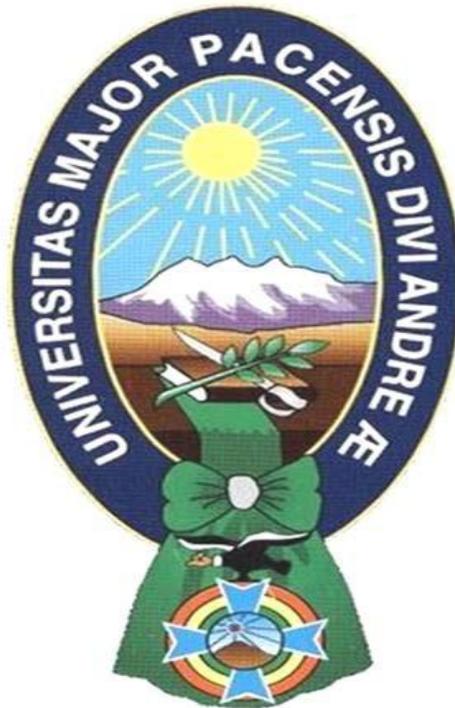


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**TESIS DE GRADO**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE TARWI (*Lupinus mutabilis*  
Sweet) BAJO DOS MÉTODOS Y TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA  
LOCALIDAD DE CARABUCO**

**IBER ROY CALLISAYA ESTRADA**

**LA PAZ - BOLIVIA**

**2012**

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

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE TARWI (*Lupinus mutabilis*  
Sweet) BAJO DOS MÉTODOS Y TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA  
LOCALIDAD DE CARABUCO**

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

**IBER ROY CALLISAYA ESTRADA**

**Asesores:**

Ing. M. Sc. Hugo D. Bosque Sánchez .....

Ing. M. Sc. Roberto Miranda Casas .....

**Tribunal Examinador:**

Ing. M. Sc. Paulino Ruiz Huanca .....

Ing. Freddy Porco Chiri .....

Ing. Freddy Carlos Mena Herrera .....

**APROBADA**

**Presidente Tribunal Examinador:**

.....

## DEDICATORIA:

A mis padres Claudio y Carmen, con todo amor y eterna gratitud por el sacrificio y esfuerzo realizado para mi formación profesional.

A mis hermanos Deivid e Iván

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme la oportunidad y las fuerzas para culminar este trabajo.

A mis padres Claudio y mi adorada madre Carmen por el sacrificio, amor, paciencia, comprensión, consejos y por sus enseñarme alcanzar siempre mis metas e inculcarme valores de honestidad, humildad, solidaridad, y superación brindándome siempre todo su apoyo sin dudar ni un segundo, ya que siempre desean lo mejor para mí.

A mis hermanos Deivid e Ivan a los que quiero y estimo mucho quienes me brindaron su apoyo incondicional en todo momento.

A mi abuelita Natividad por enseñarme el camino de la vida con amor y comprensión ejemplo de trabajo, patrón insustituible en mi formación humana y profesional.

A la Facultad de Agronomía por forjarme en sus aulas. A todos los Docentes, por los conocimientos y experiencias impartidas en los años de mi formación.

Al proyecto ANDESCROP, por darme la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación.

A mi asesor Ing. M. Sc. Hugo Bosque Sanchez, por brindarme todo su apoyo, colaboración y amistad, durante mi formación profesional y el desarrollo del presente trabajo.

A mi asesor Ing. M. Sc. Roberto Miranda Casas, por el apoyo, cooperación y orientación prestada, durante el desarrollo del trabajo de campo y de gabinete.

Al tribunal revisor:

Ing. M. Sc. Paulino Ruiz, por la orientación y observación realizada durante el trabajo de investigación.

Ing. Freddy Porco, por sus recomendaciones y su tiempo dispuesto para la culminación del presente trabajo.

Ing. Freddy Carlos Mena, por la buena predisposición, por su detalle y paciencia en las correcciones para la edición del documento final.

A mis amigos Edwin Contreras y Cliver Ardaya, por su amistad y compañerismo, quienes perseveran y luchan día a día para seguir adelante.

## CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE CUADROS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	vii
RESUMEN.....	vii
SUMMARY .....	ix

## INDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
Justificación .....	2
1.2 Objetivo.....	3
1.2.1 Objetivo general .....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Características generales del cultivo de tarwi .....	3
2.1.1 Origen y distribución geográfica .....	3
2.1.2 Uso del producto y valor nutritivo.....	4
2.2 Características botánicas del tarwi.....	6
2.2.1 Clasificación sistemática del cultivo .....	6
2.2.2 Descripción botánica .....	6
2.2.3 Exigencias agroecológicas del cultivo.....	8
2.2.3.1 Temperatura .....	8
2.2.3.2 Humedad.....	9
2.2.3.3 Fotoperiodo .....	9
2.2.3.4 Precipitación pluvial.....	9
2.2.3.5 Suelo .....	10
2.3 Aspectos agronómicos del cultivo .....	11
2.3.1 Preparación del terreno .....	11

