

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



**TESIS DE GRADO**

**COMPARACIÓN DE LA DINÁMICA DE LA HUMEDAD DEL SUELO  
BAJO CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*) FRENTE  
A PARCELAS EN DESCANSO EN EL MUNICIPIO SALINAS DE  
GARCÍ MENDOZA, ORURO**

**MARIA LUCY LEÓN PATZI**

La Paz, Bolivia

2011

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

**COMPARACIÓN DE LA DINÁMICA DE LA HUMEDAD DEL SUELO BAJO  
CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*) FRENTE A PARCELAS EN  
DESCANSO EN EL MUNICIPIO SALINAS DE GARCI MENDOZA, ORURO**

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

**María Lucy León Patzi**

**Tutor:**

Ing. Ph. D. Vladimir Orsag Céspedes .....

**Asesor:**

Ing.M.Sc. Félix Mamani Reynoso .....

Ing. Rómulo Elías Torres .....

**Tribunal Examinador:**

Ing.Ph.D. Alejandro Bonifacio .....

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

Ing. M. Sc. Félix Mamani Reynoso .....

**APROBADA**

Presidente Tribunal Examinador .....

## DEDICATORIA

*Al mejor y más grande Amigo  
Al único que se merece Gloria,  
Honra y Alabanza, porque ha  
creado el universo, a mi amado  
Señor Jesús.  
Tú eres la razón de mi existencia,  
sin Ti nada vale la pena*

Por lo cual estoy segura de que ni la muerte ni la vida, ni ángeles, ni principados, ni lo presente, ni lo porvenir, ni lo alto, ni lo profundo, ni ninguna otra cosa creada nos podrá separar del amor de Dios en Cristo Jesús (Ron 8:38,39)

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a mis padres Julián León y Máxima Paxi, por su amor y apoyo incondicional que día a día me brindaron, para así poder lograr esta meta. A mis hermanos Javier, Teodora, Alex y Ana por el ejemplo de no rendirse y esforzarse más aun en una difícil circunstancia.

A mi tutor el Dr. Vladimir Orsag por su apoyo incondicional, su guía, paciencia y la confianza que me brindo, por haber sido un amigo y padre durante el proceso de investigación. A mis asesores el ingeniero Félix Mamani y Rómulo Torres por la correcciones y sugerencias que me dieron durante el proceso de investigación y la redacción de este documento, a mis compañeros de investigación Olga Pacosaca y Edwin Castro porque a pesar de las tormentas siempre estuvieron presentes.

Agradezco a mis revisores al Dr. Alejandro Bonifacio y la Dra. Magali García por las correcciones, observaciones y sugerencias dadas, para hacer de este documento un mejor trabajo de Investigación. Agradezco especialmente al Ingeniero David Morales, que aunque fue el que más observaciones tuvo, todas las sugerencias y correcciones sirvieron para mejorar el trabajo de investigación.

Agradezco igualmente a la institución financiera el PIEB, por la colaboración de manera directa e indirecta durante la realización de este trabajo, que junto a la facultad de Agronomía pudieron hacer posible que se lleve a cabo esta investigación.

Agradezco de la misma forma a los agricultores de la población de Irpani, especialmente a don Bernardo Rodríguez, doña Candelaria Silvestre y doña Guillermina Rodríguez por el apoyo desinteresado que me brindaron y así también a las autoridades de la comunidad y cada agricultor, por haberme tomado en cuenta en cada actividad de la comunidad y haber facilitado el trabajo de investigación, para ellos es este trabajo.

Agradezco igualmente a al Dr. Humberto Sains y a la Ingeniera Guillermina Miranda por haber revisado el documento, haberlo corregido, gracias a ellos porque de manera desinteresada me apoyaron y guiaron en la elaboración de este documento.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	2
2. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1. Agua en el suelo.....	3
2.1.1. Contenido de Agua en el Suelo.....	3
2.1.1.1. Diferencia entre humedad Gravimétrica y Volumétrica.....	3
2.1.1.2. Lamina de Agua.....	3
2.1.1.3. Saturación.....	4
2.1.1.4. Capacidad de Campo (CC).....	4
2.1.1.5. Punto de Marchitez Permanente (PMP).....	4
2.1.2. Almacenamiento de Agua en el Suelo.....	4
2.1.2.1. Método directo o Gravimétrico.....	4
2.1.2.2. Método de moderación de Neutrones.....	5
2.1.2.3. Método de Atenuación Gamma.....	5
2.1.2.4. Reflectometria de Dominio Temporal (TDR).....	5
2.1.3. Factores que Influyen en el Almacenamiento.....	5
2.1.3.1. Propiedades del suelo.....	6
2.1.3.2. Irrigación y Precipitación Pluvial.....	8
2.1.3.3. Drenaje superficial.....	8
2.1.3.4. Evapotranspiración.....	9
2.1.3.5. Drenaje interno.....	10
2.1.4. Humedad Disponible o Aprovechable (HD).....	10
2.1.5. Niveles de Humedad del Suelo.....	10
2.2. Materia Orgánica y Nutrientes (N, P y S).....	11
2.2.1. Materia Orgánica.....	11
2.2.2. Nitrógeno.....	11
2.2.3. Fósforo.....	11
2.2.4. Azufre.....	12
2.3. Quinoa.....	12
2.4. Descanso.....	12
2.4.1. Funciones del Descanso.....	12
2.5. Praderas Nativas.....	13
2.5.1. Thólar.....	13
2.5.2. Bofedal.....	13
2.6. Sistemas de Producción.....	14
2.6.1. Tradicional o Manual.....	14
2.6.2. Convencional o Semi-mecanizado.....	14
2.7. Manejo del Espacio.....	14
3. LOCALIZACION.....	15
3.1. Ubicación Geográfica y Política.....	15
3.2. Acceso a la zona.....	15
3.3. Características del Ecosistema.....	16
3.3.1. Geología.....	16
3.3.2. Clima.....	16

3.3.3. Suelos.....	17
3.3.4. Recursos Hídricos.....	18
3.3.5. Flora.....	18
3.3.6. Fauna.....	18
4. MATERIALES Y METODOLOGIA.....	19
4.1. Materiales.....	19
4.1.1. Material de gabinete.....	19
4.1.2. Material de campo.....	19
4.1.3. Reactivos.....	20
4.1.4. Material Laboratorio.....	20
4.2. Metodología.....	21
4.2.1. Primera etapa – Pre Campo.....	21
4.2.2. Segunda etapa – Trabajo de campo.....	21
4.2.2.1. Selección de parcelas experimentales.....	21
4.2.2.2. Caracterización de suelos en base a una calicata abierta.....	22
4.2.2.3. Toma de Muestras para Humedad del Suelo.....	22
4.2.2.4. Toma de Muestras para Materia Orgánica y nutrientes.....	22
4.2.2.5. Toma de Muestras, Textura, Densidad Aparente, pH, CE y CIC.....	23
4.2.2.6. Talleres para la obtención de información.....	23
4.2.2.7. Encuestas.....	23
4.2.2.8. Control de Desarrollo del Cultivo.....	24
4.2.2.9. Cosecha de Parcelas Experimentales.....	24
4.2.2.10. Post cosecha.....	24
4.2.3. Tercera etapa – Laboratorio.....	25
4.2.3.1. Determinación Humedad Gravimétrica.....	25
4.2.3.2. Determinación de la Textura del Suelo.....	25
4.2.3.3. Densidad Aparente.....	25
4.2.3.4. Reacción del Suelo.....	26
4.2.3.5. CE (Conductividad Eléctrica).....	26
4.2.4. Cuarta etapa – Gabinete.....	27
4.2.4.1. Humedad Gravimétrica.....	27
4.2.4.2. Densidad Aparente.....	27
4.2.4.3. Humedad Volumétrica.....	27
4.2.4.4. Lamina de Agua.....	27
4.2.4.5. Capacidad de Campo.....	27
4.2.4.6. Punto de Marchitez Permanente.....	27
4.2.4.7. Agua Disponible.....	28
4.2.4.8. Evapotranspiración Potencial.....	28
4.2.4.9. Presión de Vapor de Agua.....	28
4.2.4.10. Función del Viento.....	28
4.2.4.11. Radiación Neta.....	28
4.2.4.12. Evapotranspiración Real.....	28
4.3. Variables.....	29
4.4. Variables complementarias.....	29
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	30
5.1. Comparación de la Variación del Contenido de Humedad de Suelos.....	30
5.1.1. Clima.....	30
5.1.2. Caracterización General de Suelos.....	32
5.1.2.1. Caracterización Específica de Suelos.....	33

5.1.3. Variación del Almacenamiento de Agua .....	39
5.1.3.1. Almacenamiento de Agua en Parcelas de Quinua, Descanso.....	39
5.1.3.2. Comparación del Almacenamiento entre Unidades.....	42
5.1.3.3. Evapotranspiración del Cultivo.....	44
5.1.3.4. Disponibilidad de Agua para la Planta.....	45
5.2. Variación de los Contenidos de MO y nutrientes (N, P y S).....	47
5.2.1. Materia orgánica.....	47
5.2.2. Nitrógeno.....	49
5.2.3. Fósforo.....	51
5.2.4. Azufre.....	53
5.2.5. Evaluación del Desarrollo y Rendimiento del Cultivo de Quinua.....	55
5.3. Evaluación de los Sistemas de Producción.....	57
5.3.1. Evaluación del Manejo del Espacio de la Comunidad.....	59
5.3.2. Evaluación del Sistema Productivo de Quinua.....	61
5.3.2.1. Manejo del estiércol.....	61
5.3.2.2. Barbecho.....	61
5.3.2.3. Siembra.....	62
5.3.2.4. Cosecha.....	62
5.3.2.5. Post cosecha.....	62
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
6.1. Conclusiones.....	63
6.2. Recomendaciones.....	64
7. BIBLIOGRAFIA Y PAGINAS WED.....	66
8. ANEXOS.....	73
Anexo 1. Glosario y definición de términos técnicos.....	74
Anexo 2. Descripción del perfil de suelos, Irpani – Salinas de Garci Mendoza.....	75
Anexo 3. Resultados de la variación de MO y nutrientes (N, P y S).....	76
Anexo 4. Resultados de la CIC, suelos de Irpani.....	77
Anexo 5. Lista de asistencia a talleres, Irpani.....	76
Anexo 7. Datos del clima, Irpani.....	76
Anexo 6. Encuesta socioeconómica, Irpani.....	77
Anexo 8. Tabla de humedad gravimétrica, volumétrica, Dap y La.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. TRIANGULO TEXTURAL.....	6
Figura 2. Localización geográfica de la comunidad de Irpani.....	17
Figura 3. Fotografía de Trabajo para abrir Calicata.....	25
Figura 4. Dimensiones de Calita, Irpani.....	25
Figura 5. Primer Taller, Irpani.....	26
Figura 6. Segundo Taller, Irpani.....	26
Figura 7. Tamizado de Muestras, Laboratorio Agronomía (UMSA).....	29
Figura 8. Muestras de Suelo en Probetas.....	29
Figura 9. pH y CE, Laboratorio de Agronomía (UMSA).....	29
Figura 10. Comparación del Desarrollo del Cultivo.....	59
Figura 11. Transformación del Sistema de Producción.....	60
Figura 13. Plano de la Estancia, Comunidad de Irpani.....	62

## INDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1.	Distribución Pluvial (2009 – 2010).....	31
Grafico 2.	Variación de Temperaturas (2009 -2010).....	33
Grafico 3.	Variación de los vientos (2009 – 2010).....	34
Grafico 4.	Humedad Relativa (2009 – 2010).....	34
Grafico 5.	Variación del Contenido de Agua en Ladera.....	42
Grafico 6.	Variación del contenido de Agua en Piedemonte.....	43
Grafico 7.	Variación del contenido de Agua en Planicie.....	44
Grafico 8.	Disponibilidad de Agua, Ladera.....	48
Grafico 9.	Disponibilidad de Agua, Piedemonte.....	49
Grafico 10.	Disponibilidad de Agua, Planicie.....	49
Grafico 11.	Variación del contenido de MO, Ladera.....	50
Grafico 12.	Variación del contenido de MO, Piedemonte.....	51
Grafico 13.	Variación del contenido de MO, Planicie.....	52

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación del intercambio cationico en suelos del Intersalar.....	8
Tabla 2.	Datos Históricos del Clima, Municipio de Salinas de Garci M.....	18
Tabla 3.	Resumen de Especies Vegetales.....	21
Tabla 4.	Resumen de Especies animales.....	21
Tabla 5.	Características de parcelas de estudio.....	24
Tabla 6.	Propiedades Físicas de los suelos, Irpani.....	35
Tabla 7.	Propiedades Químicas de los Suelos, Irpani.....	36
Tabla 8.	Propiedades Físicas de los suelos, Ladera.....	36
Tabla 9.	Propiedades Químicas de suelos, Ladera.....	37
Tabla 10.	Propiedades Físicas de suelos, Piedemonte.....	38
Tabla 11.	Propiedades Químicas de suelos, Piedemonte.....	39
Tabla 12.	Propiedades Físicas de suelos, Planicie.....	40
Tabla 13.	Propiedades Químicas de suelos, Planicie.....	41
Tabla 14.	Comparación del Almacenamiento, Quinoa.....	45
Tabla 15.	Comparación del Almacenamiento, Descanso.....	46
Tabla 16.	Tabla de Estadística Descriptiva.....	46
Tabla 17.	Evapotranspiración del Cultivo de Parcelas de Estudio .....	47
Tabla 18.	Comparación del contenido de Nitrógeno Total, Ladera.....	50
Tabla 19.	Comparación del contenido de Nitrógeno Total, Piedemonte.....	50
Tabla 20.	Comparación del contenido de Nitrógeno Total, Planicie.....	51
Tabla 21.	Comparación del contenido de Fósforo Disponible, Ladera.....	52
Tabla 22.	Comparación del contenido de Fósforo Disponible, Piedemonte.....	52
Tabla 23.	Comparación del contenido de Fósforo Disponible, Planicie.....	53
Tabla 24.	Comparación del contenido de Azufre, Ladera.....	54
Tabla 25.	Comparación de la variación del contenido de Azufre, Piedemonte....	54
Tabla 26.	Comparación de la variación del contenido de Azufre, Planicie.....	55



## **RESUMEN**

La quinua, es uno de los pocos cultivos que se desarrolla adecuadamente en las condiciones extremas del Altiplano Sur, la misma se caracteriza por su alto valor nutricional debido a que contiene proteínas y aminoácidos muy por encima que otros cereales, situación que ha provocado un incremento en su demanda por parte del mercado internacional, repercutiendo sobre la ampliación de la frontera agrícola y el deterioro de los recursos naturales (suelo, agua y otros), con un peligro inminente de una desertificación.

En vista de que los suelos del Intersalar son diferentes al resto del país, por ser de origen volcánico, se ha visto por conveniente estudiar la producción del grano de la quinua, con relación a dos factores limitantes de la zona, como el agua y materia orgánica (MO), comparando los contenidos de humedad del suelo y la variación de MO y nutrientes en parcelas con quinua, en descanso y praderas nativas en dos sistemas de producción.

Por otro lado, se ha hecho un seguimiento y evaluación del manejo de suelos, cultivos, ganadería y manejo del espacio en la comunidad de Irpani perteneciente al municipio de Salinas de Garci Mendoza durante la gestión agrícola 2009-2010.

En general los suelos de la comunidad de Irpani son de texturas arenosas, con contenidos importantes de grava, por consiguiente son permeables con baja capacidad de retención de agua y nutrientes y alta susceptibilidad a la erosión eólica e hídrica. La reacción (pH) de estos suelos es neutra a moderadamente alcalina lo que incide de gran manera en la disminución de la disponibilidad de nutrientes como Ca, Mg, N, Mn, Cu y Zn, en general son suelos no salinos.

El almacenamiento de agua está íntimamente relacionado a la precipitación pluvial, al tipo de roturación del suelo, textura y pendiente. En general en el estudio se pudo evidenciar que existen mayores contenidos de agua en los suelos con cultivo, en planicie y piedemonte, que está relacionado al roturado, la disponibilidad de agua para los cultivos es mayor en el periodo de lluvias y está por debajo del punto de marchitez permanente durante el periodo de ausencia de lluvias.

Los contenidos de MO y nitrógeno total (Nt), en las parcelas de estudio son muy bajos a excepción del bofedal (planicie). De la misma manera, los contenidos de fósforo (P) son mayores en el bofedal y en las parcelas con cultivo, efecto de la aplicación de estiércol, con relación a los contenidos de azufre (S) estos son mayores en los suelos de ladera.

En base a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, en gabinete, campo y laboratorio, se ha podido determinar que los suelos usados en producción en monocultivo, no pueden recuperar sus condiciones de nutrientes en pocos años y que pese a la abundante aplicación de estiércol no presentan buenos rendimientos, así también se ha podido determinar que los suelos de las praderas nativas, tienen buenas condiciones de humedad y nutrientes, pero que cuando son habilitados para la producción del cultivo de quinua en pocos años pierden estas características. Todo esto está relacionado al sistema de producción y por tanto al manejo del espacio de la comunidad.

## CAPITULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

Frente al aumento de la demanda del grano de quinua en el mercado mundial y el incremento de sus precios, se ha generado un mayor interés para su producción en un sistema productivo en monocultivo, dejando a un lado el sistema de producción tradicional, logrando así mecanizar las principales labores y por tanto trayendo como consecuencia la aplicación de la frontera agrícola. El cambio de sistema de producción, junto a los efectos del cambio climático, está generando mayor susceptibilidad en la erosión de los suelos.

El Intersalar es una zona árida (FAUTAPO 2008) que presenta condiciones texturales desfavorables para la retención de agua y materia orgánica (Orsag, 2010), clasificados estructuralmente como suelos frágiles, susceptibles a erosión eólica e hídrica, pese a esto en la zona se realiza la práctica de barbecho con arado de disco (Jaldin, 2010), en los meses de enero a marzo en planicies y piedemonte, cuya característica es remover la capa arable, dejando así en la parte superficial del terreno la poca arcilla que tienen, siendo expuestas a los vientos característicos de la zona en los meses previos a la siembra.

Así también la producción en monocultivo de la quinua, está permitiendo una mayor incidencia de plagas y enfermedades por el desgaste de los suelos, con un uso selectivo de nutrientes por parte de la planta y la disminución en el periodo de descanso en tan solo un año, que no permite la regeneración efectiva de nutrientes, trayendo como consecuencia la disminución notable de los rendimientos por parcela, que está provocando la habilitación de extensas zonas de praderas nativas entre tholares y bofedales (Jaldin, 2010) y por tanto la disminución de áreas de pastoreo y de cabezas en el ganado (ovino y camélido), por efecto una escasa incorporación de MO a los suelos.

Por tanto para justificar el planteamiento del estudio, es necesario mencionar que el agua y la materia orgánica juegan un rol importante en la fertilidad de los suelos (Sainz, 2011), ya el agua permite que los nutrientes del suelo sean disueltos y puedan ser aprovechados por el cultivo, así también la materia orgánica impide que el agua se evapore a la atmósfera más libremente, lográndose así un medio favorable para el desarrollo del cultivo (Orsag, 2011).

Por todos los aspectos ya mencionados y la importancia que tiene el agua, la Materia Orgánica (MO) para el cultivo de quinua, se ha realizado una comparación de la dinámica de la humedad del suelo, junto a la variación de MO y nutrientes (N, P y S) en parcelas con cultivo, frente a parcelas en descanso y praderas nativas (tholar y bofedal), en tres unidades de paisaje (Ladera, piedemonte y planicie), en dos sistemas de producción, con el fin de determinar el grado de recuperación de los suelos en descanso y el grado de desgaste de los suelos usados en su primer año de producción.

Así mismo se realizaron encuestas relacionadas al manejo del espacio y los sistemas agrícolas que se realizan en la población de Irpani, perteneciente al Municipio de Salinas Garci Mendoza.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo General**

- ☞ Comparar la dinámica de la humedad del suelo, Materia Orgánica y Nutrientes en parcelas de quinua, en descanso y en praderas nativas en el Municipio de Salinas Garci Mendoza, Oruro.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- ☞ Evaluar las variaciones de humedad del suelo, en parcelas con cultivo de quinua, en descanso y suelos de praderas nativas.
- ☞ Analizar los contenidos y variaciones de los porcentajes de Materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo y Azufre en suelos con cultivo de quinua, en descanso y praderas nativas.
- ☞ Identificar los sistemas de producción de la comunidad de Irpani.

## CAPITULO II

### 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. El Agua en el Suelo

El suelo es el principal proveedor de agua para las plantas por su capacidad de almacenamiento y medio de aprovisionamiento a medida que los cultivos lo requieren (Chilón, 1997), por ser parte de la solución del suelo (Salgado, 2001).

Y como todo cultivo la quinua es eficiente en el uso de agua, a pesar de ser una planta C3, por poseer mecanismos, morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar a los déficit de la humedad, si no tolerar y resistir la falta de humedad del suelo (Méndez, 2007).

##### 2.1.1. Contenido de Agua en el Suelo

El agua en el suelo (masa o volumen) se halla en posición en un momento determinado (Porta, *et al*, 1991), quiere decir que inicialmente se deposita como agua gravitacional y capilar, que son aprovechadas por la planta (Méndez, 2007).

Existen diferentes contenidos de agua en el suelo, como ser contenido en masa o humedad gravimétrica, contenido en volumen o humedad volumétrica y contenido en lámina de agua (Chilón, 1997), que sirven para determinar el almacenamiento.

##### 2.1.1.1. Diferencia entre la Humedad Gravimétrica y Volumétrica

La humedad gravimétrica, es el peso del suelo ocupado por el agua (Osco, 2009). La humedad volumétrica, es el porcentaje del suelo ocupado por el agua, se la calcula multiplicando la humedad gravimétrica por la densidad aparente del suelo (Osco, 2009).

##### 2.1.1.2. Lámina de Agua

Por lámina de agua podemos entender, una forma práctica de expresar y visualizar la cantidad de agua existente o almacenada en el suelo. Lo que equivale a determinar el contenido de agua de un perfil del suelo en un momento dado (Inda, 2010).

