</b>	<b>2.4</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	<b>4.2</b>
<b>Prof. 10</b>	42.3	40.8	38.7	37.0	31.0	29.0	16.9	16.2	14.9	12.1	5.6
<b>Prof. 30</b>	43.0	39.1	36.8	29.2	21.0	19.6	13.5	12.3	10.8	7.6	4.9
<b>Prof. 50</b>	47.0	44.7	41.8	38.6	29.9	28.7	20.6	19.6	18.7	15.5	6.6

**Anexo 17.** Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm)

<b>F. De V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F.Cal</b>	<b>Pr * F</b>	<b>Niv. De sig.</b>
Bloques	3	516,06	172,02	1,40	0,30	NS
Riego	1	68,89	68,89	0,56	0,47	NS
Abono	1	57,76	57,76	0,47	0,51	NS
Riego*abono	1	15,21	15,21	0,12	0,73	NS
Error	9	1.102,08	122,45			
Total	15	1.760,00				
C.V.	17,76					

**Anexo 18.** Análisis de varianza para variable longitud de panoja (cm)

<b>F. De V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F.Cal</b>	<b>Pr * F</b>	<b>Niv. De sig.</b>
Bloques	3	19,17	6,39	0,44	0,73	NS
Riego	1	10,89	10,89	0,76	0,41	NS
Abono	1	9,61	9,61	0,67	0,44	NS
Riego*abono	1	0,49	0,49	0,03	0,85	NS
Error	9	129,59	14,39			
Total	15	169,75				
C.V.	19,43					

**Anexo 19.** Análisis de varianza para el diámetro de panoja en cm.

<b>F. De V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F.Cal</b>	<b>Pr * F</b>	<b>Niv. De sig.</b>
Bloques	3	0,31	0,10	0,08	0,97	NS
Riego	1	0,05	0,05	0,04	0,85	NS
Abono	1	0,97	0,97	0,76	0,41	NS
Riego*abono	1	0,79	0,79	0,62	0,45	NS
Error	9	11,53	1,28			
Total	15	13,65				
C.V.	22,14					

**Anexo 20.** Análisis de varianza del peso de 1000 granos.

<b>F. De V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F.Cal</b>	<b>Pr * F</b>	<b>Niv. De sig.</b>
Bloques	3	0,38	0,12	4,44	0,04	NS
Riego	1	0,00	0,00	0,02	0,88	NS
Abono	1	0,02	0,02	0,74	0,41	NS
Riego*abono	1	0,07	0,07	2,48	0,15	NS
Error	9	0,25	0,02			
Total	15	0,72				
C.V.	3,81					

**Anexo 21.** Análisis de varianza del rendimiento de grano para el cultivo de la quinua en la Comunidad de mejillones

<b>F. De V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F.Cal</b>	<b>Pr * F</b>	<b>Niv. De sig.</b>
Bloques	3	58.533,60	19.511,20	2,39	0,14	NS
Riego	1	188,17	188,17	0,02	0,88	NS
Abono	1	50,59	50,59	0,01	0,93	NS
Riego*abono	1	1.357,00	1.357,00	0,17	0,69	NS
Error	9	73.549,86	8.172,21			
Total	15	133.679,22				
C.V.	43,75					

**Anexo 22.** Análisis de varianza de la fitomasa para el cultivo de la quinua en la Comunidad de mejillones

<b>F. De V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F.Cal</b>	<b>Pr * F</b>	<b>Niv. De sig.</b>
Bloques	3	88.779,33	2.959.311,00	8,73	0,01	*
Riego	1	4.329,64	4.329,64	1,28	0,28	NS
Abono	1	859,95	859,95	0,25	0,62	NS
Riego*abono	1	4,45	4,45	0,00	0,97	NS
Error	9	30.507,09	3.389,00			
Total	15	124.480,47				
C.V.	34,83					

**Anexo 23.** Análisis de varianza del índice de cosecha para el cultivo de la quinua en la Comunidad de mejillones.

F. De V.	G.L	S.C	C.M	F.Cal	Pr * F	Niv. De sig.
Bloques	3	0,0020	0,0007	0,38	0,77	NS
Riego	1	0,0005	0,0005	0,26	0,62	NS
Abono	1	0,0003	0,0003	0,16	0,70	NS
Riego*abono	1	0,0010	0,0010	0,71	0,42	NS
Error	9	0,0170	0,0019			
Total	15	0,0220				
C.V.	8,81					

**Anexo 24.** Análisis de varianza de la humedad del suelo en la última fecha y por fechas

F. De V.	G.L	S.C	C.M	F.Cal	Pr * F	Niv. De sig.
Bloques	3	269.11	89.70	0.20	0.89	NS
Riego	1	7247.66	7247.66	16.39	0.002	NS
Abono	1	511.41	511.41	1.16	0.31	NS
Riego*abono	1	0.62	0.62	0.00	0.97	NS
Error	9	3979.32	442.14			
Total	15	12008				
C.V.	27.55					

	17-sep	03-oct	18-oct	31-oct	14-nov	28-nov	12-dic	08-ene	22-ene	06-feb	26-feb	13-mar	26-mar	18-abr
Bloque	0.53	0.64	0.5	0.78	0.81	0.44	0.84	0.52	0.24	0.88	0.37	0.57	0.18	0.89
factor A	0.25	0.91	0.53	0.97	0.94	0.24	0.99	0.74	0.94	0.26	0.55	0.006	0.06	0.002
factor B	0.96	0.51	0.84	0.52	0.88	0.78	0.95	0.87	0.74	0.61	0.32	0.29	0.63	0.31
a*b	0.92	0.75	0.49	0.99	0.98	0.97	0.55	0.33	0.15	0.84	0.48	0.9	0.71	0.97
C.V.	25.87	30.05	28.5	32.2	24.5	25.62	25.33	27.92	20.81	34.8	36.76	28.88	27.78	27.55

**Anexo 25.** Anales de varianza de la eficiencia de uso de agua en grano de quinua

<b>F. De V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F.Cal</b>	<b>0,18</b>	<b>Niv. De sig.</b>
Bloques	3	0.038	0.012	2,03	0,18	NS
Riego	1	0.009	0.009	1,49	0,25	NS
Abono	1	0,000	0,000	0,00	0,99	NS
Riego*abono	1	0,0009	0,0009	0,14	0,71	NS
Error	9	0.057	0.006			
Total	15	0.107				
C.V.	48,89					

**Anexo 26.** Anales de varianza de la eficiencia de uso de agua en biomasa no reproductiva de quinua

<b>F. De V.</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F.Cal</b>	<b>Pr * F</b>	<b>Niv. De sig.</b>
Bloques	3	1.058	0.353	7,79	0,007	NS
Riego	1	0.022	0.022	0,51	0,49	NS
Abono	1	0.011	0.111	0,25	0,63	NS
Riegoabono	1	0.0006	0.0006	0,01	0,91	NS
Error	9	0.407	0.045			
Total	15	1.500				
C.V.	36,29					