### **2.1.1.3. Saturación**

Un suelo está saturado cuando todos sus poros están ocupados por agua, esta situación se presenta después de una lluvia copiosa o de un riego abundante (Porta *et al*, 1999), cuyo movimiento se llama flujo saturado (Chilon, 1997).

### **2.1.1.4. Capacidad de Campo (CC)**

Se define como el contenido de agua en el suelo después de 48 horas de un riego o de una lluvia abundante (Méndez, 2007). Quiere decir que corresponde al contenido humedad de un suelo permeable y con buenas condiciones de drenaje, cuando ha perdido toda el agua gravitacional, que es favorable para el cultivo (Porta *et al*, 1999).

### **2.1.1.5. Punto de Marchites Permanente (PMP)**

Se define como el contenido de agua por debajo del cual las plantas mesófilas, no son capaces de extraer agua del suelo (Porta *et al*, 1999). Quiere decir que la humedad existente en el suelo cuando la planta se marchita (Méndez, 2007), cuando las plantas presentan marchites ya sea temporal o permanente (Chilon, 1997).

## **2.1.2. Almacenamiento de Agua en el Suelo**

El almacenamiento de agua en el suelo y su racional distribución en la zona de las raíces es de suma importancia para el manejo de los cultivos (Chilón, 1997), por ser un medio poroso en cuyos espacios contiene agua y aire (Driessen, 1986). Representa el cambio de volumen de agua al final de un periodo, en todo el perfil hasta la profundidad de interés (Muraoka y Tzitziboy, 2000).

### **2.1.2.1. Método directo o Gravimétrico**

Es el método más antiguo y más usado para determinar la humedad del suelo (Chilón, 1997), es aceptado como el estándar para la medición del contenido de agua en el suelo (Salgado, 2001), consiste en la determinación del peso en muestras húmedas del suelo que después serán secadas en hornos eléctricos a 105 – 110°C hasta conseguir un peso constante (Muraoka y Tzitziboy, 2000).

### **2.1.2.2. Método de Moderación de Neutrones**

Tiene como base la sonda de neutrones, que a través de una fuente radioactiva emite neutrones rápidos, que son termalizados con átomos de hidrogeno de agua presente en el suelo y se vuelven lentos con menor energía, que ha mayor concentración de hidrogeno, mayor será el numero de neutrones contados (Muraoka y Tzitziboy, 2000).

### **2.1.2.3. Método de Atenuación Gamma**

La base es una sonda que tiene una fuente de rayos gama y es emitida a través del suelo y en el extremo se encuentra un detector para determinar los rayos gamma que de acuerdo a la ley de Lambert-Beer (Muraoka y Tzitziboy, 2000).

### **2.1.2.4. Reflectometria de Dominio Temporal (TDR)**

Este método evalúa las variaciones espacio-temporales y establece relaciones con los procesos hidrológicos en el suelo, que se registran semanalmente en perfiles representativos (Porta *et al*, 1999). Quiere decir que el TDR, es una sonda que se introduce al suelo a las profundidades de interés (Llorens, *et al*, 2003).

## **2.1.3. Factores que Influyen en el Almacenamiento**

El suelo es parte superficial de la corteza terrestre que por diferentes procesos de meteorización, intemperización, mineralización, adición, transformación, se convierte en un medio trifásico (Orsag, 2010), está constituido por partículas minerales y orgánicas, de muy diversos tamaños (Inda 2010), y puede dejar pasar agua, porque es un medio poroso, con un sistema de poros interconectados (Porta, *et al*, 1991).

Ofrece un medio favorable (soporte mecánico y proporciona nutrientes) para el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Ramírez, 2005). La quinua requiere suelos drenados de textura franco arenoso a arenosa (Tapia 1976 citado por FAUTAPO 2008).

Todo suelo posee características particulares que influyen en la cantidad de retención de agua y nutrientes (FAO, 1986), estas características se mencionan a continuación (Muraoka y Tzitziboy, 2000).

### 2.1.3.1. Propiedades del Suelo

#### Profundidad Efectiva del Suelo

Determina la cantidad de agua que puede retener un suelo, a mayor profundidad existe mayor capacidad de retención, mayor espacio para la exploración de las raíces, que dispondrán de niveles más adecuados de aire, temperatura y nutrientes (Inda, 2010).

La profundidad efectiva de los suelos del Intersalar, en laderas varía de 50 a 25cm, con lechos de grava, piedras y rocas, clasificados como suelos de profundidad delgada. En piedemonte y planicie varía de 120 a 100cm, clasificados como suelos profundos a muy profundos, con lechos de grava y piedra, materiales semipermeables (FAUTAPO, 2008).

#### Textura

El estudio del flujo del agua a diferentes profundidades, no puede llevarse a cabo sin conocer la distribución granulométrica (Inda, 2010), una mayor composición de partículas finas, permite una mejor retención de agua, lo contrario de una mayor composición de partículas gruesas (Orsag, 1989).

El abastecimiento, la capacidad de retención, la facilidad de circulación del agua, nutrientes y aire (Osco, 2009) está en función a su proporción relativa de arena, limo y arcilla como se puede observar en la figura 1 (FAUTAPO, 2008).

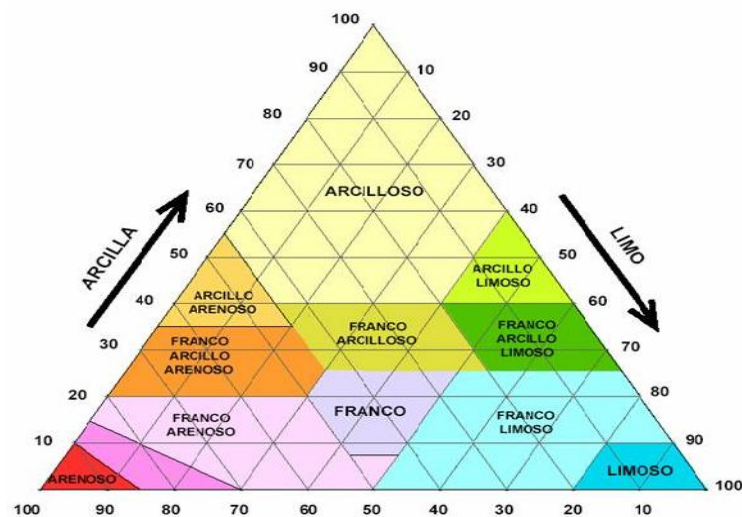


Figura 1. Triángulo de Texturas USDA, Fuente: Chilón, 1997



## **Estructura**

Es dinámica por su variación en el tiempo debido al manejo del cultivo, de la materia orgánica, rotación de cultivos, compactación mecánica, causada por el pisoteo de animales labranza y uso intensivo de arado de discos (Takashi y Tzitziboy, 2000).

La estructura es el ordenamiento de las partículas individuales para formar agregados, entre las arcillas y los grupos funcionantes de la materia orgánica (Chilón, 1991), con grado de diferenciación, que expresan la cohesión y la adherencia (Porta, *et al*, 1999). En el Intersalar se presentan estructuras débiles y frágiles (FAUTAPO, 2008).

## **Densidad Aparente (Da)**

En el Intersalar un 91% de los suelos presentan una densidad aparente mediana a alta que varía de 1.4 a 1.9g/cm<sup>3</sup> (FAUTAPO, 2008). Recordemos que la densidad aparente, es la relación de masas de partículas de suelo seco, con el volumen combinado de partículas y poros en g/cm<sup>3</sup> o t/m<sup>3</sup> (Chilon, 1997), que tienden a reducir con materia orgánica (baja densidad), porque resulta en mayor porosidad, (Porta, *et al*, 1991).

## **Reacción del Suelo (pH)**

Un 73.9% de los suelos del Intersalar tienen un pH que varía de suave a fuertemente alcalino (FAUTAPO, 2008). Y representa principalmente las condiciones del suelo en reacción con su acidez y alcalinidad, que tienen influencia sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas (Chilón, 1997), que determinan la disponibilidad de la mayoría de macro y micro nutrientes (Orsag, 2010), como de la disponibilidad de agua, porque cada planta adquiere mayor vigor y productividad dentro de un intervalo (Porta, *et al*, 1991). El cultivo de quinua tiene un amplio rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo que puede variara ente 4.5 a 9 (Osco, 2009).

## **CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico)**

Un suelo presenta diferentes propiedades, que favorecen la retención de agua y nutrientes para las plantas, la CIC es la capacidad que un suelo tiene de intercambiar agua y nutrientes (Catianos o Aniones), con la raíz de la planta (Saiz, 2011).

Esta capacidad depende del tipo de suelos, generalmente uno con buena relación de arcilla y alto contenido de MO presenta un alto CIC, lo contrario de uno arenoso o limoso (Orsag, 2010). Los suelos del Intersalar son arenosos o areno francosos en su mayoría (FAUTAPO 2008), por tanto presentan un bajo CIC (tabla 1).

**Tabla 1. Clasificación de Intercambio Catiónico (meq/100g) en suelos del Intersalar.**

Escala de Calificación	CIC (meq/100g)	Nº de Muestras	Porcentaje
Muy baja	<6.0	11	8.94
Baja	6.1 – 12.0	49	39.84
Moderada	12.1 – 25.0	38	30.89
Alta	25.1 – 40.0	12	9.76
Muy alta	>40.1	13	10.57
<b>Total</b>		123	100

Fuente: FAUTAPO, 2008

### **CE (Conductividad Eléctrica)**

Los suelos del Intersalar presentan una CE que varía 200 – 400uS/cm (FAUTAPO, 2008), es por ello necesario mencionar que cuando existe un exceso de sales particularmente por encima de  $4\text{dSm}^{-1}$  perjudica el crecimiento de las plantas, por su incidencia directa sobre el metabolismo de las mismas y por su efecto osmótico, el cual afecta la disponibilidad de agua para las plantas (Orsag, 2010).

#### **2.1.3.2. Irrigación y Precipitación Pluvial**

Por precipitación pluvial, podemos entender la caída de los hidrometeoros que alcanzan finalmente la superficie terrestre (Michel, 2002) que repercuten sobre el almacenamiento de agua y se puede medir a través de equipos (Muraoka y Tzitziboy, 2000).

#### **2.1.3.3. Drenaje Superficial**

Este factor depende de las propiedades del suelo, de la cobertura del suelo y del declive del terreno y se determina generalmente a través de una parcela de escorrentía, cercada donde el agua del drenaje superficial y sedimentos acarreados son recolectados en depósitos (Muraoka y Tzitziboy, 2000).

#### **2.1.3.4. Evapotranspiración**

Es un proceso combinado que comprende la evaporación de todos los tipos de superficies y la transpiración de las plantas (Michel, 2002).

##### **Evapotranspiración Potencial (ETP)**

Se refiere a la máxima evaporación posible bajo condiciones de óptimo de humedad (Michel, 2002) que evaporaría un suelo y transpirarían las plantas, si es que el suelo está en esta condición y presenta cobertura vegetal completa (Mariscal, 1992).

##### **Evapotranspiración Real o Actual (ETR)**

Se refiere la evapotranspiración producida en condiciones reales, tomando en cuenta que la cobertura vegetal no siempre es completa y que los niveles de agua en el suelo son variables (Michel, 2002), es decir que la vegetación puede cubrir el suelo parcialmente y puede presentar valores iguales o inferiores a la ETP (Mariscal, 1992).

##### **Método de Blaney Criddle**

Este método está basado en datos climáticos con temperatura media mensual y porcentaje de horas luz del mes respecto al anual, está diseñado para zonas áridas y semiáridas (Peñaranda, 2003).

##### **Método de Penman – Monteith.**

La FAO recomienda este método para la estimación de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>r</sub>), a partir de datos climatológicos, como la temperatura del aire, humedad atmosférica, radiación y velocidad del viento además de la localización del sitio (Choquellajata, 1993).

##### **Evapotranspiración del Cultivo (ET<sub>c</sub>)**

Se refiere a la tasa de evapotranspiración para un cultivo creciendo sano para condiciones óptimas del suelo, la misma que incluye pérdida por transpiración del cultivo y evaporación del suelo y las hojas del cultivo (Mariscal, 1992).

### **2.1.3.5. Drenaje Interno**

Es un valor de difícil determinación por estar fuertemente influenciado por la variabilidad espacial, por lo que en ocasiones se lo omite y se obtiene el almacenamiento solo a través de la precipitación, irrigación y la estimación de la evapotranspiración a través de formulas teórico empíricas, sin embargo se ha estimado que el drenaje interno puede llegar en algunos casos a 30% del balance hídrico total (Muraoka y Tzitziboy, 2000)

### **2.1.4. Humedad Disponible o Aprovechable (HD)**

El agua disponible se refiere al agua que pueden aprovechar las plantas y está en función a la textura del suelo. Un suelo puede retener de manera más eficiente agua, pero eso no involucra que de igual forma pueda disponer para las plantas. Los suelos pesados (arcillosos), no poseen una buena disponibilidad de agua, sin embargo los suelos livianos (arenosos), si poseen una buena disponibilidad de agua para las plantas (Orsag, 2010).

En este sentido, la mayor cantidad que el suelo puede almacenar y poner a disposición de las plantas es alrededor de 70% de la cantidad de agua representada por la humedad disponible (Inda, 2010).

## **2.2. Materia Orgánica y Nutrientes (N, P y S)**

La MO y los nutrientes se hallan en forma orgánica, por lo que son directamente asimilables por las plantas (Porta, *et al*, 1991).

### **2.2.1. Materia Orgánica**

Su importancia radica en que interviene en la formación y estabilidad de agregados por la acción de sustancias húmicas, polisacáridos, células microbianas y micelios de hongos (Orsag, 2010). Aumenta la capacidad de retención de agua, como la aireación, entrada y circulación (Sainz, 2011), en horizontes de la superficie, la MO no se acumula de forma continua, el suelo llega a tener un estado estacionario (Porta, *et al*, 1991).

### 2.2.2. Nitrógeno

Es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, es absorbido por las raíces en forma de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$  y su asimilación se caracteriza en que el ion nitrato que se encuentra disuelto en la solución del suelo y el ion amonio está absorbido sobre la superficie de arcillas (Inda 2010). No presenta una naturaleza estática sino más bien dinámica, un factor que marca su cantidad en el suelo es la textura, suelos arcillosos contienen mayor cantidad, que los limosos o arenosos (Caricari, 2008).

La absorción de la solución del suelo por las raíces (FAUTAPO, 2008), se da gracias a la mineralización (Osco, 2009). Su contenido favorece, el crecimiento de brotes, su deficiencia provoca amarillamiento en las hojas y bajos rendimientos (Tapia, 1979).

### 2.2.3. Fósforo

A diferencia del nitrógeno, el fósforo es relativamente estable en los suelos, por no presentar compuestos inorgánicos que pueden ser volatilizados y lixiviados (Inda, 2010), esta alta estabilidad resulta de una baja solubilidad que a veces causa deficiencia en la disponibilidad. Se presenta en el suelo casi exclusivamente como orto fosfato y todos los compuestos son derivados del ácido fosfórico (FAUTAPO 2008). En el cultivo de quinua fomenta la formación de granos y su maduración, su deficiencia provoca que las hojas se tornen violetas o castañas (Tapia, 1979).

### 2.2.4. Azufre

En la mayoría de los suelos arables el azufre, se encuentra en la MO en la solución del suelo, en regiones áridas se encuentran como sulfatos de calcio, magnesio y potasio que precipitan en grandes cantidades. Es absorbido por las plantas como sulfato en forma aniónica ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), su aporte es por las lluvias o agua de riego y su mineralización está relacionada a la descomposición de la MO (Cardozo y Martínez, 2000).

La deficiencia provoca un crecimiento lento, debilidad estructural (tallos cortos y pobres), clorosis en hojas jóvenes, amarillamiento principalmente en los "nervios" foliares e inclusive aparición de manchas, desarrollo prematuro de yemas laterales, formación de los frutos incompleta (Tapia, 1979).

### 2.3. Quinua

La importancia de su producción se basa en sus propiedades altamente nutritivas (11% y 20% de proteínas Ca, P, Fe y Mg), en relación a los demás cereales, posee además aminoácidos esenciales y no contiene gluten (Jaldin, 2010).

La planta es herbácea, con raíz pivotante, vigorosa, profunda y bastante ramificada, alcanzando en casos de sequía hasta 1.80m de profundidad (Forturbel 2005, citado por Osco, 2009), es erguida y alcanza alturas variables desde 30 a 300cm, dependiendo del tipo de genotipo, condiciones ambientales y de la fertilidad de los suelos (FAO, 2001).

La producción de quinua real en nuestro país abarca una superficie de 49028ha de la cual 17045ha se encuentran en Salinas de Garci Mendoza, los rendimientos varían de 9 a 14qq/ha (FAUTAPO, 2009). Los departamentos donde se centra la producción son: Oruro, Potosí y La Paz, solo la producción de los dos primeros se exporta al exterior y la producción del último se queda en el país (Jaldin, 2010)

### 2.4. Descanso

Por un interés económico la zona del Intersalar ha sufrido una presión humana sobre los terrenos, mecanizando las labores agrícolas, lo que ha provocado reducir de manera drástica los periodos de descanso de 3 a 6 años a tan solo 1 o 2 años (Félix y Villca, 2009), por ello es necesario entender, que descanso es un estado temporal del suelo, sin cultivos dentro de una sucesión de cultivos (Herve, *et al*, 1994).

#### 2.4.1. Funciones del Descanso

##### Almacenar Agua en el Suelo

La función más importante del descanso, es de almacenar agua en el suelo en los años anteriores al cultivo, debido a que las lluvias anuales no son suficientes para mantener al cultivo, quiere decir que la quinua utiliza el agua almacenada de los años en los cuales el suelo se encontró en descanso mas su año de cultivo (Joffre y Acho, 2008). Por tanto el agua en el suelo en esta etapa (descanso), depende sobre todo del almacenamiento durante la época de lluvias, de su dinámica en el invierno y de las primeras precipitaciones de la temporada de lluvias (Herve, *et al*, 1994).

## **Restauración de la Fertilidad del Suelo y Control Fitosanitario**

Un segundo papel atribuido al descanso es la restauración de la fertilidad del suelo, después del cultivo, teniendo en cuenta la lentitud de los procesos biológicos en estos ambientes, necesitaría mínimo de 10 años descanso (Joffre y Acho, 2008).

El descanso de un suelo permite que ciertas plagas que se quedan en el suelo, lleguen a ser eliminadas en el periodo de descanso (Joffre y Acho, 2008).

### **2.5. Praderas Nativas**

Las praderas nativas son pastizales no cultivados que ocupan un área de terreno en forma permanente o por periodos muy largos, quiere decir que es una tierra donde la vegetación nativa, sirve para el ramoneo del ganado (Ayala y Aranda, 1999).

#### **2.5.1. Tholar**

La pradera nativa denominada tholar es un biotipo importante para el abrigo de varias especies de fauna y flora alto andina, a su alrededor crece una variada vegetación “achaparrada” de leguminosas y gramíneas nativas, que son el único forraje para especies silvestres (Vicuña, venado andino, vizcacha, suri) y camélidos domesticados como las Alpacas y Llamas (Valdivia, 1998).

Los tholares se caracterizan por la dominancia de arbustos perennifolios resinosos que se distribuyen en arbustos bajos y espinosos (Joffre y Acho, 2008).

#### **2.5.2. Bofedal**

Un bofedal corresponde a una pradera nativa inundada hidromorfa húmeda permanente que ocupa una superficie reducida y presentan un alto potencial productivo (Alzerreca, 1988, citado por Mamani 2000), son tipificados como asociaciones vegetales de juncáceos, ciperáceas y plagináceas (Navarro y Maldonado, 2002), de estrato bajo, compacta y achatada o abonadas siempre verdes (Lara y Lenis, 1996).

Son primordiales por el agua que albergan y la cantidad de forraje que proporcionan durante todo el año, especialmente en la época seca (Jaldin, 2010)

## **2.6. Sistemas de Producción**

Un sistema de producción es un conjunto de partes interdependientes e interrelacionadas que están dispuestas de tal manera que producen un todo unificado (Félix y Villca, 2009).

### **2.6.1. Tradicional o Manual**

Ubica tradicionalmente a los cultivos en laderas y faldas de los cerros, mientras que las zonas de pastoreo destinadas a la actividad camélida se encuentran situadas principalmente en planicies (Jaldin, 2010). La producción responde ante todo a una lógica de autoconsumo (Jean, 2008) y consiste en el arranque de arbustos o desthole, un descanso largo, con las labores agrícolas manuales (Joffre y Acho, 2008)

### **2.6.2. Convencional o Semi-mecanizado**

Presenta un uso generalizado de maquinaria y equipos para el laboreo (FAUTAPO 2008), principalmente de tractor con su implemento de arado de disco y sembradora (Jaldin, 2010). Que introduce a la quinua en un sistema de producción extensivo, cuya presión por acceso de tierra compite con las zonas destinadas al pastoreo en desmedro de la actividad ganadera (Jaldin, 2010).

## **2.7. Manejo del Espacio**

Las comunidades del Intersalar delimitan un territorio más o menos establecido, existiendo fronteras entre comunidades, cuyo territorio incluía zonas de aprovechamiento comunal (zonas de pastoreo, parcelas de cultivo comunal, zonas rocosas e improductivas) y parcelas individuales, que antes de los años ochenta no sufrieron ningún cambio (Félix y Villca, 2009).

A partir de los años 80 existe una transformación radical, porque los cultivos de quinua tradicionalmente ubicados en laderas y faldas arcillosas de los cerros bajan a pampas, por un interés económico, provocado intereses individuales que ya no se adecuan a los intereses comunes y menos todavía a las normas de convivencia establecidas ancestralmente, las cuales fueron abandonadas progresivamente (Jaldin, 2010).



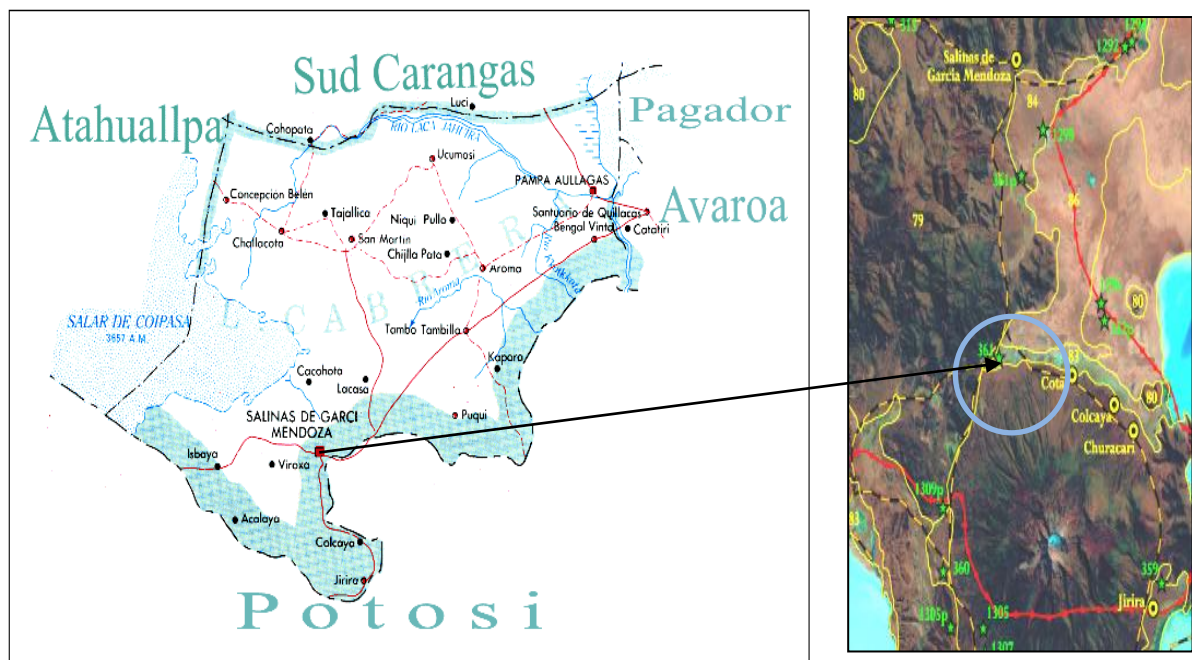
## CAPITULO III

## 3. LOCALIZACIÓN

## 3.1. Ubicación Geográfica y Política

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Irpani perteneciente al distrito municipal de Salinas de Garci Mendoza, provincia Ladislao Cabrera, departamento de Oruro república de Bolivia (M. de Salinas Garci Mendoza, 1998-2002). Se encuentra al sud oeste en el departamento de Oruro a 298km (Huanca, 2010) y limita al este con el cerro Sica, al norte con la comunidad de Ancoyo, al oeste con la comunidad de Saitoco, al sur se encuentra el volcán de Thúnupa (Inda, 2010)

Geográficamente se encuentra ubicado a una latitud Sur de  $19^{\circ} 45' 19.0''$  y una longitud oeste de  $67^{\circ} 41' 13.1''$  y una elevación sobre el nivel del mar de 3672 msnm.



**Figura 2.** Localización Geográfica de la comunidad de Irpani Salinas de Garci Mendoza

## 3.2. Acceso a la Zona

El acceso a la zona es por vía terrestre a través de flotas de servicio público y movilidades particulares (Inda, 2010).

### 3.3. Características del Ecosistema

#### 3.3.1. Geología

El estudio corresponde al Sur de la cuenca endorreica del Altiplano Boliviano, entre la cordillera Occidental y Oriental de los Andes, salares de Uyuni y Coipasa (Pacheco, 2004). Al sur oeste se destacan las formaciones montañosas terciarias de origen volcánico (Thúnupa, Cora-Cora), al norte y centro los sedimentos de origen lacustre (Servant y Fontes, 1978, citado por Inda).

Las características litológicas son principalmente del periodo cuaternario (Terceros, 1997) que constituyen un factor importante en los procesos erosivos, (eólico e hídrico) por sedimentos no consolidados que predominan en llanuras aluviales y eólicas (Lieberman, citado por FAUTAPO, 2008).

#### 3.3.2. Clima

La zona de estudio corresponde a una puna semiárida a árida y al piso alto andino semiárido (Holdridge, 1987), con extrema aridez y deficiente humedad en la mayor parte del año, elevada evapotranspiración (Espinoza, 1982) y vegetación reducida. Presenta bruscas variaciones de temperatura seguida de una escasa e irregular distribución pluvial (CORDEOR, 1993 citado por FAUTAPO, 2008).

La precipitación pluvial promedio del Municipio de Salinas de Garci (SENAMHI 1989 - 2005) es 234mm/año (tabla 2), que no llega a cumplir con el requerimiento del cultivo de quinua (250 a 500mm/año, García 1991 y Jaldin, 2010). La temperatura máxima promedio es de 15.7 °C (SENAMHI 1989 - 2005) y la mínima promedio es -1°C.

**Tabla 2. Datos Históricos del Clima, Municipio de Salinas de Garci Mendoza.**

	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.
PP	69,5	55,8	38,7	20,2	0	0	0	0,4	25,2	52,6	1,1	74,8
TMAM	-3,4	-1,3	1,2	2,4	3,2	4,9	2,4	2,9	2,5	0,9	-0,5	-3,6
TMIM	11,9	12,5	14,6	16,6	18,2	17,6	16,8	18,2	18,0	17,6	14,1	12,6

**Fuente:** SENAMHI 1989 - 2005

La velocidad del viento puede llegar a 25m/s con dirección predominante NE y SE (Espinoza, 1987), sin embargo la velocidad media 3.9 m/s (Orellana, 2002). La humedad relativa media es de 38%, llegando a un promedio en épocas de lluvia a 70%, bajando a 15 y 10% en épocas secas (Inda 2010).

La radiación solar es intensa durante el día (Inda 2010), con relación a las granizadas, estas caen de forma localizada en el área del cultivo (Espinoza, 1982).

Las heladas son de mayor intensidad y frecuencia en los meses de mayo a agosto y de menor intensidad en los meses de diciembre a febrero, existen heladas atrasadas en los meses de noviembre a diciembre y tempranas en los meses de marzo a abril que provocan desastres en la agricultura (Espinoza 1982).

### **3.3.3. Suelos**

Los suelos del área de estudio son heterogéneos, porque tienen origen fluvio lacustre, aluvial o coluvial (CORDEOR, 1993 citado por FAUTAPO, 2008), por tanto es necesario mencionar a tres clases de acuerdo a su ubicación fisiográfica.

Los suelos de las ladera, generalmente son poco profundos y poco desarrollados de color café a café rojizo (Cochrane, 1983 citado por Inda 2010), con estructura débil, textura mediana y gravosos, con pendientes elevadas (Pacheco, 2004), que poseen una profundidad efectiva que varía de 25 a 50cm (FAUTAPO, 2008).

En piedemonte son generalmente arenosos, de textura liviana, con buen drenaje, bajo contenido de MO y pobres en nutrientes, con una pendiente entre 5 a 15%, son moderadamente profundos con poca porosidad (Driessen, 1986) y que poseen una profundidad efectiva mayor a 120cm (FAUTAPO, 2008).

Los suelos de planicie son generalmente salinos, a menudo de textura pesada (arenofrancosos y franco-arcillo-arenosos), de color café amarillo pálido, que presentan un mal drenaje y una baja porosidad que impide la infiltración del el agua (Cochrane, 1973, citado por Inda, 2010), tienen una pendiente de 0 a 5%, moderadamente profundos (Flores, 2002), con una profundidad efectiva que varía 100 a 120cm (FAUTAPO 2008).

### 3.3.4. Recursos Hídricos

La zona de estudio está dentro de la cuenca cerrada del Altiplano, en el sistema Poopo que corresponde al cuerpo de agua más bajo debido a la poca profundidad y la irregularidad de los aportes hídricos (Pacheco, 2004), que descarga sus excedentes en época de lluvia al Salar de Coipasa por medio del río Laka Jahuirá, que constituye el límite norte de la provincia Ladislao Cabrera.

En general los ríos permanentes de la región son escasos, que no llegan a su desembocadura final, infiltrándose debido a los suelos arenosos (Inda, 2010). La napa freática se encuentra de dos a ocho metros de profundidad (agricultores zona).

### 3.3.5. Flora

De acuerdo a la tabla 3, se resume las especies vegetales presentes en el Municipio.

Nº	N. Común	N. Científico	Nº	N. Común	N. Científico
1.	Lampaya	<i>Lampaya castellani</i>	7.	Kora	<i>Tarasa tenella</i>
2.	Naka thola	<i>Baccharis incarum</i>	8.	Tara tara	<i>Fabiana densa</i>
3.	Huma thola	<i>Parastrephia lucida</i>	9.	Muña	<i>Satureja boliviana</i>
4.	Orkqo	<i>Adesmia sp</i>	10.	Paja forrajera	<i>Festuca orthophylla</i>
5.	Añahua	<i>Adesmia spinosissima</i>	11.	Ayrampu	<i>Opuntia soebrensii</i>
6.	Tusca tusca	<i>Nicotiana undulata</i>	12.	Kela	<i>Lupinus altimontanus</i>

**Fuente:** Herbario Nacional de Bolivia Instituto de Ecología - UMSA, 2008.

### 3.3.6. Fauna

De acuerdo a la tabla 4, se resume la diversidad de fauna del Municipio de Salinas.

Nº	N. Común	N. Científico	Nº	N. Común	N. Científico
1.	Vicuña	<i>Vicugna vicugna</i>	6.	Zorrino	<i>Conepatus rex</i>
2.	Llama	<a href="#"><i>Lama glama</i> Linnaeus</a>	7.	Águila	<i>Harpia hpyia</i>
3.	Zorro andino	<i>Pseudalopex gymnocerus</i>	8	Cóndor	<i>Vultur Gryphus</i>
4.	Viscacha	<i>Lagidium vicaccia cuscus</i>	9.	Ratón altiplano	<i>Akodon varius</i>
5.	Perdiz	<i>Rhynchotus rufencens</i>	10.	Lagartija	<a href="#"><i>Liolaemus molinai</i></a>

**Fuente:** FAUTAPO, 2005.

## CAPITULO IV

### 4. MATERIALES Y METODOLOGIA

#### 4.1. MATERIALES

En el proceso de investigación se utilizaron materiales:

##### 4.1.1. Material de Gabinete

- Cartas topográficas
- Material bibliográfico (libros, revistas, tesis y otros)
- Computadora y sus paquetes (Word, Excel, Paint y otros)
- Impresora
- Material de escritorio

##### 4.1.2. Material de Campo

- Barreno muestreador
- Bolsas de muestreo
- Balanza digital
- Cilindros de muestreos
- GPS
- Cámara fotográfica digital
- Marcadores indelebles y lapiceros
- Cuaderno de campo
- Pala y picota
- Flexometro
- Madera
- Botellas pet
- Cuchillo

#### **4.1.3. Reactivos**

- Agua destilada
- Hexa meta fosfato de sodio
- Cloruro de potasio

#### **4.1.4. Material de Laboratorio**

- Balanza analítica
- Capsulas de secado
- Mufla
- Hidrómetro de Bouyucus
- Termómetro
- Phchimetro
- Agitador eléctrico
- Agitador de madera
- Vasos precipitados de 1/2 litro
- Probetas de 1 litro
- Pissetas
- Material de limpieza

## 4.2. METODOLOGÍA

Se aplicó la consiguiente metodología distribuida en las siguientes etapas:

### 4.2.1. Primera Etapa – Pre Campo

Se efectuó en la ciudad de La Paz con el fin de obtener información relacionada a la investigación, para ello se utilizaron cartas topográficas e imágenes satelitales para identificar el área y elegir la comunidad de estudio.

### 4.2.2. Segunda Etapa – Trabajo de Campo

Se realizó en la comunidad Irpani (Municipio de Salinas de Garci Mendoza), se basó en muestreos de suelos. No se utilizó ningún tipo de diseño experimental debido a que las parcelas estaban con el cultivo, por presentar diferencia en superficie y pendiente.

#### 4.2.2.1. Selección de Parcelas Experimentales

La selección y establecimiento de las parcelas se logró a través del planteamiento del trabajo de investigación a la comunidad durante su reunión anual (tabla 4).

**Tabla 5. Características de Parcelas de Estudio, comunidad de Irpani**

Código	Fisiografía	Localización			Cultivo o descanso	Propietario de la parcela
		Latitud	Longitud	Altitud		
IR1-C	Ladera	636422	7815105	3682	Cultivo (1 año)	Isidora Calani
IR1-D	Ladera				Descanso (1 año)	
IR1-T	Ladera				Thólar	
IR2-C	Piedemonte	637835	7815080	3596	Cultivo (1 año)	Benita Hidalgo
IR2-D	Piedemonte				Descanso (1 año)	
IR2-T	Piedemonte				Thólar	
IR3-C	Planicie	637719	7815179	3653	Cultivo (1 año)	Benita Hidalgo
IR3-T	Planicie				Bofedal	

**Fuente:** Elaboración Propia en Base a Resultados de Campo, Gestión Agrícola 2009 – 2010.

La superficie promedio de muestreo de las parcelas de ladera fue de 120m<sup>2</sup>, de piedemonte 3000m<sup>2</sup> y planicie de 734.7m<sup>2</sup>. Cada parcela se encontraba lado a lado, de acuerdo a su unidad de paisaje.

#### 4.2.2.2. Caracterización General de Suelos

La caracterización general morfológica de suelos, se realizó en la parcela en descanso en piedemonte, a través de una calicata abierta, las dimensiones fueron: 1m de ancho, 1.5m de largo a una profundidad de 1m. Se tomaron muestras para diferentes análisis y la clasificación de los suelos se hizo de acuerdo a la FAO, 1977 (Anexo 2).



Figura. 3 y 4. Calicata, Comunidad Irpani, Salinas de Garci Mendoza, Oruro

#### 4.2.2.3. Toma de Muestras para la Humedad del Suelo

Las muestras de suelo se tomaron a dos profundidades (primera de 0 a 20cm, segunda de 20 a 40cm), para ello se utilizó un barreno muestreador, cada 15 días y día después de una precipitación pluvial. En todo el proceso experimental se efectuaron 15 muestreos, cuya característica estaba en la selección en zig-sag dentro de la parcela, separando cada una de las muestras en bolsas de polietileno a una cantidad superior de 100g con su respectiva identificación.

#### 4.2.2.4. Toma de Muestras para Materia Orgánica y Nutrientes (N, P y S)

Los muestreos de suelo para la MO y nutrientes, se realizaron una vez al mes, desde el mes de diciembre al mes de abril (mes que se realizó la cosecha y no se vio necesario más muestreos, porque estaban en base al desarrollo del cultivo (2009 – 2010)).

Se maneja la misma metodología que se utilizó para la determinación de la humedad del suelo a excepción de que los muestreos, fueron a una profundidad de 0 a 20cm, en una cantidad de 50g aproximadamente de suelo. Los análisis de las muestras se realizaron en la ciudad de Oruro en Spectrolab (Anexo 3).



#### 4.2.2.5. Toma de Muestras para la Textura, Densidad Aparente, pH, CE y CIC

Las muestras de suelos para determinar la textura se tomaron a dos profundidades, (primera de 0 a 20cm, segunda de 20 a 40cm), a una cantidad 150g de suelo. Para la densidad aparente se utilizaron cilindros de volumen conocido, para las ocho parcelas experimentales y los tres horizontes de la calicata.

Al igual que la textura y la densidad aparente, para el pH y la CE se tomo muestras a dos profundidades en las parcelas de estudio, además de cada horizonte del perfil del suelo. Para la CIC se tomo muestras de las parcelas y los horizontes de la calicata, solo de la parte superficial del suelo, a una cantidad de 50g de suelo. Los análisis se realizaron en el laboratorio del IBTEN, Viacha del departamento de La Paz (Anexo 4).

#### 4.2.2.6. Talleres para la obtención de Información

Se realizaron dos talleres de información (recíprocos), con el fin de informar resultados iniciales, finales del trabajo de investigación y de conocer las inquietudes, junto al conocimiento ancestral de los agricultores.

El primero se realizó en la fase intermedia del estudio y el segundo al finalizar, en cada taller asistió un promedio de 10 personas, que se registraron en listas (Anexo 5) y fueron llevados a cabo con material didáctico y ayuda técnica.



**Figura.5 y 6.** Talleres. Comunidad Irpani, Salinas de Garci Mendoza.

#### 4.2.2.7. Encuestas

Se realizó dos encuestas “Socioeconómicas”, con el objetivo de crear una base de datos generales y específicos (Anexos 6), lográndose encuestar a 7 familias de las 25 que viven en la comunidad. Se realizo de manera personal en el campo y en sus casas.

#### **4.2.2.8. Control y Desarrollo del Cultivo**

Es necesario aclarar que el estudio empezó cuando las parcelas ya se encontraban con cultivo (diciembre), por lo tanto no se pudo realizar la siembra junto a los agricultores, pero se conoce que la siembra en ladera se realizó la última semana del mes de agosto, en piedemonte y planicie a mediados del mes de septiembre.

Por ello solo se pudo realizar un control en el desarrollo del cultivo, con el fin de realizar una comparación del efecto del contenido de agua y nutrientes en los suelos. Además se realizó un control de plagas en planicie, cuando las plantas se encontraban en estado de grano lechoso, se usó biosulfocal (preparado de azufre, cal y muña), a una relación de 1 litro de biosulfocal por 10 litros de agua, solo bastó 25 litros de solución para asperjar en toda la parcela.

#### **4.2.2.9. Cosecha de Parcelas Experimentales**

En piedemonte y planicie, la cosecha se realizó a mediados del mes de abril, para ello se utilizó una cortadora a motor, que cortaba los tallos a una altura de 10 cm del nivel del suelo, luego se agrupó manualmente las plantas en montones.

La cosecha en ladera se efectuó la tercera semana de abril, la herramienta principal de uso fue una hoz, el corte a nivel del suelo fue de 7 a 10 cm. Se agrupó las plantas en montones y se trenzaron sobre una piedra para evitar que los ratones hagan su nido.

#### **4.2.2.10. Pos cosecha de Parcelas Experimentales**

En piedemonte y planicie, se realizó de manera semi mecanizada. Para el trillado se tendió una lona sobre la cual se puso dos filas de plantas secas, separadas por el diámetro de distancia de las llantas del tractor, se utilizó una cernidora de 0.8 m de ancho por 1.2 m de largo y una venteadora semi-mecanizada.

En Ladera, el trillado se realizó junto a la dueña de la parcela (doña Isidora Calani), pisando las plantas secas hasta separar el grano de los tallos y cernir con una cernidora pequeña (0.3 m de ancho y 0.5 m de largo), finalizando con el venteo manual. Se almacenó el grano de cada parcela en sacos de yute.

### **4.2.3. Tercera Etapa - Laboratorio**

Los análisis de las muestras de suelo se realizaron de la siguiente manera:

- ✓ Los análisis de MO y nutrientes se realizó en Spectrolab (Oruro)
- ✓ La CIC se efectuó en IBTEN (Viacha).
- ✓ La humedad del suelo, textura, densidad aparente, pH y CE, se efectuó en la Facultad de Agronomía (UMSA), este será el único proceso que se detallara en la metodología:

#### **4.2.3.1. Determinación Humedad Gravimétrica**

El procedimiento en laboratorio, se realizó llevando las muestras a una estufa a 105°C durante 24 horas, para ello se colocó cada muestra en capsulas de secado y así determinar el peso de suelo seco.

Al pasar el tiempo de secado se pesó las muestras y los valores se anotaron en un cuaderno.

#### **4.2.3.2. Determinación de la Textura del Suelo (Hidrómetra de Boyoucos)**

Primero se separó 50g de suelo junto a 5g de hexametáfosfato de sodio, que se diluyó con agua destilada (2/3 capacidad del vaso), para ser agitado con un agitador metálico durante 4 minutos y finalmente llevar la muestra a una probeta de 1litro, completando su capacidad con agua destilada. Antes de tomar la primera lectura (40 segundos antes), se agitó la muestra, para la segunda lectura se esperó 2 horas (Chilón, 1997),

#### **4.2.3.3. Densidad Aparente**

Se determinó a través del método del cilindro, utilizando cilindros de volumen conocido con muestras sin alterar de las parcelas de estudio a dos profundidades. El cilindro de acero que contenía la muestra de suelo fue llevado a una estufa a 105°C durante 24 horas estableciendo el peso del suelo seco y junto con el volumen del cilindro la Dap.

#### 4.2.3.4. Reacción del Suelo (pH)

En laboratorio se estableció dos tipos de pH:

##### 1. Acidez Actual (pH con agua 1:2,5)

Se determinó separando 25g de suelo (tamizado), en un vaso precipitado con 75ml de agua destilada, posteriormente se agitó la muestra durante 5 minutos (Chilón, 1997), con un agitador metálico, para luego con un ph-metro determinar el pH de cada muestra de suelo.

##### 2. Acidez Potencial (pH con KCl, 1N)

Con una solución de KCl y agua destilada a una relación de 74.5g de KCl en un litro de agua. Con 25g de suelo en un vaso precipitado y agitando junto a la solución durante 10 minutos y determinó con el ph-metro, el pH de la muestra.

#### 4.2.3.5. CE (Conductividad Eléctrica)

La conductividad eléctrica de cada una de las muestras de suelo, se determinó con un pH-metro al mismo instante que se procedía a fijar el pH del suelo de las muestras en agua. Este análisis se pudo realizar con el mismo equipo, aprovechando las funciones adicionales con los que contaba.



**Figura 7.** Tamizado de muestras; **Figura 8.** Muestras de suelo en probetas.  
**Figura 9.** pH y CE, Laboratorio – Facultad de Agronomía, La Paz.

#### 4.2.4. Cuarta Etapa – Gabinete

Se considero parte del trabajo de gabinete la determinación de la humedad gravimétrica, volumétrica, lamina de agua, textura, densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchites permanente y la evapotranspiración a través de formulas.

##### 4.2.4.1. Humedad Gravimétrica (Chilón, 1997)

$$\text{HumGrav}(\%) = ((Psh - Pss) / Pss) * 100 \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde: HumGrav. (%) = Humedad gravimétrica; Psh = peso del suelo húmedo; Pss=peso del suelo seco

##### 4.2.4.2. Densidad Aparente (Chilón, 1997)

$$Dap \text{ (gr/cc)} = Pss \text{ (gr)} / Vt \text{ (cc)} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Donde: Dap = densidad aparente; Pss = peso del suelo seco; Vt = Volumen total

##### 4.2.4.3. Humedad Volumétrica (Chilón, 1997)

$$\text{HumVol}(\%) = \text{HumGrav} * Dap \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde: HumVol.(%) =Humedad volumétrica; HumGrav= Humedad Gravimétrica; Dap= Densidad aparente

##### 4.2.4.4. Lamina de Agua (Chilón, 1997)

$$La(mm) = Hvol * prof / 100 \quad \text{Ecuación 4.}$$

Donde: La (mm) = Lamina de agua; Hvol=Humedad volumétrica; prof= Profundidad

##### 4.2.4.5. Capacidad de Campo (CC), (Inda, 2010)

$$CC = 0.48 \text{ Arcilla} + 0.162 \text{ Limo} + 0.023 \text{ Arena} + 2.62 \quad \text{Ecuación 5.}$$

Donde: CC = Capacidad de Campo

##### 4.2.4.6. Punto de Marchites Permanente (PMP), (Inda, 2010)

$$PMP = 0.302 \text{ Arcilla} + 0.102 \text{ Limo} + 0.0147 \text{ Arena} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde: PMP= Punto de Marchitez P.

**4.2.4.7. Agua Disponible (Chilón, 1997)**

$$AD = CC - PMP$$

**Ecuación 7.**

Donde: AD= Agua disponible; CC = Capacidad de campo; PMP= Punto de marchitez permanente

**4.2.4.8. Evapotranspiración Potencial – Método Penman - Monteit**

$$Eto = c (W * Rn + (1 - W) * f(u) * (ea - ed))$$

**Ecuación 8.**

Donde: Eto= Evapotranspiración potencial; Rn = Radiación neta; PMP= Punto de marchitez permanente

**4.2.4.9. Presión de Vapor de Agua (Mariscal, 1992)**

$$ed = (ea * HR) / 100$$

**Ecuación 9.**

Donde: ed= Presión real de vapor; ea = Presión de saturación de vapor; HR= Humedad relativa

**4.2.4.10. Función del Viento (Mariscal, 1992)**

$$f(u) = 0.27((1 + u) / 100)$$

**Ecuación 10.**

Donde: f(u)= función del viento; u = velocidad del viento a 2 metros de altura

**4.2.4.11. Radiación Neta (Mariscal, 1992)**

$$Rn = 0.75Rs - Rnl$$

**Ecuación 10.**

Donde: Rn= Radiación neta total; Rs= Radiación en función a la ubicación; Rns= Radiación neta de onda larga

**4.2.4.12. Evapotranspiración Real**

$$Etr = Eto * Kc$$

**Ecuación 12.**

Donde: Etr= Evapotranspiración real; Eto= Evapotranspiración potencial; Kc= Coeficiente del cultivo

Los datos de humedad gravimétrica, volumétrica, densidad aparente y lámina de agua se puede observar en el anexo 8.

### 4.3. Variables

- Humedad del suelo o almacenamiento
  - A una Profundidad de 0 a 40cm.
- Materia orgánica y nutrientes (N, P y S)
  - A una Profundidad de 0 a 20cm.
- Textura
- Densidad aparente
- pH
- CIC
- CE
- Precipitación pluvial
- Temperatura
- Velocidad del viento
- Sistemas de producción
- Manejo del espacio

### 4.4. Variables complementarias

- Rendimiento
- Humedad Relativa

Para realizar una comparación de parcelas con relación al almacenamiento de agua en los suelos, se utilizó una comparación relacionada a estadística descriptiva.

## CAPITULO V

### 5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

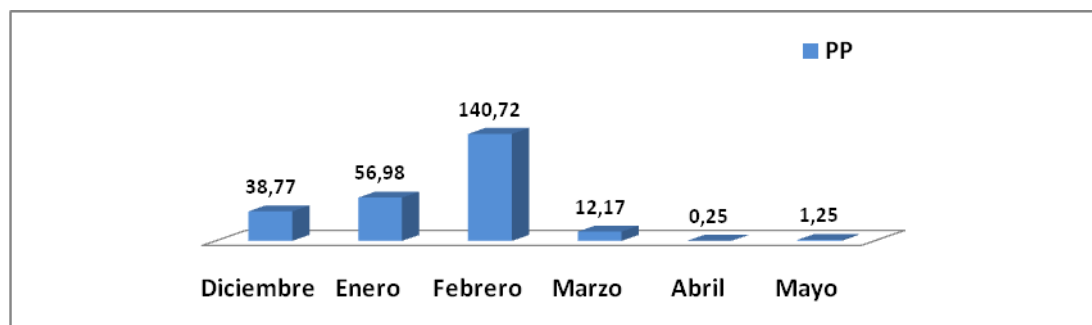
#### 5.1. Comparación de la Variación del Contenido de Humedad de los Suelos

Para poder entender de manera más clara los resultados del almacenamiento de agua en los suelos, es necesario primero conocer las condiciones climatológicas de la zona y las características físicas y químicas de las parcelas de estudio.

##### 5.1.1. Clima

##### Precipitación pluvial

En base a los datos obtenidos de la estación meteorológica instalada por el proyecto QUINAGUA en la comunidad de Irpani a una altura de 3596 msnm, se ha podido determinar que la distribución pluvial fue de 250.14mm, llegando a alcanzar el punto crítico del requerimiento del cultivo (250 a 500mm, García 1991), con mayor precipitación en el mes de febrero (140.72 mm) y menor en abril (0.25mm). Los datos obtenidos en el estudio no son muy diferentes a los datos históricos del Municipio de Salinas de Garci Mendoza (338.20mm), distante 17km de la comunidad, aunque no es significativo.

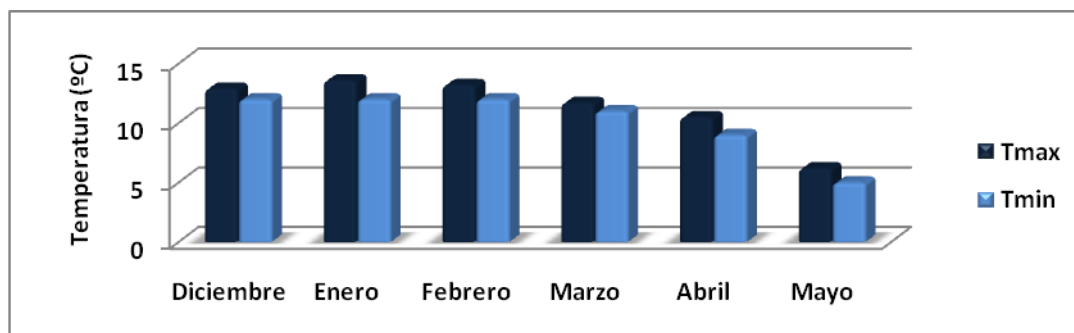


**Gráfico 1.** Distribución pluvial 2009-2010 a 3596msnm. Irpani (Salinas de Garci Mendoza – Oruro).

##### Temperaturas medias mensuales

La temperatura máxima media durante el estudio fue 11.4 °C y la mínima de 10.2 °C. Ambas temperaturas se encuentran en el rango apropiado para la quinua, es necesario mencionar que durante el mes de mayo se dieron temperaturas bajo cero, pero el cultivo ya estaba cosechado. En base a los datos históricos del Municipio la temperatura media se encuentra en 8°C, inferior a la obtenida en el estudio (gráfico 2).

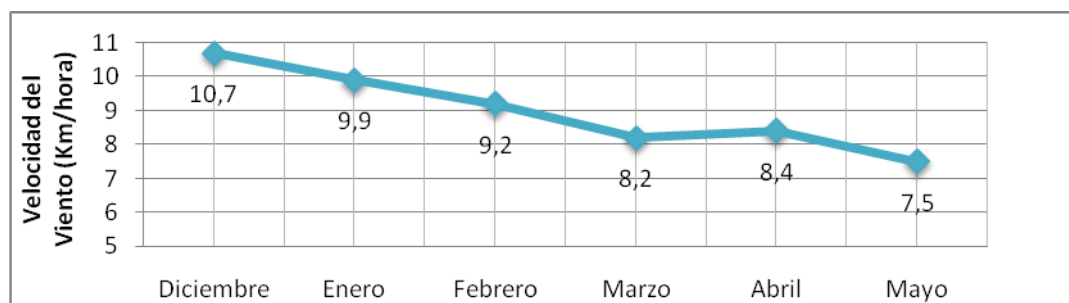




**Gráfico 2.** Variación de temperaturas gestión 2009-2010 a 3596msnm. Comunidad Irpani.

### Velocidad y Dirección del Viento

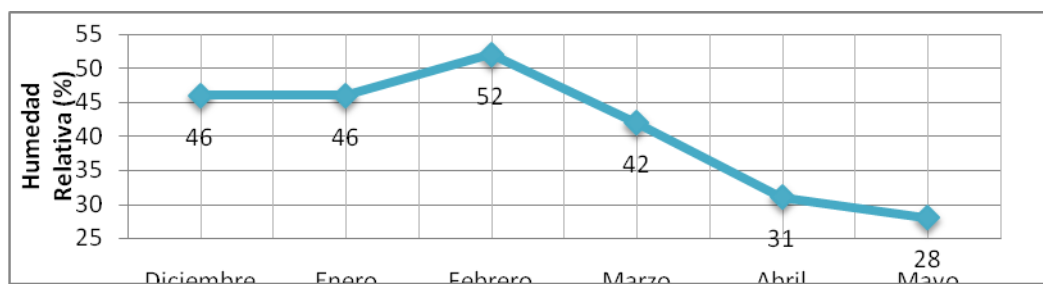
De acuerdo al gráfico 3, se puede observar que la velocidad del viento promedio durante el estudio fue de 9km/h, con mayor velocidad en el mes de diciembre (10.7km/h) y menor en mayo (7.5km/h). La dirección de EW o NW por la mañana y S o SE por la noche.



**Gráfico 3.** Variación de los Vientos 2009-2010 a 3596msnm, Irpani (Salinas de Garci M. – Oruro).

### Humedad Relativa

La humedad relativa promedio durante el estudio (gráfico 6), estuvo por debajo de 55%. El mes donde existió mayor humedad, fue febrero (52%), donde se presentó una mayor precipitación pluvial (140,72mm), así mismo el mes con menor humedad relativa fue el mes de mayo (28%), precisamente por una escasa precipitación (1.25 mm).



**Gráfico 4.** Humedad Relativa, 2009-2010 a 3596msnm, Irpani (Salinas de Garci Mendoza –Oruro).

### 5.1.2. Caracterización General de Suelos

La caracterización general morfológica de los suelos de la comunidad de Irpani determino las siguientes propiedades. Los suelos de la comunidad presentan porcentajes altos de arena, que varían de 76 a 86% y solo de 8 a 10% de arcilla en los tres horizontes del perfil del suelo, así mismo los porcentajes de grava varían de 30 a 40%, con una densidad aparente que varía de 1.50 a 1.49 g/cm<sup>3</sup>, clasificándose como suelos con una densidad aparente mediana a alta (FAUTAPO, 2008).

Por su textura podemos ver que estos suelos presentan problemas en la retención de agua y por tanto contienen un reducido contenido de nutrientes (Villarroel, 1988), la misma densidad aparente, que es alta determina que estos suelos presentan problemas en su porosidad que es menor a 50% y por tanto escasa. Presentan también una estructura débil (Sainz, 2011) y por efecto son susceptibles a erosión (tabla 6).

**Tabla 6. Propiedades Físicas de los Suelos en Base a una Calicata Abierta, Irpani**

Horizonte	Prof. (cm)	Textura			Clase Textural	Estructura	Grava (%)	Dap (g/cm <sup>3</sup> )	P (%)
		%A	%L	%Y					
Ap	0 -27	82.00	10.00	8.00	AF	No tiene	40	1.50	43.39
B	27 – 57	76.00	14.00	10.00	AF	No tiene	30	1.49	43.77
C	>57	86.00	8.00	6.00	AF	No tiene	>30	1.58	40.37

**Fuente:** Elaboración Propia en Base a Resultados de Laboratorio, Gestión Agrícola 2009 – 2010.

El pH varía de 7.4 a 7.7 (suavemente alcalino), en los tres horizontes del perfil del suelo, sin embargo el cultivo de quinua no tiene problemas en crecer y desarrollarse en este (García, 1991). La CE varia de 11.04 a 15.15 (μS/cm), que es inferior a 200μS/cm y por ser además suelos con alto contenido de arena, no presentan problemas de sales.

La CIC varia de 13.8 a 17.5 (cmol(+) kg<sup>-1</sup>), de acuerdo a la clasificación de FAUTAPO (2008) y Villarroel (1988), es moderada, la misma señala que estos suelos tienen capacidad de intercambiar agua y nutrientes, a pesar de poseer bajos contenidos de arcilla. El contenido de Ca y Mg en los suelos es bajo, así mismo es necesario mencionar que el Ca ayuda a la estructuración de los suelos por ser floculante (Sainz, 2011).

Con relación al contenido de Na este varía de 0.40 a 0.46 (cmol(+) kg<sup>-1</sup>) y conforme a la clasificación de FAUTAPO (2008), se halla de bajo a moderado, finalmente el contenido de K es moderado (0.39 a 0.40 cmol(+) kg<sup>-1</sup>), por tanto no existe deficiencia (tabla 7).

**Tabla 7. Propiedades Químicas de suelos en Base a una Calicata Abierta, Irpani**

Horizonte	Prof. (cm)	pH 1:2.5		CE (μS/cm)	Cationes Intercambiables cmol(+) kg <sup>-1</sup>				CIC cmol(+) kg <sup>-1</sup>
		H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
Ap	0 -27	8.57	7.40	72.80	14.90	1.49	0.46	0.40	17.37
B	27 – 57	8.48	7.62	113.90	15.15	1.40	0.40	0.40	17.48
C	>57	8.74	7.73	95.70	11.04	1.77	0.47	0.39	13.80

**Fuente:** Elaboración Propia en Base a Resultados de Laboratorio, Gestión Agrícola 2009 – 2010.

### 5.1.2.1. Caracterización Específica de los Suelos de Estudio

- **Ladera**

Los suelos de esta unidad, presentan contenidos altos de arena (tabla 8), bajos de arcilla y limo, por tanto presentan problemas en la retención de agua y nutrientes (Villarreal, 1988), no pudiendo proveer de manera adecuada de los mismos al cultivo.

La densidad aparente varía de mediana a alta (FAUTAPO, 2008), lo que incide en la porosidad que es menor a 40% en la mayoría de los casos e indica que es mala (Sainz, 2011), presentando problemas serios de compactación. La estructura es débil e indica que no existe una fuerte unión de agregados, que afecta la dinámica de agua y nutrientes (Orsag, 1989), y por efecto no es sostenible la producción en monocultivo (Orsag, 2010).

**Tabla 8. Propiedades Físicas Parcelas de Ladera**



Parcela	Prof. (cm)	Textura			Clase Textural	Estructura	Grava (%)	Dap (g/cm <sup>3</sup> )	P (%)
		%A	%L	%Y					
Cultivo	0 – 20	66.20	15.80	18.00	FA	No tiene	30	1.60	39.62
Descanso	0 – 20	78.00	12.00	10.00	AF	Débil	50	1.50	43.39
Tholar	0 – 20	66.16	11.84	22.00	FYL	Débil	50	1.60	39.62

**Fuente:** Elaboración Propia en Base a Resultados de Laboratorio, Gestión Agrícola 2009 – 2010.

El pH se clasifica como neutro (Villarroel, 1988), e indica que no existe problema en la disponibilidad de nutrientes, así mismo no se presentan problemas de sales por ser la CE menor a  $200\mu\text{S}/\text{cm}$  en todos los casos, es útil señalar que las parcelas contienen altos contenidos de arena que dificulta la permanencia de cationes en el suelo (Sainz, 2011).

La CIC en las tres parcelas, se clasifica como pobre (FAUTAPO, 2008), e indica que los suelos no pueden de manera efectiva intercambiar agua y nutrientes con las plantas (Sainz, 2010), este aspecto está relacionado a los bajos contenidos de arcilla y a la escasa incorporación de MO, aspecto que es peculiar en el área (Peñaranda, 2003).

El contenido de Ca es bajo en las tres parcelas y puede ser el efecto de las condiciones geológicas del lugar que no permiten la permanencia de cationes en el suelo. El Mg es clasificado según FAUTAPO (2008) como bajo, pero de acuerdo a Villarroel (1988), como moderado, a pesar de esta diferencia entre autores se puede señalar que en suelos de textura gruesa existe deficiencia en este nutriente (Orellana, 2009).

El contenido de Na es moderado según FAUTAPO, pero de acuerdo a Villarroel es muy bajo, de ambas clasificaciones nos quedamos con la última, en razón de los altos porcentajes de arena, además el Na no es considerado como nutriente por dispersar las arcillas (Sainz, 2011). El contenido K es moderado en las tres parcelas, por ser los suelos de origen volcánico (Orsag, 2010) y por tanto no presentan problemas de potasio para las plantas (tabla 9)

**Tabla 9. Propiedades Químicas Parcelas de Ladera**



Parcela	Prof. (cm)	pH 1:2.5		CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Cationes Intercambiables $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$				CIC $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$
		H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
Cultivo	0 – 20	7.09	6.43	23.20	5.20	2.71	0.32	0.66	9.03
Descanso	0 – 20	6.70	6.31	6.70	6.24	2.31	0.29	0.68	9.66
Thólar	0 – 20	7.01	6.94	7.01	5.05	3.48	0.42	0.62	9.68

**Fuente:** Elaboración Propia en Base a Resultados de Laboratorio, Gestión Agrícola 2009 – 2010.

- **Piedemonte**

Los suelos de esta unidad presentan contenidos altos de arena que superan incluso el 60% en el horizonte superficial y el sub suelo, en contraste los contenidos de arcilla y limo son bajos. Según Villarroel (1988), estos suelos tienen excelentes condiciones para la producción, sin embargo en el estudio se ha determinado que no pueden retener de manera efectiva agua y nutrientes, manifestado en sus bajos rendimientos (Orsag, 2010).

La estructura en todos los casos es débil (tabla 10), e indica que estos suelos son susceptibles a la erosión y destrucción de sus agregados (Orsag, 2010).

La densidad aparente en el horizonte superficial y en el sub suelo varía de mediana a alta (FAUTAPO, 2008), y nos indica que existe un menor volumen de espacio de poros, que incide sobre la porosidad que en todos los casos es menor a 50% (Sainz, 2011) y por tanto es escasa e indica que presentan problemas de compactación por el uso de maquinaria agrícola inapropiada para la zona (Jaldin, 2010).

**Tabla 10. Propiedades Físicas, Parcelas de Piedemonte**



Parcela	Prof. (cm)	Textura			Clase Textural	Estructura	Grava (%)	Dap (g/cm <sup>3</sup> )	P (%)
		%A	%L	%Y					
Cultivo	0 – 20	74.00	6.16	19.84	FYA	Débil	30	1.60	39.62
	20 – 40	78.00	4.00	18.00	FYA	Débil	20	1.50	43.39
Descanso	0 – 20	68.00	12.00	20.00	FYA	Débil	40	1.60	39.62
	20 – 40	78.00	2.00	20.00	FYA	Débil	30	1.50	43.39
Thólar	0 – 20	68.40	11.60	20.00	FYA	Débil	40	1.70	35.84
	20 – 40	72.00	8.00	20.00	FYA	Débil	20	1.60	39.62

**Fuente:** Elaboración Propia en Base a Resultados de Laboratorio, Gestión Agrícola 2009 – 2010.

El pH de los suelos varía de neutro a suavemente alcalino (FAUTAPO, 2008), en el horizonte superficial y en el sub suelo como moderadamente alcalino, como se puede observar en la tabla 10, pese a esto existe disponibilidad de nutrientes para las plantas.

La CE en el horizonte superficial es menor a 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  por tanto no se tiene problemas de sales, sin embargo en el sub suelo la parcela con cultivo supera los 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (246  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y se clasifica como ligeramente salino, pese a tener la misma condición textural.

La CIC del horizonte superficial es moderada (13.25 a 14.75  $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ ), existiendo un adecuado intercambio de agua y nutrientes con las plantas, este contenido puede estar relacionado a las altas aplicaciones de estiércol (Peñaranda, 2003). Con relación al contenido de Ca, este es moderado de acuerdo a FAUTAPO y alto según Villarroel, es útil señalar que este nutriente favorece la estructuración del suelo (Sainz, 2011).

El contenido de Mg varía de bajo a moderado tanto en la clasificación de FAUTAPO y Villarroel, es necesario mencionar que la deficiencia de este nutriente está relacionada a la textura. El contenido de Na es moderado, lo que es bueno porque en altas cantidades provoca daños en las propiedades físicas y químicas (Sainz, 2011). El contenido de K es moderado, éste cumple varias funciones entre las cuales está el balance de agua.

**Tabla 11. Propiedades Químicas Parcelas de Piedemonte**



Parcela	Prof. (cm)	pH 1:2.5		CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Cationes Intercambiables $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$				CIC $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$
		H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
Cultivo	0 – 20	8.07	7.44	17.67	11.68	2.08	0.45	0.44	14.75
	20 – 40	8.10	7.60	246.00					
Descanso	0 – 20	8.34	7.50	17.92	12.24	1.45	0.43	0.44	14.64
	20 – 40	8.00	7.60	3.27					
Thólar	0 – 20	7.45	6.85	8.57	8.57	3.32	0.54	0.74	13.25
	20 – 40	7.90	7.60	3.79					

**Fuente:** Elaboración Propia en Base a Resultados de Laboratorio, Gestión Agrícola 2009 – 2010.

- **Planicie**

Los suelos de planicie, presentan contenidos de arena que superan los 50% en el horizonte superficial, bajos de arcilla (14 a 16%) y de limo (10 a 26%), presentando condiciones apropiadas para la producción de quinua (Villarroel, 1988). En el sub suelo los contenidos de arena están por debajo de 50% y por tanto presentan una mejor capacidad de retención de agua que favorece a la producción del cultivo (Jaldin, 2010).

La estructura es clasificada de moderada a fuerte, por tanto existe una formación y unión de agregados relativamente estable (Orsag, 2010), esto ocurre por el mayor contenido de arcillas y MO (Sainz, 2011). La cantidad de grava varía de 20 a 25%, es menor al resto.

La densidad aparente se clasifica de mediana a alta en el horizonte superficial (FAUTAPO, 2008), lo cual incide directamente sobre la porosidad que es inferior a 50% por tanto es escasa. En el sub suelo la densidad aparente es menor (1.3 a 1.4 g/cm<sup>3</sup>) por lo tanto la porosidad es mayor a 50%, aunque no es muy alta, sin embargo dentro de todas las parcelas de estudio estas presentan mejores condiciones (tabla 12).

**Tabla 12. Propiedades Físicas, Parcelas de Planicie**



Parcela	Prof. (cm)	Textura			Clase Textural	Estructura	Grava (%)	Dap (g/cm <sup>3</sup> )	P (%)
		%A	%L	%Y					
Cultivo	0 – 20	76.00	10.00	14.00	FA	Moderado	25	1.50	43.39
	20 – 40	50.00	20.00	30.00	FYA	Moderado	>20	1.40	47.17
Bofedal	0 – 20	58.00	26.00	16.00	FA	Fuerte	25	1.40	47.17
	20 – 40	44.00	26.00	30.00	FYA	Fuerte	>20	1.30	51.00

**Fuente:** Elaboración Propia en Base a Resultados de Laboratorio, Gestión Agrícola 2009 – 2010.

El pH es moderadamente alcalino en el horizonte superficial y repercute en la disponibilidad de nutrientes, porque predominan los fosfatos de calcio y existe una disminución del boro (Villarreal, 1988). En el sub suelo varía de suavemente a moderadamente alcalino, presentándose el mismo problema.

La CE en el horizonte superficial es superior a 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la parcela con cultivo (481  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y se clasifica (FAUTAPO, 2008) como moderadamente salino con problemas de sales, por la mayor cantidad de arcilla que presenta, la misma que retiene de mejor manera los cationes. En el sub suelo las dos parcelas (4.04 y 0.96  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), no presentan este problema, es conveniente mencionar que hasta una profundidad de 30cm, ocurre el mayor desarrollo radicular (Rodríguez, 1991), del cultivo de quinua.



La CIC se clasifica como moderada, (FAUTAPO, 2008) en la parcela con cultivo ( $16.20 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ) y muy alta (Villarroel, 1988) en el bofedal ( $87.19 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ), esto nos indica que las mejores condiciones de intercambio están relacionadas al contenido de arcilla y MO, que permiten una mejor retención de cationes y moléculas de agua en los suelos que favorecen el desarrollo del cultivo (Orsag, 2010), lo mismo que se manifestó en los altos rendimientos que tuvo la parcela con cultivo.

El contenido de Ca según FAUTAPO (2008), se clasifica como medio, sin embargo de acuerdo a Villarroel (1988), es alto, de estas dos clasificaciones nos quedamos con la última debido a que el Ca ayuda a la estructuración y estos suelos poseen una estructura moderada a fuerte. El Mg en los suelos varía de medio a alto, este buen contenido está relacionado al contenido favorable de arcilla que poseen.

El contenido de Na (tabla 13), es bajo en la parcela con cultivo y moderado en el bofedal, siendo esto favorable porque en altas cantidades produce problemas en la disponibilidad de agua para las plantas, compitiendo por este elemento (Sainz, 2011). El K es alto en la parcela con cultivo y muy alto en el bofedal, favoreciendo así el balance de agua.

**Tabla 13. Propiedades Químicas Parcelas de Planicie**



Parcela	Prof. (cm)	pH 1:2.5		CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Cationes Intercambiables $\text{cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$				CIC $\text{cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$
		H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
<b>Cultivo</b>	0 – 20	8.28	7.78	481.00	11.29	3.90	0.18	0.73	16.20
	20 – 40	7.80	7.50	4.04					
<b>Bofedal</b>	0 – 20	8.26	7.95	2.48	11.21	5.59	0.39	2.48	87.19
	20 – 40	7.70	7.70	0.96					

**Fuente:** Elaboración Propia en Base a Resultados de Laboratorio, Gestión Agrícola 2009 – 2010.

En síntesis se ha podido determinar que estos suelos presentan problemas con la retención de agua y nutrientes, por los altos porcentajes de arena, las escasas aplicaciones de estiércol, además son susceptibles a la erosión y más aun cuando existe una producción intensiva en monocultivo que trae un efecto contraproducente sobre la estabilidad de los suelos en entorno a su productividad.



### 5.1.3. Variación del Almacenamiento de Agua en los Suelos

Los contenidos de humedad en los suelos de la comunidad de Irpani en general como en gran parte del Altiplano, están íntimamente relacionados a la precipitación pluvial (Orsag, 1989), por otro lado el almacenamiento y disponibilidad de agua en los suelos está en función a sus características físicas, químicas y biológicas.

#### 5.1.3.1. Almacenamiento de Agua en Parcelas de Quinua, Descanso y Testigo

##### Ladera

En general en esta unidad (gráfico 5), la parcela con cultivo presenta los menores almacenamientos de agua (16.46mm) durante el estudio, este menor contenido se atribuye al requerimiento de parte de las plantas, que para prosperar necesitan entre 250 a 500 mm/anuales (García, 1991), otro aspecto es la siembra en hoyos, sin una remoción profunda que dificulta la infiltración (Orsag, 2010), a esto se suma la elevada pendiente.

La parcela en descanso presenta mayor almacenamiento (18.9mm) en relación al tholar (14.3mm), esto puede atribuirse a varios aspectos entre los cuales se puede mencionar a la remoción del suelo, porque en la pradera no existió intervención humana (Jaldin, 2010). En general la parcela en descanso y el tholar presentan un mayor almacenamiento en relación al cultivo.

Por ello es necesario mencionar que aunque el cultivo de quinua puede prosperar en condiciones de extrema aridez (Raes, *et al* 2011), no puede producir de manera efectiva, es preciso señalar que aunque existe almacenamiento de agua, este se pierde por las condiciones climáticas y edafológicas (Sainz, 2011). Además de acuerdo a bibliografía se conoce que la quinua produce mejor en condiciones favorables de agua y materia orgánica (García, 1991 y Huanca, 2010).

Lo preocupante es que el agua se pierde más fácilmente, efecto de la escasa cobertura vegetal, sobre todo en parcelas en descanso (Herve, 1994), sin embargo en ladera existe una relativa reposición de cobertura, así mismo existe alrededor tholas que de alguna manera mitigan el efecto de la evaporación. Las mayores pérdidas en general, se dan precisamente en los meses que no existe precipitación.

## **Piedemonte**

De acuerdo al gráfico 6, se puede observar que durante el ciclo agrícola la dinámica del almacenamiento de agua en piedemonte, estuvo influenciada por la precipitación pluvial, el estado del suelo y requerimiento del cultivo. Esto puede observarse claramente en relación al mayor contenido de agua que se presentó en el mes de febrero (22.6, 21.5, 17.6mm de agua), donde existió una mayor precipitación (140.72mm/mes).

Otro factor son las características texturales, aunque todas las parcelas presenten la misma clasificación, a pesar de esto unas presentaron mayor contenido de arena que otras, la cual impide que exista una mejor retención de agua (Sainz, 2011), por una mayor pérdida por escurrimiento y evaporación (Villaruel, 1988)

La parcela de cultivo presentó un mayor almacenamiento promedio (18.06mm de agua), que es superior a la parcela en descanso y al tholar, este mayor contenido se atribuye al estado del suelo (barbecho con arado de disco) que se encontraba suelto y por tanto de fácil infiltración (Orsag, 2010), además contaba con cobertura vegetal que impedía que el agua se evapore más libremente a la atmósfera (Inda, 2010).

Se pudo constatar que resultados similares se presentaron en el trabajo realizado por Inda dos años atrás en la misma unidad, pero no en las mismas parcelas, de la misma manera el mayor almacenamiento de agua en parcelas con cultivo, solo se presenta en piedemonte ya que en las otras dos unidades de estudio el contenido es menor.

El tholar presentó un menor almacenamiento promedio con relación al cultivo (14.9mm de agua), se atribuye esto a los problemas de compactación (Orsag, 1989) que se reflejan por la alta densidad aparente ( $1.7 \text{ g/cm}^3$ ) y la baja porosidad (36%), además la pradera cuenta con especies nativas que requieren de agua para sobrevivir (Valdivia, 1998).

La parcela en descanso presenta el almacenamiento más bajo (14.8mm), por efecto de la escasa cobertura vegetal, que no permite la retención de agua (FAUTAPO, 2008). Este aspecto se repite en todas las parcelas en descanso de planicie y piedemonte, donde se deja al suelo prácticamente sin cobertura vegetal, además es necesario mencionar que la evaporación del Intersalar es alta (Vallejos, 2010), con relación a la precipitación pluvial.

## **Planicie**

Como se puede observar de acuerdo al gráfico 7, la variación del almacenamiento de agua en esta unidad es mayor en relación a las otras unidades de paisaje, esto puede atribuirse a las mejores condiciones de arcilla y vegetación (Orsag, 2010) que presentan los suelos (arena inferior a 76%, arcilla es superior a 16%).

La precipitación pluvial, el estado de los suelos y la vegetación (Orsag, 2010), son los factores que determinan el almacenamiento, a menor precipitación (0.25mm/mes), menor almacenamiento (7.3 y 16.2mm de agua). Así mismo otro factor importante es el requerimiento de agua por parte del cultivo (250 a 500mm/anales, García, 1991), que se manifestó en la parcela con quinua cuyas plantas alcanzaron una altura superior a dos metros y por tanto un menor almacenamiento promedio (18mm de agua).

El almacenamiento también estuvo influenciado por las condiciones físicas del suelo, por ejemplo la densidad aparente es superior al bofedal ( $1.5 - 1.4\text{g/cm}^3$ ), señalando que presenta problemas de compactación por el uso de maquinaria agrícola (FAUTAPO, 2008), a esto se suma la pérdida de agua efecto de la transpiración de las plantas (Michel, 2002).

Como ya se ha mencionado el bofedal presenta el mayor almacenamiento (38.7mm de agua), no solo dentro de esta unidad sino dentro de todas las parcelas de estudio, efecto de las características hidromórficas y de humedad (Mamani, 2000), de la pradera nativa.

Es preciso mencionar que aunque el bofedal presenta excelentes condiciones en sus propiedades físicas y químicas (Jaldin, 2010), estas se pueden perder, cuando son empleados en la agricultura, lo que se refleja en la parcela con cultivo que era parte del bofedal y perdió de manera acelerada sus propiedades, en tan solo dos años (roturado y establecimiento del cultivo).

Asimismo no solo los bofedales, también los tholares, cuando estos son arados para la producción en monocultivo, pierden la capacidad de regenerarse rápidamente (Joffre, 2008), se ha mencionado incluso que las tholas tardan de 11 a 15 años en alcanzar un tamaño aceptable, para lograr cubrir el suelo (Valdivia, 2008), y solo estas especies se adaptan a las condiciones desfavorables del Altiplano Sur (Sainz, 2011).

### 5.1.3.2. Comparación del Almacenamiento de Agua entre Unidades de Paisaje

#### Comparación de la Variación de la Humedad del Suelo entre Parcelas con Quinua

Realizando una comparación entre parcelas de quinua de las tres unidades de paisaje, con el fin de determinar el efecto del sistema de producción, sobre el almacenamiento.

Se pudo determinar que la parcela ubicada en piedemonte presento un mayor almacenamiento de agua (18.1mm), le sigue planicie con 18.0mm de agua, estos valores están relacionados con el barbecho convencional y uso de maquinaria agrícola, que favoreció la infiltración de agua (Orsag, 2010), que resulto mas difícil en ladera por la pendiente pronunciada y el barbecho tradicional, con herramientas menores (tabla 14).

A través de esta comparación se puede señalar, que el tipo de barbecho presenta una gran influencia sobre el almacenamiento de agua (Orsag, 1989), quiere decir que sin una remoción profunda, no existe una buena capacidad de almacenamiento, como se presento en ladera (12.9mm de agua).

**Tabla 14. Comparación del Almacenamiento de Agua (mm), en Parcelas de Quinua entre Unidades de Paisaje.**

Unidad de Paisaje	Almacenamiento Promedio de Agua (mm) a una Profundidad de 0 a 20cm					
	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Ladera	14.7	14.3	20,7	15.5	6.3	6.2
Piedemonte	23.0	18.8	22.6	23.3	7.4	13.3
Planicie	23.0	18.8	22.6	23.2	7.3	13.3

**Fuente:** Elaboración Propia en Base a Resultados de Campo y Laboratorio (2009 – 2010).

#### Comparación de la Variación de la Humedad del Suelo en Parcelas en Descanso.

El almacenamiento de agua en las parcelas en descanso estuvo influenciado por la pendiente, textura y la cobertura vegetal. Aunque ambas parcelas presentan el mismo tiempo de descanso (1año), existió, mayor almacenamiento en ladera (17.8mm de agua) en relación a piedemonte (14.9mm de agua). Esta comparación está directamente relacionada al manejo de parcela de acuerdo al sistema de producción, tal cual ocurrió en piedemonte donde la parcela se encontraba sin cobertura vegetal y por tanto más susceptible a una libre evaporación de agua a la atmosfera (Sainz, 2011).

Sin embargo en ladera (tabla 15), la pérdida de agua por efecto de la evaporación fue inferior, por contar la parcela con especies nativas que rodeaban la parcela y mitigaban los efectos, que no ocurrió en piedemonte por una producción intensiva (Orsag, 2010).

**Tabla 15. Comparación del Almacenamiento de Agua (mm), en Parcelas en Descanso**

Unidad de Paisaje	Almacenamiento Promedio de Agua (mm) a una Profundidad de 0 a 20cm					
	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Ladera	32.0	23.3	22.3	17.4	4.8	7.5
Piedemonte	8	20.6	21.5	22.5	6.4	10.2

**Fuente:** Elaboración Propia en Base a Resultados de Campo y Laboratorio (2009 – 2010).

Realizando una comparación general usando la estadística, se puede observar de acuerdo a la tabla 16, que las parcelas de planicie presentan los desvíos estándar más altos (11.5, 11.4mm), dentro del estudio. El bofedal presenta un CV inferior a 30%, estando dentro del rango de ser aceptado (Arteaga, 2010), las parcelas de descanso y testigo de piedemonte junto a la parcela con cultivo de planicie presentan un CV de 32%.

Con relación al promedio de almacenamiento, el bofedal presenta el mayor valor (41.6mm) y la parcela con cultivo de ladera el menor (16.5mm), el valor más alto en el estudio fue del bofedal (52.9mm) en el mes de febrero y el contenido más bajo se dio en la parcela cultivada de ladera (1.8mm) en el mes de abril.

Los suelos con mejores condiciones de arcilla y MO, presentan mejores condiciones de almacenamiento y retención de agua, que favorecen la producción de los cultivos.

**Tabla 16. Estadística Descriptiva**

Unidad de Paisaje	Parcela	Promedio (mm)	Ds	Valores Extremos (mm)		CV (%)
				Mínimo	Máximo	
Ladera	Quinoa	16.46	7.35	1.80	24.90	44.65
	Descanso	18.99	7.88	4.80	29.44	41.50
	Thólar	14.28	5.05	4.20	20.40	35.30
Piedemonte	Quinoa	20.01	8.50	7.36	27.84	42.40
	Descanso	18.18	5.90	6.40	25.60	32.40
	Thólar	17.24	7.20	3.06	28.90	32.20
Planicie	Quinoa	35.44	11.50	4.20	46.80	32.20
	Bofedal	41.59	11.40	16.52	52.92	27.40

**Fuente:** Elaboración Propia, basada en Mamani, 2003

### 5.1.3.3. Evapotranspiración del cultivo de Quinua

La determinación de la evapotranspiración del cultivo (Etc) es de suma importancia, para lograr establecer las pérdidas de agua por parte de la planta y el suelo (Michel, 2002), así mismo, permite conocer si el agua producto de las precipitaciones pluviales cubren los requerimientos de parte del cultivo (Sainz, 2011).

La evapotranspiración (Eto) depende fundamentalmente de las plantas y del contenido de agua en el suelo, por ello se puede afirmar que el crecimiento y la productividad están directamente relacionadas a la disponibilidad de agua y que este es el factor más crítico para la supervivencia, crecimiento y desarrollo final del cultivo (Tuñón, 2000). Quiere decir que esta necesidad se refiere a la cantidad de agua requerida para compensar la pérdida por la evaporación y transpiración (Choquecallata, 1993).

En la tabla 17, se puede observar que existió una mayor Etc en la parcela de planicie, esto puede deberse a dos aspectos, el primero de ellos está relacionado con la radiación y la pendiente, el segundo con las condiciones de follaje (Jaldin, 2010).

Le sigue la parcela ubicada en ladera y finalmente se encuentra la parcela de piedemonte, es necesario señalar que existió mayor Etc en todas las parcelas en la etapa de floración, justamente en esta etapa existió una mayor precipitación (140.7mm/mes), sin embargo como mencionamos anteriormente las precipitaciones pluviales no cubrieron los requerimientos de agua para cumplir la evaporación y la transpiración (Tuñón, 2000).

**Tabla 17.** Evapotranspiración del cultivo de las tres unidades de paisaje

Evapotranspiración del cultivo (mm/mes)				
Mes	PP (mm)	Ladera	Piedemonte	Planicie
Diciembre	38.77	127.72	124.31	143.22
Enero	56.98	151.90	146.32	221.65
Febrero	140.72	159.04	153.72	173.24
Marzo	12.17	147.60	140.40	150.90

**Fuente:** Elaboración Propia, en Base a Datos obtenidos en la Gestión Agrícola 2009 – 2010.

De acuerdo a Vallejos (2010) en el año 2008 en el municipio de Salinas de Garci Mendoza se registro una Eto de 1667.6 mm/año, en todo el estudio la parcela de ladera registro 600.46mm, la parcela de piedemonte 570.07mm y planicie 669.49mm, todas superiores a la precipitación pluvial.

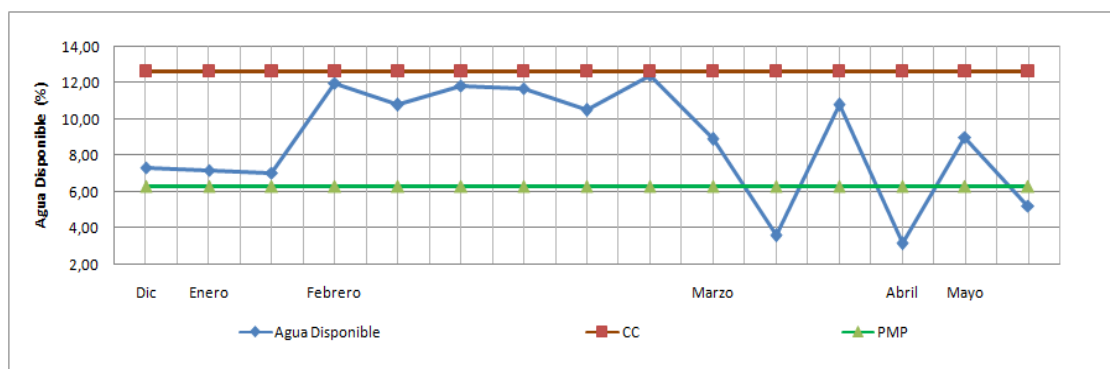
Recordemos que dentro de un balance hídrico se toma a la precipitación y al riego como entradas (García, 1991), sin embargo la quinua en el Intersalar depende fundamentalmente de las lluvias (Jaldin, 2010) para prosperar. Para calcular la Etc, se uso el Kc (valor morfo-fisiológico de la quinua) obtenido por Choquecallata (1993), que se multiplico con la Eto, que distinguen la Etc y la superficie de referencia (Vallejos, 2010).

#### 5.1.3.4. Variación de la Disponibilidad de Agua para la Planta

- **Ladera**

La disponibilidad de agua en ladera (gráfico 8), se encuentra entre el PMP y la CC durante la mayor parte del estudio, sin embargo se puede observar que durante las mayores precipitaciones (febrero), la disponibilidad de agua se acerca mucho más a la CC y en los meses con escasa o nula precipitación, se encuentra por debajo del PMP.

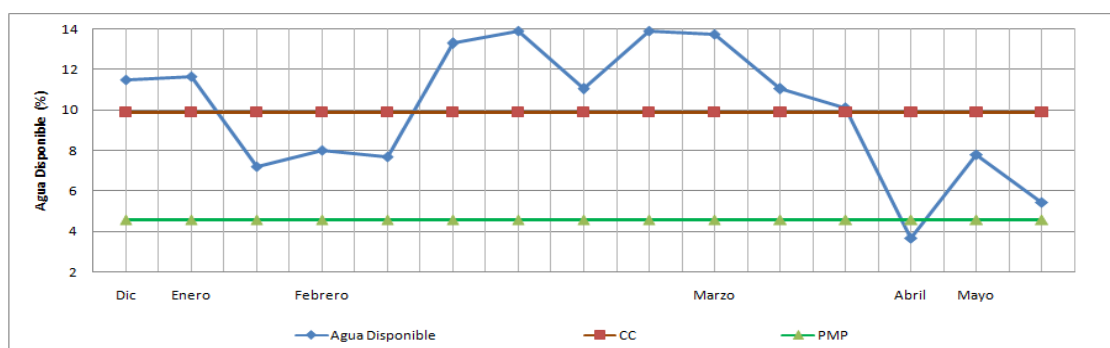
Es conveniente mencionar que en los meses de diciembre y enero la disponibilidad de agua se encuentra cerca del PMP, indicando que existió un problema de estrés para las plantas (Sainz, 2011), sin embargo los suelos de la parcela no tienen problemas de sales y por tanto no existe dificultad en la absorción de agua (Jacobsen, 1999), el problema radicaría en las escasas precipitaciones y la pendiente pronunciada que no permite una buena infiltración (Orsag, 2010).



**Gráfico 8.** Disponibilidad de Agua en relación a la CC y PMP, Irpani –Ladera (2009 – 2010)

- **Piedemonte Cultivo**

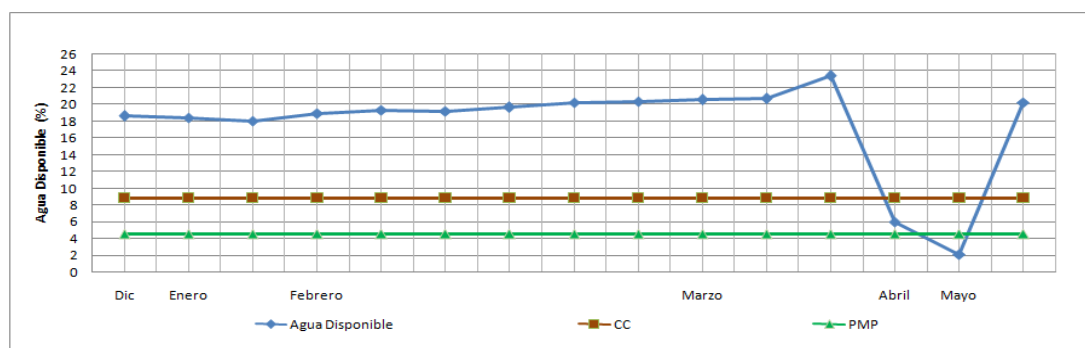
La disponibilidad de agua (gráfico 9), por lo general se encuentra sobre la CC en los meses con mayor precipitación y por debajo del PMP cuando no existe precipitación (Rodríguez, 1991). A pesar de presentar agua disponible para la planta, no se obtuvieron buenos rendimientos en la producción, que puede estar relacionado al corto descanso (Herve, 1994) y la poca capacidad de retención de agua por presentar el suelo altos % de arena que superan el 74% (Sainz, 2011).



**Gráfico 9.** Disponibilidad de Agua en relación a la CC y PMP, Irpani – Piedemonte (2009 – 2010)

- **Planicie Cultivo**

En planicie (gráfico 10), existió disponibilidad de agua en la mayor parte del estudio, excepto en el mes de abril donde no hubo lluvias, en esta fecha el cultivo estaba ya en madurez fisiológica y por tanto no requería agua (Rodríguez, 1991). La buena disponibilidad se reflejó en los altos rendimientos por parcela, favorecieron los altos contenidos de arcilla y el tipo de barbecho (Jacobsen, 1999). De acuerdo a una comparación con el trabajo escrito por Inda y Huanca (2010), se puede mencionar que la quinua llega a encontrarse en una situación crítica sin lluvia.



**Gráfico 10.** Disponibilidad de Agua en relación a la CC y PMP, Irpani – Planicie (2009 – 2011)



## 5.2. Variación de los Contenidos de la Materia Orgánica y Nutrientes (N, P y S)

Para la evaluación del contenido de MO y nutrientes (nitrógeno, fósforo y azufre) en las tres unidades de paisaje, dentro de un sistema tradicional y convencional, se ha tomado en cuenta los estudios realizados por FAUTAPO, 2008 y otros autores.

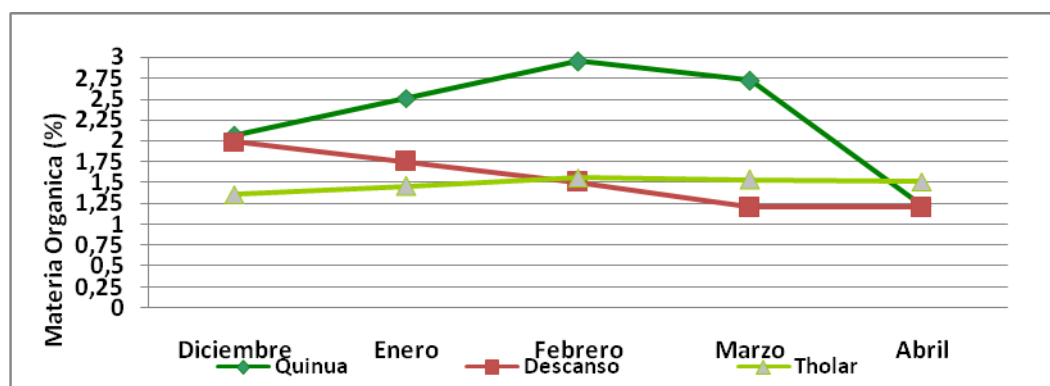
### 5.2.1. Materia Orgánica

Los suelos ubicados en esta región (semiárida a árida) y con condiciones climáticas características (baja precipitación y bajas temperaturas medias), influye en la producción de biomasa y su descomposición, a esto se suma, la práctica de monocultivo de la quinua, escasa reposición de nutrientes.

- **Ladera**

El contenido de MO, estuvo directamente relacionado con la incorporación de estiércol (Sainz, 2011), por ello durante el estudio la parcela con cultivo presentó el mayor contenido promedio (2.6%) a excepción del mes de abril (1.2%), porque se aplicó estiércol en una cantidad de 5.2kg, de forma localizada mezclando 100g de estiércol con la semilla para cada hoyo en toda la parcela.

El contenido más bajo lo presenta la parcela en descanso y puede atribuirse al desgaste del suelo por anteriores gestiones con cultivo y al corto descanso (Herve, 1994). Sin embargo las tres parcelas presentan un contenido muy bajo (<a 2,8% de acuerdo a la evaluación de resultados Spectrolab, 2007), evitando una mejor producción (gráfico 11).



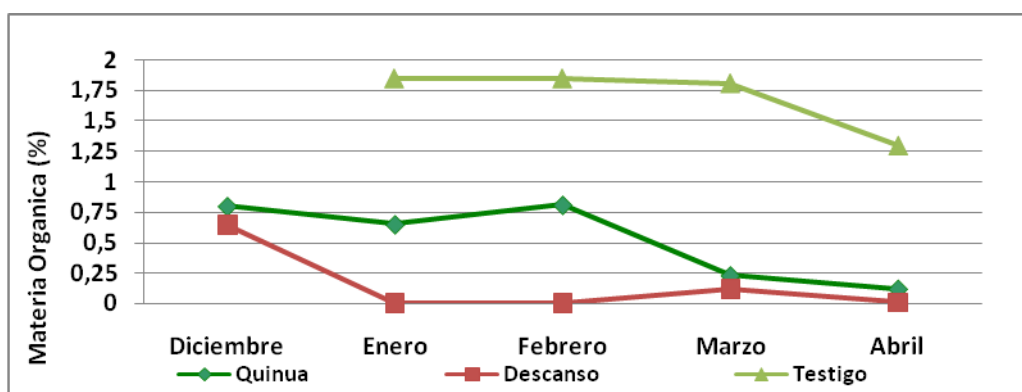
**Gráfico 11.** Comparación de la variación del contenido de MO (%) en parcelas con Quinua y Descanso y Tholar, en Irpani –Ladera (2009 – 2010)

- **Piedemonte**

Los suelos de la unidad presentan contenidos de MO muy bajos (< a 2,8% Spectrolab, 2007). Especialmente la parcela con cultivo (0.47%) y más dramáticamente en el mes de abril (0.18%), mes donde el cultivo estaba ya cosechado (FAUTAPO, 2008), la parcela recibió una aplicación de 1800kg de estiércol en el barbecho, que posiblemente requería más tiempo para mineralizarse y proveer a las plantas de nutrientes.

Solamente la parcela testigo presenta un contenido promedio de MO de 1.7%, que es superior al resto de las parcelas. Los bajos contenidos de MO se repiten de manera más preocupante en la parcela en descanso que en promedio presenta un contenido de 0.2%, este bajo contenido puede ser el resultado del poco tiempo de descanso (Herve, 1994) y la no aplicación de cobertura vegetal.

A través de los resultados se puede señalar que aunque exista aplicación de estiércol, si el suelo no tuvo un tiempo favorable de descanso (5 a 6 años, Joffre, 2008) y no estuvo protegido de los fuertes vientos (Orsag, 2010), no tiene la capacidad de presentar buenos rendimientos, porque ha ido perdiendo su fertilidad natural (gráfico 12).

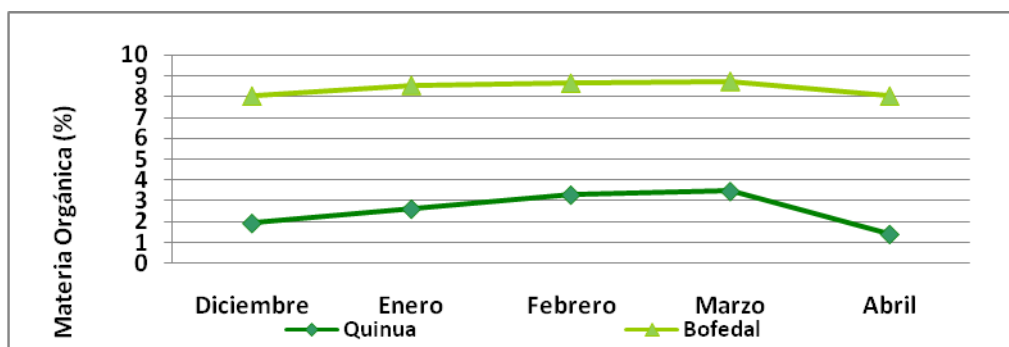


**Gráfico 12.** Comparación de la variación del contenido de MO (%) en parcelas de Quinua, Descanso y Tholar, en Irpani – Piedemonte (2009 – 2010)

- **Planicie**

Los suelos de esta unidad presentan los mayores contenidos de MO, con relación al resto de parcelas. Sin embargo la parcela con cultivo se encuentra con un contenido bajo (2.5%), lo cual es preocupante ya que perdió sus buenas propiedades físicas y químicas en tan solo dos años, quiere decir roturado primeramente y establecimiento del cultivo.

El mayor contenido de MO de las ocho parcelas lo presenta el bofedal (8.4%), superando a la parcela con cultivo en un 5.9%, es necesario mencionar que de acuerdo a Villarroel (1988), este contenido es muy alto, por lo cual una vez más se puede mencionar que los bofedales son praderas nativas con excelentes características (Jaldin, 2010), pero que si se los emplea para la producción pierden fácilmente sus propiedades (gráfico 13).



**Gráfico 13.** Comparación de la variación del contenido de MO (%) en parcelas de Quinua y Bofedal, en Irpani – Planicie (2009 – 2010)

### 5.2.2. Nitrógeno

La cantidad de nitrógeno está íntimamente relacionado con el contenido de MO, por proveer en un 95% de nitrógeno total (Chilon, 1997) y el resto de fuentes inorgánicas (aire y el agua de lluvia), una parte se volatiliza y lixivía por ser muy dinámico y variable.

- **Ladera**

En general que el contenido de nitrógeno total en esta unidad es muy bajo (<0.20%) y más aun en la parcela con cultivo que en promedio es de 0.048%, estando por debajo de la parcela en descanso (0.05%) y el tholar (0.07%), lo cual puede deberse a la aplicación escasa de estiércol (5.2kg) y a que los suelos de la zona son pobres en contenido de nitrógeno (FAUTAPO, 2008).

El tholar presenta el mayor contenido, que puede atribuirse a las especies leguminosas y gramíneas que lo componen ((Añahuaya (*Adesmia miraflorensis*), Burru Thola (*Baccharis boliviensis*), Kanlli (*Tetraglochin cristatum*), Ñak'a Thola (*Baccharis incarum*), Oqhe Thola (*Chersodoma iodopappa*), Phokh'ó Thola (*Parastrephia lepidophylla*), Thankara (*Dunalia brachyacantho*), Uno Thola, (*Parastrephia lucida*)) que favorecen un mayor contenido de nitrógeno (Valdivia, 1998), por ser fijadoras.

Es necesario recordar como ya se menciona anteriormente que la MO juega un papel importante en el contenido de nitrógeno (Villarroel, 1988), de acuerdo a un análisis de estiércol de llama realizado por el proyecto QUINAGUA (2006), se ha podido determinar que cuenta con un 0.46% y por tanto es una fuente fundamental (Tabla 18).

**Tabla 18.** Comparación de la Variación del Contenido de Nitrógeno Total (%), Ladera

<b>Meses</b>	Quinua	Descanso	Tholar
	<b>NT (%)</b>	<b>NT (%)</b>	<b>NT (%)</b>
Diciembre	0.05	0.05	0.06
Enero	0.05	0.04	0.06
Febrero	0.05	0.04	0.05
Marzo	0.05	0.06	0.08
Abril	0.04	0.06	0.10

**Fuente.** Elaboración propia, basado en datos de campo y laboratorio (2009 – 2010)

- **Piedemonte**

El contenido de nitrógeno total en la unidad es muy bajo (< a 0.20%, Spectrolab, 2007), como se puede observar en la tabla 19. La parcela con cultivo y el tholar presentan el mismo contenido promedio (0.05%), esta igualdad puede atribuirse a la aplicación de estiércol (3600 kg) en la parcela con quinua en el barbecho y por tener el tholar, especies leguminosas (Valdivia, 1998), que fijan este nutriente.

El contenido más bajo se presenta la parcela en descanso (0.03%), efecto del corto descanso, la no aplicación y reposición de nutrientes al suelo (Herve, 1994), que son fundamentales para la conservación de este recurso (Orsag, 2010).

**Tabla 19.** Comparación de la Variación del Contenido de Nitrógeno Total (%), Piedemonte

<b>Meses</b>	Quinua	Descanso	Tholar
	<b>NT (%)</b>	<b>NT (%)</b>	<b>NT (%)</b>
Diciembre	0.05	0.05	
Enero	0.06	0.05	0.05
Febrero	0.07	0.04	0.05
Marzo	0.05	0.03	0.03
Abril	0.03	0.01	0.05

**Fuente.** Elaboración propia, basado en datos de campo y laboratorio (2009 – 2010)

- **Planicie**

El contenido promedio de nitrógeno total es muy bajo (<0.20% Spectrolab, 2007), pero dentro de todas las parcelas de estudio presenta los más altos. Dentro de las dos parcelas el menor contenido se presenta en la parcela con cultivo (0.09%), en relación al bofedal (0.12%) el cual puede estar relacionado al uso de este nutriente por las plantas, por ser esencial para su desarrollo (FAUTAPO, 2008).

En si los suelos del Altiplano presentan bajos contenidos de nitrógeno (Orsag, 2010), por tanto, la deficiencia de este nutriente puede atribuirse a su origen (Jaldin, 2010) y las condiciones de extrema aridez que no permiten el desarrollo de coberturas (tabla 20).

**Tabla 20.** Comparación de la Variación del Contenido de Nitrógeno Total (%), Planicie

<b>Meses</b>	Quinua	Bofedal
	<b>NT (%)</b>	<b>NT (%)</b>
Diciembre	0.11	0.17
Enero	0.05	0.11
Febrero	0.07	0.09
Marzo	0.09	0.11
Abril	0.11	0.13

**Fuente.** Elaboración propia, basado en datos de campo y laboratorio (2009 – 2010)

### 5.2.3. Fósforo

El contenido de fósforo, está estrechamente relacionado a la parte mineral y orgánica de los suelos, sin embargo de acuerdo a los resultados químicos (medianos a altos), este nutriente está más estrechamente relacionado a la MO del suelo y por lo tanto al estiércol que contiene 0.09% de fósforo (QUINAGUA, 2006).

- **Ladera**

Los contenidos promedios de fosforó disponible en la unidad son moderados quiere decir que varían de 7.1 – 15ppm (Spectrolab, 2007). Este moderado contenido puede deberse al origen volcánico y sedimentario (Villarroel, 1988), que tienen, no presentando problemas de deficiencia, sin embargo el cultivo de quinua requiere más de nitrógeno que de fosforó (FAUTAPO, 2008), para su desarrollo (tabla 21).

En el estudio el mayor contenido se presenta en la parcela en descanso (17.73ppm) en relación a la parcela cultivada (16.11ppm) y el tholar (12.71ppm), este mayor contenido puede estar relacionado a la posible mineralización del estiércol aplicado años a tras (Orsag, 2010) y a la reposición de cobertura vegetal en el suelo (FAUTAPO, 2008).

**Tabla 21.** Comparación de la Variación del Contenido de Fósforo Disponible (ppm), Ladera

Meses	Quinua	Descanso	Tholar
	(ppm)	(ppm)	(ppm)
Diciembre	23.10	19.40	13.40
Enero	15.90	18.54	11.80
Febrero	15.04	17.68	14.17
Marzo	14.18	15.22	12.79
Abril	12.33	17.81	11.41

**Fuente.** Elaboración propia, basado en datos de campo y laboratorio (2009 – 2010)

- **Piedemonte**

De acuerdo a la clasificación de Spectrolab (2007), el contenido de fósforo disponible, es moderado (7.1 – 15ppm) en las tres parcelas, sin embargo dentro de la unidad el cultivo presenta el mismo contenido (11.33ppm) que la parcela testigo (11.42ppm), el cual puede deberse a la aplicación de estiércol en el barbecho (tabla 22).

Los contenidos más bajos los presenta la parcela en descanso (8.69ppm). Conforme a los resultados se puede mencionar, que la pérdida de la fertilidad del suelo de la parcela en descanso es producto del monocultivo y la no reposición de nutrientes a través de coberturas vegetales (Orsag, 2010 y Sainz, 2011).

**Tabla 22.** Comparación de la Variación del Contenido de Fósforo Disponible (ppm), Piedemonte

Meses	Quinua	Descanso	Tholar
	(ppm)	(ppm)	(ppm)
Diciembre	13.30	7.00	
Enero	12.94	8.97	14.50
Febrero	12.57	10.94	11.94
Marzo	10.14	9.17	9.38
Abril	7.71	7.39	9.86

**Fuente.** Elaboración propia, basado en datos de campo y laboratorio (2009 – 2010)

- **Planicie**

De acuerdo a la clasificación de Spectrolab (2007), el contenido de fósforo disponible en la parcela con cultivo es alto (24.26ppm) y en el bofedal (31.77ppm) muy alto (>25.1), presentando los mayores valores, dentro de todas las parcelas de estudio (tabla 23).

Este mayor contenido se atribuye, a las condiciones texturales (Orsag, 2010), y a las características hidromórficas del bofedal (Jaldin, 2010). Es conveniente mencionar una vez más que los suelos de la zona del Intersalar no presentan deficiencia de fósforo.

**Tabla 23.** Comparación de la Variación del Contenido de Fósforo Disponible (ppm), Planicie

<b>Meses</b>	Quinoa	Bofedal
	<b>(ppm)</b>	<b>(ppm)</b>
Diciembre	27.90	28.50
Enero	26.02	34.19
Febrero	24.14	33.22
Marzo	22.45	32.25
Abril	20.79	30.68

**Fuente.** Elaboración propia, basado en datos de campo y laboratorio (2009 – 2010)

#### 5.2.4. Azufre

El azufre es un nutriente que está también relacionado a la MO y es importante por tener influencia sobre las proteínas, que favorecen al desarrollo de las plantas (Tapia, 1979), además es esencial para la formación de granos (Álvarez, 2006). Otra fuente de azufre son las precipitaciones pluviales y el riego (Cardozo y Martínez, 2000).

- **Ladera**

Dentro de la unidad los contenidos de azufre en todas las parcelas es bajo (<0.05%, según el laboratorio de análisis agrícola, 2006), el contenido más bajo lo presenta la parcela con cultivo (0.03%), esto puede atribuirse al requerimiento de parte de la planta para cumplir con la fotosíntesis, crecimiento radicular y formación de granos (Tapia 1979), que se manifiesta en el mes de abril porque el contenido sube a 0.04%, por estar el cultivo ya cosechado y el suelo sin más requerimientos que cumplir.

La parcela en descanso y el tholar presentan un comportamiento paralelo uno del otro, pero la parcela en descanso muestra un mayor contenido de azufre, que puede atribuirse a la mineralización del estiércol aplicado una gestión anterior (Orsag, 2010), y al poco requerimiento de parte de las especies nativas (Jaldin, 2010). Es preciso señalar que las parcelas de la unidad presentan los mayores contenidos en relación al resto (tabla 24).

**Tabla 24.** Comparación de la Variación del Contenido de Azufre (%), Ladera

<b>Meses</b>	Quinua	Descanso	Tholar
	<b>S (%)</b>	<b>S (%)</b>	<b>S (%)</b>
Diciembre	0.04	0.05	0.05
Enero	0.03	0.04	0.05
Febrero	0.03	0.04	0.04
Marzo	0.02	0.03	0.03
Abril	0.04	0.05	0.03

**Fuente.** Elaboración propia, basado en datos de campo y laboratorio (2009 – 2010)

- **Piedemonte**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio, se puede mencionar que los contenidos de azufre en piedemonte son bajos (<0.05%, laboratorio de análisis agrícola, 2006). Así también la parcela con cultivo presenta el mismo contenido promedio en relación al descanso (0.01%), esta igualdad puede atribuirse al requerimiento de parte de las plantas (cultivo) y a la lenta reposición en el suelo de descanso (Álvarez, 2006).

El tholar presenta el mayor contenido promedio de azufre (0.02%), producto del menor requerimiento de parte de las tholas en relación (Jaldin, 2010), a la quinua (tabla 25).

**Tabla 25.** Comparación de la Variación del Contenido de Azufre (%), Piedemonte

<b>Meses</b>	Quinua	Descanso	Tholar
	<b>S (%)</b>	<b>S (%)</b>	<b>S (%)</b>
Diciembre	0.02	0.01	
Enero	0.01	0.01	0.01
Febrero	0.01	0.01	0.01
Marzo	0.01	0.01	0.02
Abril	0.02	0.02	0.02

**Fuente.** Elaboración propia, basado en datos de campo y laboratorio (2009 – 2010)



- **Planicie**

De acuerdo a la clasificación de resultados del laboratorio de análisis agrícola (2006), el contenido de azufre en planicie es bajo (<0.05%), inclusive más bajo que en ladera, lo cual es sorprendente, porque en la primera se han presentado los mayores contenidos de MO, N y P. Este resultado puede estar relacionado a la unidad de paisaje (tabla 26).

Dentro de la unidad de estudio, el cultivo presenta el mayor contenido (0.02%), en relación al bofedal (0.01%), este mayor contenido puede atribuirse al roturado (suelo con cultivo), que permite una mejor infiltración de agua de lluvia (Tapia, 1977).

**Tabla 26.** Comparación de la Variación del Contenido de Azufre (%), Planicie

	Quinua	Bofedal
<b>Meses</b>	<b>S (%)</b>	<b>S (%)</b>
Diciembre	0.02	0.02
Enero	0.01	0.01
Febrero	0.01	0.01
Marzo	0.02	0.01
Abril	0.02	0.01

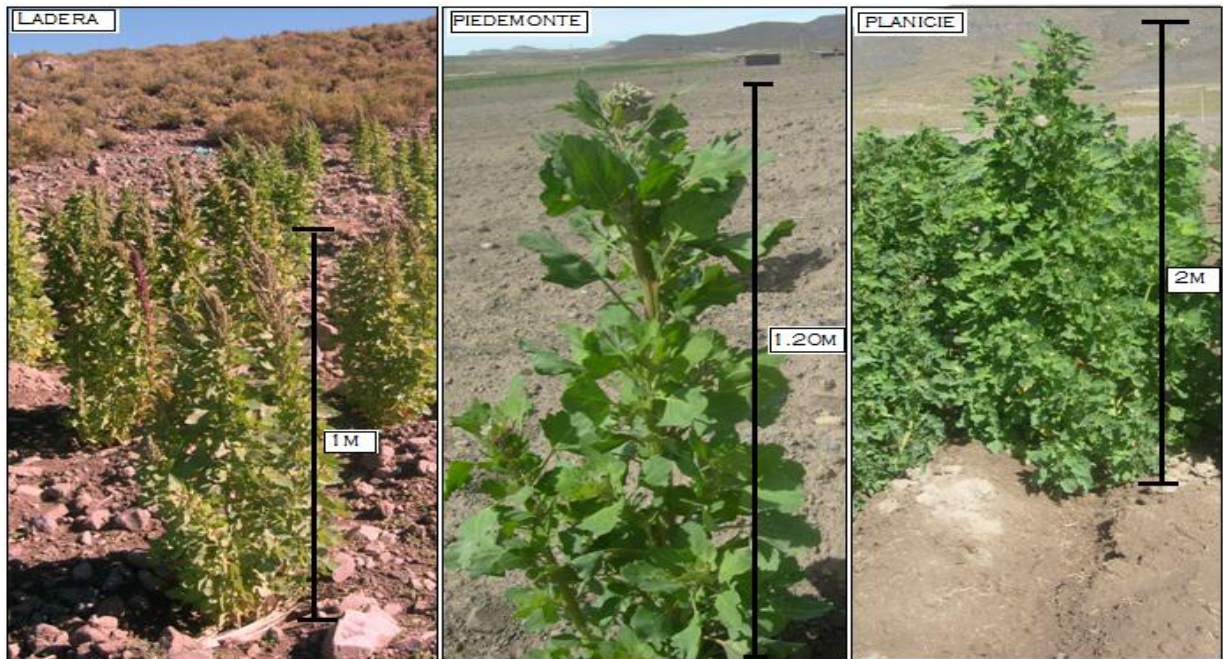
**Fuente.** Elaboración propia, basado en datos de campo y laboratorio (2009 – 2010)

### **5.2.5. Evaluación del Desarrollo y Rendimiento del Cultivo de Quinua con Relación a la Dinámica del Agua, Materia Orgánica y Nutrientes.**

El desarrollo del cultivo en cada unidad estuvo directamente relacionado a la dinámica del agua, MO y nutrientes en el suelo (Orsag, 2010). Es por ello que existió en general un mayor desarrollo vegetativo en planicie con relación a ladera y piedemonte, sin duda este es el efecto de las mejores condiciones que presentan sus suelos (Lara y Lenis, 1996).

Le sigue la unidad de piedemonte, donde las plantas alcanzaron en promedio una altura de 1.20m, así también solo prospero el 40% del total sembrado, efecto del desgaste de los suelos, la no retención de agua y MO por los altos contenidos de arena (Sainz, 2011).

En ladera las plantas alcanzaron 1m de altura en promedio, que por lo general es normal bajo estas condiciones (Inda, 2010), de remoción poco profunda (FAUTAPO, 2008), que no permite un desarrollo radicular favorable (figura 11).



**Figura 10.** Comparación del desarrollo vegetativo de tres unidades de paisaje (Ladera, Piedemonte y Planicie). Irpani – Salinas de Garci Mendoza, Oruro (2009 – 2010).

Así también el rendimiento de grano por hectárea, fue mayor en planicie (19.6qq/ha), efecto de las mejores condiciones de agua y materia orgánica que favoreció la producción (Lara y Lenis, 1996 y Jaldin 2010).

Le sigue ladera con 10.8qq/ha, sin embargo es necesario mencionar que los granos de esta unidad fueron mayores en diámetro, además es conveniente señalar que la quinua sembrada en cerros, manifiesta esta característica (Inda, 2010), por ello en el mercado tiene un valor más alto, que alcanza incluso los 850Bs/qq.

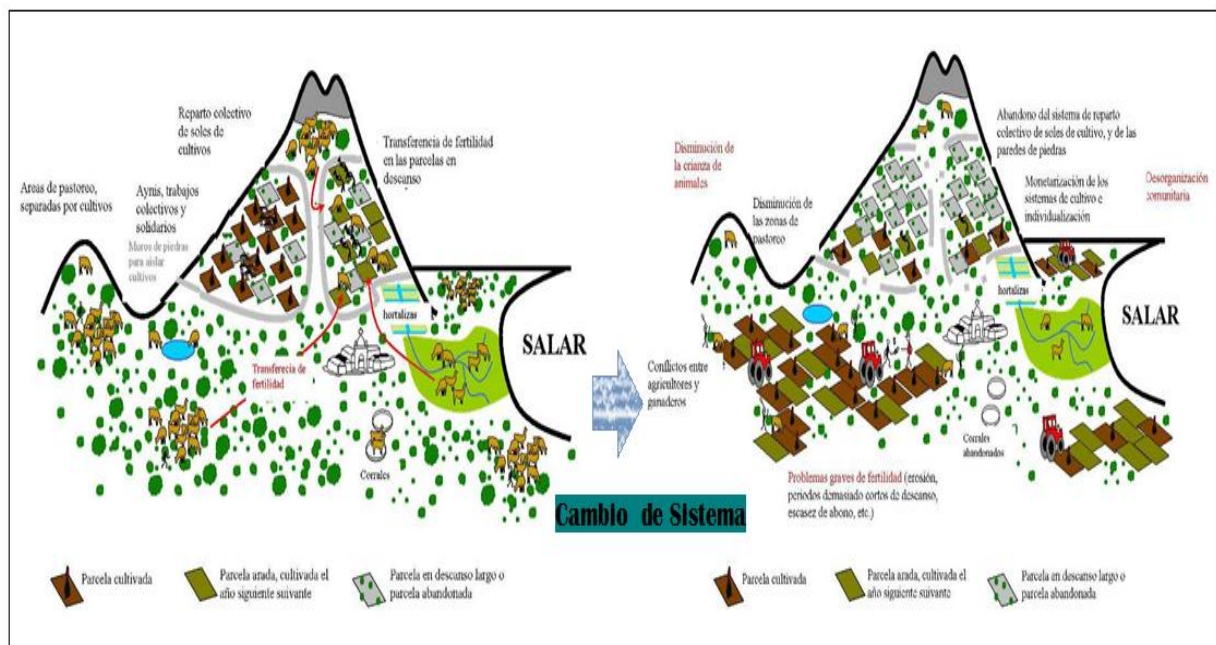
Los rendimientos más bajos se presentaron en piedemonte (3qq/ha), siendo consecuencia del desgaste del suelo por una producción en monocultivo, además del corto descanso (1 año) y las condiciones desfavorables de no reposición de cobertura vegetal (Orsag, 2010), al suelo.

Es necesario señalar que los resultados que se presentaron en piedemonte pese a la abundante aplicación de estiércol (3600kg), son la consecuencia de la producción intensa y no sostenible que se realiza en el Intersalar, que actualmente está generando un desequilibrio en el medio ambiente, además a través de los resultados se puede señalar que los suelos necesitan más años de descanso para recuperar sus propiedades.

### 5.3. Evaluación de los Sistemas de Producción de la Comunidad de Irpani

De acuerdo a datos obtenidos a través de una encuesta realizada en la comunidad de Irpani, se ha podido determinar que el sistema de producción denominado manual o tradicional equivale a un 31%, que en promedio de superficie es de 1.4ha por familia. Además cada agricultor posee parcelas en las laderas y por tanto aun está vigente la práctica de este sistema, incluso hay agricultores que solo realizan su producción en forma manual (como doña Candelaria Silvestre).

La producción bajo estas condiciones comprendía una interacción favorable con el medio ambiente, que permitía una estabilidad en el sistema agrícola y medioambiental (Gasselin y Laguna, 2007), porque no solo se apostaba a la agricultura sino también a la ganadería (Acosta, 2007), sin embargo desde los años 80 ha existido un cambio brusco en el sistema de producción (Jaldin, 2010), tal como se puede observar en la figura 12.

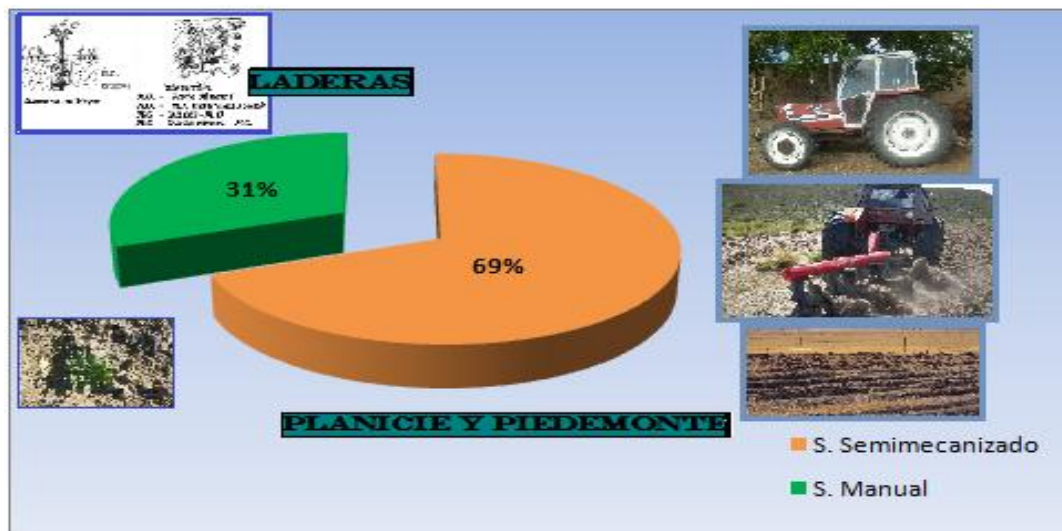


**Figura 11.** Transformación del Sistema de producción a partir de los años 90, Intersalar, fuente Félix y Villca, 2009.

Actualmente el sistema de producción semi-mecanizado (convencional), abarca un 69%, en la población y equivale a 3.1ha/familia, ubicándose principalmente, en piedemonte y planicie, este se caracteriza en el uso de tractor y su implemento de arado de discos, sembradora y venteadora.

De las 25 familias (entre estantes y residentes), 4 cuentan con tractor, arado de disco, sembradora, así mismo actualmente todos los agricultores que son socios del COPROQUIR, cuentan con venteadoras semi-mecanizadas.

A pesar de facilitar grandemente las labores agrícolas, el uso de tractor más su implemento de arado de disco está provocando que los suelos, sean mucho más susceptibles a la erosión, (Murillo y Chacolla, 2009), porque permiten que las partículas más finas (arcillas), queden expuestas a los vientos fuertes característicos de la zona de estudio (Orsag, 2010). A través de la figura 12, se puede observar como ambos sistemas de producción están distribuidos en la comunidad.



**Figura 12.** Distribución de los Sistemas de Producción. Irpani, Salinas de Garci Mendoza

De acuerdo a Jaldin (2010), el IBTA, introdujo la maquinaria en la zona, con la recomendación de solo utilizarse para el primer roturado y luego continuar las labores de barbecho con arado de cincel. Este aspecto fue conversado con uno de los agricultores (Don Bernardo Rodríguez), que manifestó que el arado de cincel se quebraba por la cantidad de piedras en parte superficial y el sub suelo, lo cual no ocurría con el arado de discos, que frente a este inconveniente solo giraba.

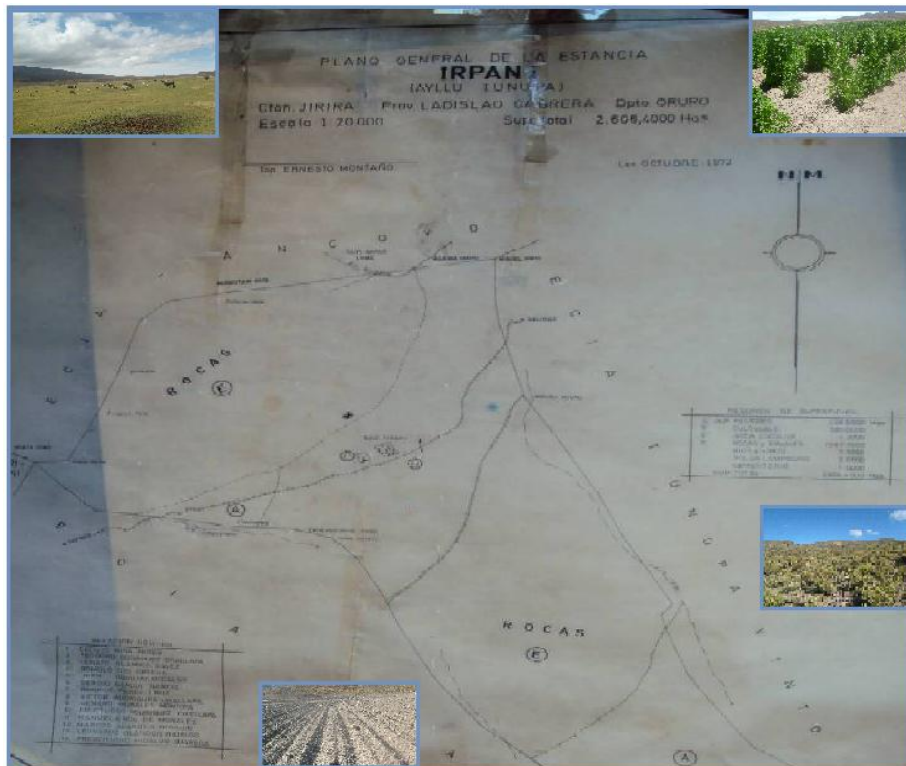
Los agricultores comprenden que la producción en este sistema (convencional o semi-mecanizado), está provocando problemas en la estabilidad de los suelos, pero no tienen alternativas de producción que puedan remplazar el sistema actual.



### 5.3.1. Evaluación del Manejo del Espacio de la Comunidad de Irpani

La comunidad, tiene una superficie total de 2606.4ha (figura 14), de la que se distribuye más de 580ha a áreas destinadas al cultivo y menos de 426ha son praderas nativas (entre tholares y bofedales).

Anteriormente se realizaba con mayor eficacia el sistema en mantas (Rodríguez, 2010), pero actualmente este sistema se ha visto afectado, por la mayor habilitación de áreas destinadas al cultivo (Jaldin, 2010) y también porque cada familia divide la superficie heredada o adquirida a sus hijos y así se repite de generación en generación. Y está provocando una disminución de los años de descanso (Félix y Villca, 2009).



**Figura 13.** Plano de la Estancia, Comunidad de Irpani y su distribución

A través de una encuesta se ha podido establecer que la superficie promedio de tierra por familia es de 6.5ha, que representa el 100%, de la cual se destina 4.5ha a la producción de quinua en una gestión agrícola, que equivale a un 69%, el resto son terrenos en descanso y parcelas que nunca han sido habilitadas para la agricultura que son parte de los tholares o del bofedal.

En la comunidad se ha construido un cerco que resguarda al bofedal, no permitiendo que se extienda la frontera agrícola, sin embargo existe una norma (Rodríguez, 2010), que establece la habilitación de este terreno si todos llegan a un consenso. Actualmente los agricultores que cuentan con ganado se oponen en diferencia con el resto.

Estas praderas nativas se destinan al ganado por ser un pilar fundamental para su alimentación, no teniendo otra fuente de alimento. Existe en promedio una tenencia de ganado por familia de camélidos de 65 cabezas y de ovinos de 56 (figura 15), cuyo sustento se encuentra en las praderas (Valdivia, 1998).

Así mismo a través de una comparación con el trabajo de Inda (2010) realizado en la misma comunidad, se ha podido establecer que la cantidad de agricultores con ganado camélido ha reducido de 8 a 6 en tan solo dos años y la cantidad de ganado ovino ha reducido de 69 a 56 cabezas en el mismo tiempo, además se ha podido verificar durante el estudio que el ganado depende fundamentalmente de estas praderas.



**Figura 14.** Distribución de la Tenencia de Tierra por Familia

Lo cierto es que la reducción de áreas de pastoreo afecta directamente la incorporación de estiércol a los suelos, provocando que las parcelas pierdan su productividad (Acosta, 2007), muchos autores han señalado que debe existir una interacción entre la ganadería y la agricultura (Félix y Villca, 2009), no se debe apostar a la producción en monocultivo, porque traerá como consecuencia un desequilibrio. En síntesis la distribución y manejo del espacio en la comunidad, depende finalmente de los agricultores, porque ellos son los que deciden la habilitación de nuevos terrenos para la quinua (tholares y bofedales).

### **5.3.2. Evaluación del Sistema Productivo del Cultivo de Quinua**

De acuerdo al trabajo realizado en la gestión agrícola 2009 – 2010 en la comunidad de Irpani (Salinas de Garci Mendoza), se ha podido llegar a la siguiente caracterización del sistema de producción del cultivo de quinua.

#### **5.3.2.1. Manejo del Estiércol**

En un 24% el manejo de estiércol es local, solo 6 familias cuentan con ganado (entre camélidos y ovinos) y 76% de las familias compran el estiércol de otras poblaciones.

El estiércol comprado por el 76% de la población equivale a 800Bs/camión, considerando que en una hectárea se aplican tres camionadas. El estiércol generalmente es de llama o mixto (llama y oveja). Sin embargo los agricultores que cuentan con ganado producen anualmente 350qq de estiércol, el cual distribuyen en sus áreas de cultivo.

El estiércol que se produce en el transcurso del año, no se almacena, tampoco se guardan en sacos, simplemente se queda en los corrales del ganado, hasta días antes del barbecho (enero a marzo) se retira con picotas y palas, luego se aplica en los suelos.

#### **5.3.2.2. Barbecho**

El barbecho se realiza durante los meses de enero a marzo, está actividad se encuentra directamente relacionado con la época de lluvia. Dentro de la comunidad se realizan dos tipos de barbecho, el primero es manual y equivale a un 31%, el segundo es mecanizado y representa un 69%.

En el barbecho manual, se utiliza por lo general liukana (herramienta de trabajo), para la remoción del suelo generalmente en laderas en los meses de enero a marzo.

En el barbecho mecanizado se utiliza tractor y su implemento de arado de discos cuyo objetivo, no es solo la remoción del suelo sino además la aplicación de estiércol, los discos del arado penetran al suelo a una profundidad que varía de 15 a 30 cm, en planicies y piedemonte.

En las parcelas de estudio se realizó los dos tipos de barbecho.

### **5.3.2.3. Siembra**

La siembra de quinua en la comunidad es 31% manual y 69% mecanizada. En la siembra mecanizada, se utiliza tractor más su implemento “Satiri II”, por otro lado en la siembra manual se usa liukana, para abrir los hoyos, se aplica a la vez 100g de estiércol mezclado con semilla para cada hoyo.

La siembra se realiza generalmente en los meses de agosto, septiembre e incluso se extiende hasta diciembre. Las variedades usadas por lo general son: Tholedo, Pandela, Pisancaya entre otras.

En las parcelas de estudio la siembra se realizó la tercera semana de agosto específicamente en ladera, la planicie y el piedemonte en la segunda semana de septiembre. Es necesario mencionar que la siembra de quinua está en función a la humedad del suelo por lo tanto a las precipitaciones pluviales.

### **5.3.2.4. Cosecha**

La cosecha en la comunidad, se realiza de dos maneras, la primera de ellas es manual, equivale a un 31%, la segunda es mecanizada y equivale a un 69%. La cosecha en un sistema tradicional consiste en el empleo de herramientas menores como hoz.

En el sistema convencional se caracteriza por el uso de cortadora a motor. Es necesario mencionar que en el estudio se realizó la cosecha en ambos sistemas.

### **5.3.2.5. Post Cosecha**

La post cosecha consiste en el trillado, venteado y almacenado del grano de quinua. En planicie y piedemonte, se utiliza tractor para el trillado, cernidora (1m. de largo y 0.5 m de ancho) para separar el grano de los restos de los tallos y también una venteadora semi-mecanizada.

En las laderas todo el proceso es manual, el trillado se realiza a través del apisonado de las plantas, el cernido es con cernidoras pequeñas y el venteo es aprovechando los vientos característicos de la zona. La mayor parte de los agricultores practican el primero.



## CAPITULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos del trabajo de investigación denominado “Comparación de la Dinámica de la Humedad del Suelo en Parcelas con Quinua (*Chenopodium quinoa*. Willd) frente a Parcelas en Descanso” en la comunidad de Irpani, perteneciente al municipio de Salinas de Garci Mendoza, se llegó a las siguientes conclusiones:

#### 6.1. Conclusiones

##### Humedad de Suelos

- ☞ El almacenamiento y disponibilidad de agua en los suelos está directamente influenciado por las características texturales (arena mayor a 50%), pendiente, requerimiento de los cultivos y su estado (mullido o compactado).
- ☞ Las parcelas con quinua presentan pérdida de agua por efecto de la transpiración de las plantas, sin embargo las parcelas en descanso presentan el menor almacenamiento de agua producto de poca cobertura vegetal sobre la superficie del suelo, que no impide que se evapore. Las praderas nativas retienen mejor el agua.
- ☞ Las escasas precipitaciones pluviales no cubren los requerimientos de parte de las plantas para cumplir con la evapotranspiración, que inclusive llega a ser de 2 a 3 veces más que la precipitación, por ello se puede mencionar que no existe un almacenamiento permanente de agua en los suelos del Intersalar.

##### Materia Orgánica y Nutrientes

- ☞ La MO y el nitrógeno total en la mayoría de las parcelas de estudio (a excepción de planicie), es muy bajo y por tanto existe deficiencia para el cultivo.
- ☞ El contenido de fósforo disponible en las parcelas de estudio varía de moderado a muy alto (planicie) y por tanto no existe deficiencia de este nutriente. El contenido de azufre en todas las parcelas es muy bajo.

## Sistemas de Producción

- ☞ En la población de Irpani se realizan dos sistemas de producción y tanto el manejo de estiércol, barbecho, siembra, cosecha y post cosecha están de acuerdo al sistema y la unidad de paisaje.
- ☞ El sistema de producción convencional o semi-mecanizado en monocultivo está repercutiendo negativamente sobre la fertilidad de los suelos, al no permitir una apropiada regeneración de cobertura vegetal por el corto descanso. El sistema de producción manual o tradicional, pese a requerir mayor esfuerzo, genera mayores ingresos.
- ☞ El manejo del espacio en la comunidad de Irpani, depende del consenso de los agricultores, quiere decir que existe la posibilidad de ampliar la frontera agrícola, actualmente se respeta las áreas de pastoreo (tholares y bofedales) y existe una fuerte oposición hacia la ampliación de la frontera agrícola por parte de los agricultores que cuentan con ganado.

## Conclusión General

- ☞ La producción de quinua bajo un sistema de producción en monocultivo, no puede ser sostenible por afectar directamente las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, que son esenciales para la planta, así también afecta la estabilidad del manejo del espacio de una población.

## 6.2. Recomendaciones

- ☞ Es muy importante realizar estudios sobre la dinámica del agua en el suelo con equipos de última generación para alcanzar precisión sobre los cambios en el almacenamiento, en parcelas con quinua, en descanso y praderas nativas.
- ☞ Es también necesario realizar estudios específicos sobre la dinámica de la MO y nutrientes en los suelos del Intersalar, en los tres tipos de suelos para determinar el grado de pérdida de los mismos.
- ☞ Es necesario realizar estudios específicos sobre el impacto del arado de discos sobre suelos labrados en diferentes años y a diferentes profundidades.

- ☞ Se recomienda determinar de manera detallada las virtudes de las praderas nativas del altiplano y realizar trabajos sobre la repoblación de estas especies.
- ☞ Es importante levantar mapas de uso de tierra de las comunidades, para así determinar el uso y manejo del espacio apropiado.
- ☞ Se recomienda a los agricultores optar por cambiar el tipo de maquinaria que se emplea para el barbecho, para reducir el daño y deterioro del recurso suelo.
- ☞ Es también necesario usar coberturas vegetales en la superficie de los suelos en descanso, como ser los restos de cosecha que pueden aminorar los efectos de los vientos y reponer de alguna manera los nutrientes extraídos por las plantas.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Acosta I, 2007; Durabilidad de los Sistemas de Producción del Altiplano Sur Boliviano: Equilibrio entre la Ganadería y la Agricultura; IRD; La Paz – Bolivia; Pg. 37.

Álvarez R, 2006; Materia Orgánica, Valor Agronómico y Dinámica de los Suelos Pampeanos; Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires; Buenos Aires – Argentina; Pg. 206.

Arteaga J, 2010; Apuntes Diseños experimentales; Facultad de Agronomía – UMSA; La Paz Bolivia; Pg. 20.

Ayala G y Aranda, B, 1999; Manual de Manejo y Conservación de Praderas Nativas; Editorial Zeballos; La Paz – Bolivia; Pg. 100.

Cardozo G y Martínez F, 2000; Azufre en la Agricultura; Sulfato de Calcio; Buenos Aires – Argentina; Pg. 40.

Caricari M, 2008; Caracterización de la Fertilidad de los Suelos con Aplicación SIG (Arc View 3.3) en la Región del Intersalar de los Departamentos de Oruro y Potosí; Universidad Técnica de Oruro, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Veterinarias; Oruro – Bolivia; Pg. 100.

Chilón E, 1997; Manual de fertilidad de suelos y Nutrición de plantas; Universidad Mayor de San Andrés; E.M.I. CIDAT; La Paz - Bolivia; Pg.185.

Choquecallata J, 1993; Evapotranspiración Máxima del Cultivo de Quinoa por Lisimetria y su relación con la Evapotranspiración Potencial en el Altiplano Boliviano; Facultad de Ciencias Agrícolas – Universidad Gabriel René Moreno; Santa Cruz – Bolivia; Pg. 147.

Driessen P, 1986; The water balance of the soils and crops. Van Keulen y wolf. PUDOC, Wageningen; Pg. 152.

Espinoza G, 1982; Ecología y Recursos Naturales en Bolivia; Centro Pedagógico y Cultural de Portales Cochabamba; Editorial Poligráfico; Cochabamba – Bolivia; Pg. 90.

FAO 1977; Guía de Descripción de Perfiles del Suelo; Segunda Edición; Roma-Italia; Pg.73.

FAO 1986; Introduction to evapotranspiration; Guidelines for computing crop water requirements; FAO irrigation and drainage paper; Roma – Italia; Pg. 56.

FAO 2001; Fertilize use by crop in Argentina; Roma - Italia; Pg. 45.

Flores M, 2002; Suelos y Aptitud para el Cultivo de Quinua, Prospección de demandas de la cadena productiva; Centro de Estudios y Proyectos. FTDA; Anexo 5; La Paz - Bolivia.

Fundación AUTAPO - FAUTAPO, 2005; Educación para el desarrollo; Programa Quinua Altiplano Sur; Oruro – Bolivia; Pg. 57.

Fundación AUTAPO - FAUTAPO, 2008; Fertilidad Uso y Manejo de Suelos en la zona del Intersalar, Departamentos de Oruro y Potosí; Oruro – Bolivia; Pg. 105.

Fundación PROINPA, 2005; Manejo del Cultivo de Quinua; La Paz – Bolivia; Pg. 105

Fundación PROINPA, 2005; Manejo de Recursos Suelo y Agua; La Paz – Bolivia; Pg. 99.

Félix, D y Villca C, 2009; Quinua y Territorio; Primera Edición; Plural Editores – Veterinarios sin Frontera; La Paz – Bolivia; Pg. 100.

García M, 1991; Análisis del Comportamiento Hídrico de Dos Variedades de Quinua Frente a la seguía; Facultad de Agronomía – Universidad Mayor de San Andrés; La Paz – Bolivia; Pg. 126.

Gasselin P, 2007; Trayectoria de Vida de las Familias de la Zona Intersalar (Bolivia) y Cambios de las Prácticas Agrícolas; Proyecto EQUKO; La Paz – Bolivia; Pg. 24.

Gobierno Municipal de Salinas de Garci Mendoza, 1998 – 2002; Plan de Desarrollo Municipal; La Paz - Bolivia.

Herbario Nacional de Bolivia, 2008; Quinua, Descanso y Tholares en el sur del Altiplano Boliviano; Instituto de Ecología; Revista Habilidad, N° 75; LIDEMA, Agosto; La Paz – Bolivia; Pg. 55.

Herve D, Genin D y Riviere G, 1994; Dinámica del Descanso de la Tierra en los Andes; Primera Edición; IBTA – ORSTON; La Paz – Bolivia; Pg. 356.

Holdridge L, 1987; Ecología Basado en Zonas de Vida; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; Segunda Edición; San José – Costa Rica; Pg. 216.

Huanca, 2010; Evaluación del Comportamiento del Nitrógeno Bajo Niveles de Abonamiento Orgánico y Riego deficitario en el Cultivo de Quinoa en el Altiplano sur Facultad de Agronomía – Universidad Mayor de San Andrés; La Paz – Bolivia; Pg. 220.

Inda R, 2010; Evaluación del Comportamiento del Nitrógeno en Parcelas con Cultivo de Quinoa Bajo Diferentes Manejos de Suelos (Intersalar – Oruro); Facultad de Agronomía – Universidad Mayor de San Andrés; La Paz – Bolivia; Pg. 110.

Jacobsen S y Valdez A, 1999; Primer Taller de Interacción Sobre la Quinoa, Recursos Genéticos y Sistema de Producción; Centro Internacional PAP; Lima – Perú; Pg. 128.

Jaldin R, 2010; Producción de Quinoa Oruro y Potosí; Programa de Investigación Estratégica de Bolivia (PIEB); La Paz – Bolivia; Pg. 100.

Jeans D, 2008; El Auge de la Quinoa: Cambios y Perspectivas desde una Visión Social; Revista Habilidad, Nº 75; LIDEMA, Agosto; La Paz – Bolivia; Pg. 55.

Joffre R. y Acho J, 2008; Quinoa, Descanso y Thólares en el Sur del Altiplano Boliviano; Revista Habilidad, Nº 75; LIDEMA, Agosto; La Paz – Bolivia; Pg. 55.

Lara R y Lenis A, 1996; Identificación y Caracterización de Bofedales en los Lípez Potosí; Trabajo Expuesto en el Seminario – Taller Manejo Sostenible de Praderas Nativas por Proquipo, Potosí; Potosí – Bolivia; Pg. 34.

Laboratorio de Análisis Agrícola, 2006; Análisis de Suelos Agrícola, Interpretación de Resultados; CSR; Pg. 1.

Llorens J, Latron y Gallart F, 2003; Dinámica de la Humedad del Suelo; Institut de Ciencies de la Terra, CSIC. s/n Barcelona. pllorens@ija.csic.es.

Mamani F, 2003; Componentes de Rendimiento en la Producción de Grano de Seis Cultivares de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen); Universidad Nacional del Altiplano, Escuela Nacional de Post grado – Maestría de Agricultura; Puno – Perú; Pg. 67.

Mariscal A, 1992; Agro climatología – cuaderno de Estudio; Universidad Tomas Frías; Potosí – Bolivia; Pg. 257.

Méndez V, 2007; Evaluación de Genotipos de Quinoa (*Chenopidium quinoa* Willd.) en Diferentes Etapas de Supresión de Riego y Niveles de Humedad, Bajo Walipini; Facultad de Agronomía – UMSA; La Paz – Bolivia; Pg. 96.

Michel. T, 2002; Manual de Agro climatología; Facultad de Agronomía – Universidad Mayor de San Andrés; La Paz – Bolivia; Pg. 78.

Muraoka T y Tzitziboy E, 2000; Mejoramiento del uso del Agua en la Agricultura, el papel de las Técnicas Nucleares; C.E.N. de Agricultura; Universidad de Sao Pablo – Brasil; Pg. 131

Murillo M, Chacolla E y Villalpando R, 2009; Erodabilidad de los Suelos del Sur Oeste de Bolivia; MDRyT; La Paz – Bolivia; Pg. 50.

Navarro G y Maldonado M, 2002; Geografía Ecológica de Bolivia, Vegetación y Ambientales Acústicos; Editorial Centro de Ecología Simón I Patiño – Departamento de Difusión; Cochabamba – Bolivia; Pg. 461.

Orsag V, 1989; Determinación de las Fluctuaciones de Almacenamiento de Agua en un Aridisol del Altiplano Central con ayuda de Técnicas Nucleares; Instituto Boliviano de Ciencias y Tecnología Nuclear –IBTEN, Viacha; La Paz – Bolivia; Pg. 32.

Orsag V, 1989; Efecto de un manejo Agrícola Alternativo de un Aridisol del Altiplano Central de Bolivia sobre el Almacenamiento de Agua en el Suelo; Instituto Boliviano de Ciencias y Tecnología Nuclear –IBTEN, Viacha; La Paz – Bolivia; Pg. 32.

Orsag V, 2010; El Recurso Suelo Principios para su Manejo y Conservación; Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Geográfica – Universidad Mayor de San Andrés; Primera Edición, FOBOMADE; Editorial Zeus; La Paz – Bolivia; Pg. 473.

Orsag V, 2010; Dinámica de la Fertilidad de los suelos del Intersalar en Base a Parámetros Complementarios de Relevancia para la Producción Sostenible de Quinua; Facultad de Agronomía – Universidad Mayor San Andrés – PIEB; La Paz – Bolivia; Pg 100.

Oscos S, 2009; Productividad de Variedades de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), con la Aplicación de diferentes Niveles de Fertilización Orgánica en la Localidad de Tiwanacu; Facultad de Agronomía – Universidad Mayor de San Andrés; La Paz – Bolivia; Pg.114.

Orellana P, 2002; Análisis de Valorización del Recurso Territorial Fertilidad por las Familias de la Zona Intersalar, Bolivia; Proyecto EQUICO, INRA; La Paz – Bolivia; Pg. 59

Pacheco A, 2004; Quinua en Bolivia; Facultad de Ciencias Económicas y Financieras. Universidad Mayor de San Andrés; Primera edición 2004; Bolivia; Pg. 60.

Peñaranda V, 2003; Aprovechamiento de Recursos Hídricos y Conservación de Suelos; Cochabamba – Bolivia; Pg. 203.

Porta J, López M, Acevedo y Roquero C, 1999; Edafología para Agricultura el Medio Ambiente; Segunda edición; Ediciones Mundi – Prensa; España; Pg. 849.

Raes D, García M, 2011; Compendio de Trabajos de Investigación – Proyecto Quinagua; Facultad de Agronomía – UMSA; La Paz – Bolivia; Pg. 409.

Ramírez B, 2005; Suelos y su factor de formación.

Rodríguez M, 1991; Morfología y Anatomía Vegetal; Editorial Los Amigos del Libro; Cochabamba – Bolivia; Pg. 514.

Rodríguez B, 2010; Información Verbal; Comunidad Irpani; Oruro – Bolivia.

Sainz H, 2011; Apuntes de Física de Suelos; Facultad de Agronomía; Universidad Mayor de San Andrés; La Paz – Bolivia; Pg. 20.

Salgado E, 2001; Universidad Católica del Valparaíso; Ediciones Universitarias; Editorial Salesiana S.A; Santiago de Chile; Pg. 100.



SENAMHI, 2010; Datos históricos, Salinas de Garci Mendoza (1987–2005); La Paz – Bolivia; Pg. 1.

Terceros L, 1997; La desertificación y los procesos de transformación del sistema productivo en tres comunidades del Altiplano sur de Bolivia; Universidad de los Andes - Postgrado en Ecología tropical; Mérida Venezuela. 207p.

Tapia M, 1979; Historia y Distribución geográfica de la quinua; Quinua y cañahua, cultivos andinos. I.I.C.A. No 40; Bolivia; Pg. 93.

Tuñón J, 2000; Determinación Experimental del Balance Hídrico del suelo y Evaluación de la Contaminación Asociada a las Prácticas Agrícolas; Universidad de Granada; Estados Unidos de América; Pg. 377.

Valdivia J, 1998; Participación de la Mujer en Recuperación de Thólares; Centro de Desarrollo Ambiental y Social – Cedas, Perú; Puno – Perú; Disponible Email: pepeval25@hotmail.com.

Vallejos P, Navarro Z y Ayaviri D, 2010; Estudio Multitemporal de las Necesidades Hídricas del Cultivo de Quinua (*Chenopodium quinoa W.*) en la Provincia Ladislao Cabrera; PIEB-Dinamarca; La Paz – Bolivia; Pg. 100.

Villarroel J, 1988; Manual Práctico para la Interpretación de Suelos en Laboratorio; Universidad Mayor de San Simón – AGRUCO; Primera Edición; Cochabamba–Bolivia; Pg.33.

# *ANEXOS*

**ANEXO 1.** Glosario y Definición de Términos Técnicos

**Agricultura extensiva.-** Producción agrícola de moderada a baja actividad en el suelo, con poca o escasa inversión de capital o solo mano de obra familiar.

**Agricultura intensiva.-** Producción agrícola de máximos rendimientos en un área determinada, mediante tratamiento de suelo y prácticas especiales de cultivo.

**Arcilla.-** Partículas terrosas cuyos diámetros son menores a 0.002mm de diámetro.

**Arena fina.-** Partículas terrosas cuyos diámetros varían entre 0.02 a 0.075 mm de diámetro.

**Arena gruesa.-** Partículas terrosas, cuyos diámetros varían de 0.2 a 2 mm de diámetro.

**Balance hídrico.-** Suma de todas las ganancias y pérdidas de agua, un periodo de tiempo.

**Barbecho.-** Tierra de cultivo bajo sistemas tradicionales, que dejan en descanso por varios años a fin de restaurar su productividad y control de malezas.

**Comunidad.-** La comunidad se entiende en la realidad indígena y campesina boliviana como una agrupación territorial de base, la cual está constituida por varias familias ligadas por una historia y un territorio comunes. Estas comunidades se delimitan dentro de un territorio más o menos establecido, pues existen fronteras comunales mal definidas, resultados de aproximaciones o errores cometidos en el proceso de reforma agraria. El territorio de la comunidad incluye zonas de aprovechamiento comunal (zonas de pastoreo, parcelas de cultivo comunal, zonas rocosas e improductivas) y parcelas individuales, las cuales mayormente no tienen respaldo legal sino están otorgadas a las familias de forma hereditaria por el derecho consuetudinario de la comunidad.

**Cultivos de cobertura.-** Vegetación que se siembra durante los intervalos que median entre los cultivos regulares con el propósito de proteger el suelo, incluye plantas de crecimiento denso y plantas que mejoran el suelo.

**Drenaje.-** Procedimiento para dar salida a la excesiva humedad de los terrenos, o a las aguas acumuladas sobre la superficie del suelo, por medio de canales abiertos y subterráneos: sistemas empleados para remover las aguas de una región en la cual se extraen las aguas (cuenca de avenamiento).

**Degradación de suelos.-** Se entiende por degradación de un suelo cuando sus cationes (sobre todo calcio) y coloides tienden a descender y formar un horizonte de acumulación

**Desarrollo sostenible.-** Proceso en que interacciona todas las actividades de la sociedad, desde las productivas a las culturales. Por estas razones, el desarrollo sostenible se desarrolla en cuatro pilares que se condicionan mutuamente: 1. Crecimiento económico, 2. Equidad social, 3. Uso racional de los recursos naturales, 4. Gobernabilidad.

**Estructura del suelo.-** Las partículas de arena, limo y arcilla no se encuentran en el suelo en forma individual, aislada, sino que forman agregados terrosos; es decir que las partículas se adhieren unas a otros en grupos los tamaños y formas de estos grupos y su resistencia al rompimiento son lo que constituye la “estructura del suelo”.

**Fertilidad de suelos.-** Calidad de un suelo para suministrar a las plantas, en sus debidas proporciones la cantidad de elementos nutritivos que necesitan para su desarrollo, en condiciones favorables de luz, humedad y temperatura.

**Fisiografía.-** Parte de la geología que estudia la forma y la evolución del relieve terrestre y las causas que determinan su transformación.

**Liukana.-** Herramienta menor para sembrar quinua en laderas

**Mucuna.-** Alimento elaborado en base a quinua y queso.

**Perfil del suelo.-** Sección transversal del suelo que comprende todos los horizontes del mismo y que se extiende hasta el material subyacente, o material madre.

**Rotación de cultivos.-** Plantación de diversos cultivos, en sucesión recurrente, en los mismos terrenos.

**Suelo alcalino.-** Suelo cargado de suficiente cantidad de sales, generalmente carbonato de sodio, para producir una reacción alcalina; tiene un pH mayor de 7.

**Suelo arcilloso.-** Un suelo es arcilloso cuando tiene arcilla en una proporción mayor de 50% en relación con el limo y la arena. Se reconocen una gran cohesión, tenacidad y por su impermeabilidad; el agua tarda en penetrar, pero una vez es retenida es difícil expulsarla, siendo esta causa que los suelos arcillosos son muy húmedos.

**Saturación.-** Se dice que un suelo está saturado cuando todos sus poros están ocupados por el agua y esta situación se presenta después de una lluvia copiosa o de un riego abundante. Así mismo cuando el suelo está saturado, el movimiento del agua se llama flujo saturado, cuando aun todavía existen bolsas de aire aisladas en el suelo.

**Capacidad de Campo (CC).-** La capacidad de campo se define como, el contenido de agua en el suelo después de 48 horas de un riego o de una lluvia abundante. Quiere decir que corresponde al contenido humedad de un suelo permeable y con buenas condiciones de drenaje, cuando ha perdido toda el agua gravitacional, cuando un suelo no pierde más agua por gravedad (se encuentra en capacidad de campo), situación más favorable para el desarrollo de los cultivos.

**Punto de Marchites Permanente (PMP).-** El punto de marchites permanente se define como, el contenido de agua por debajo del cual las plantas mesó filas (en concreto el girasol enano) no son capaces de extraer agua del suelo. Quiere decir la humedad existente en el suelo cuando la planta se marchita.

En si representa el contenido de humedad del suelo, bajo el cual las plantas presentan marchites ya sea temporal o permanente.