2.3.2 Época de siembra.....	11
2.3.3 Método de siembra.....	12
2.3.4 Densidad de siembra.....	12
2.3.5 Siembra.....	13
2.3.6 Cosecha y rendimiento.....	13
2.3.7 Labores culturales.....	14
2.3.7.1 Riego.....	14
2.3.7.2 Deshierbe.....	14
2.3.8 Plagas y enfermedades.....	15
2.3.8.1 Plagas.....	15
2.3.8.2 Enfermedades.....	16
2.4 Centros de producción en los países del área Andina.....	17
2.5 Centros de producción de tarwi en Bolivia.....	17
2.6 Fijación de nitrógeno.....	18
2.6.1 Simbiosis de leguminosas y bacterias.....	18
2.6.2 Nodulación.....	18
2.6.3 Factores que influyen en la fijación biológica del nitrógeno.....	19
2.6.3.1 Factores intrínsecos de planta y bacteria.....	19
2.6.3.2 Factores climáticos.....	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1 Localización.....	20
3.2 Características agroecológicas de la zona.....	23
3.2.1 Suelo.....	23
3.2.2 Vegetación.....	23
3.2.3 Características socio económicas.....	24
3.2.3.1 Agricultura.....	24
3.2.3.2 Ganadería.....	24
3.2.3.3 Pesca.....	25
3.3. Materiales.....	25
3.3.1 Material genético.....	25
3.3.2 Materiales y equipos de campo.....	25
3.4 Metodología.....	26

3.4.1 Procedimiento de campo .....	26
3.4.1.1 Muestreo y análisis de suelo.....	26
3.4.1.2 Preparación del terreno .....	26
3.4.1.3 Demarcación de la parcela .....	26
3.4.1.4 Siembra .....	26
3.4.2 Labores culturales .....	27
3.4.2.1 Control de malezas.....	27
3.4.2.2 Incidencia de plagas .....	27
3.4.2.3 Cosecha .....	27
3.4.2.4 Formación de pequeñas parvas y secado .....	27
3.4.2.5 Trillado y venteado de granos.....	28
3.5 Diseño experimental .....	28
3.5.1 Tratamientos .....	29
3.5.2 Características de la parcela experimental .....	29
3.5.3 Croquis experimental.....	30
3.6 Variables de respuesta.....	31
3.6.1 Análisis de Suelos.. .....	31
3.6.2 Días a la emergencia.....	31
3.6.3 Días a la floración. ....	31
3.6.4 Días a la madurez fisiológica.. .....	31
3.6.5 Altura de la planta (cm).....	31
3.6.6 Número de ramas por planta.. .....	31
3.6.7 Número de vainas por planta.....	31
3.6.8 Longitud de vaina (cm). ....	32
3.6.9 Rendimiento de grano (Kg/ha).....	32
3.6.10 Análisis económico de costos parciales de producción .....	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	34
4.1 Comportamiento climático.....	34
4.1.1 Temperatura.....	34
4.1.2 Precipitación pluvial.....	35
4.1.3 Viento .....	36
4.1.4 Humedad relativa .....	37

4.2	Análisis físico- químico del suelo .....	37
4.3	Análisis de variables fenológicas y agronómicas.....	42
4.3.1	Días a la emergencia.....	42
4.3.2	Días a la floración .....	43
4.3.3	Días a la madurez fisiológica .....	45
4.3.4	Altura de planta (cm) .....	46
4.3.5	Número de ramas por planta .....	48
4.3.6	Número de vainas por planta.....	49
4.3.7	Longitud de vaina (cm) .....	51
4.3.8	Rendimiento en grano (Kg/ha).....	52
4.5	Análisis económico de los costos parciales de producción para el ensayo .....	54
4.5.1	Ajuste de los rendimientos.....	54
4.5.2	Costos variables .....	54
4.5.3	Beneficio bruto .....	55
4.5.4	Beneficio neto.....	55
4.5.5	Relación Beneficio-Costo .....	55
5.	CONCLUSIONES .....	57
6.	RECOMENDACIONES .....	58
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	59

## ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	Pág.
Cuadro 1. Valor nutritivo de tarwi en comparación con otras leguminosas de grano .....	5
Cuadro 2. Clasificación Sistemática del cultivo de tarwi .....	6
Cuadro 3. Principales plagas del tarwi.....	16
Cuadro 4. Principales enfermedades del tarwi .....	16
Cuadro 5. Estimación de áreas del cultivo de tarwi en Bolivia .....	18
Cuadro 6. Vegetación nativa e introducida a la zona .....	24
Cuadro 7. Tratamientos de la parcela.....	29
Cuadro 8. Análisis físico .....	38
Cuadro 9. Análisis químico.....	38
Cuadro 10. Análisis de nitrógeno total antes y después de la siembra .....	40
Cuadro 11. Días a la emergencia y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) .....	43
Cuadro 12. Días a la floración y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) .....	44
Cuadro 13. Días a la madures fisiológica y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) .....	46
Cuadro 14. Altura de planta y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ).....	47
Cuadro 15. Número de ramas/planta y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ).....	49
Cuadro 16. Número de vainas/planta y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) .....	50
Cuadro 17. Longitud de vaina y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ).....	52
Cuadro 18. Rendimiento por tratamiento y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) .....	54
Cuadro 19. Análisis de costos de producción .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mapa de ubicación de la Provincia Camacho y zona donde se desarrollo el experimento Puerto Mayor Carabuco .....	22
Figura 2. Croquis de la parcela experimental .....	30
Figura 3. Registro de temperatura máxima, mínima y media durante el desarrollo del cultivo en el municipio de Carabuco .....	35
Figura 4. Registro de precipitación pluvial durante el desarrollo del cultivo en el Municipio de Carabuco .....	36
Figura 5. Registro de velocidad del viento en el municipio de Carabuco .....	37
Figura 6. Registro de humedad relativa en el municipio de Carabuco .....	37
Figura 7. Número de días a la emergencia de tarwi .....	42
Figura 8. Número días a la floración de tarwi .....	44
Figura 9. Número días a madurez fisiológica de tarwi .....	45
Figura 10. Altura de planta en función al tiempo .....	47
Figura 11. Número ramas por tratamiento .....	48
Figura 12. Número vainas por tratamiento.....	50
Figura 13. Longitud de vaina por tratamiento .....	51
Figura 14. Rendimiento de grano por tratamiento.....	53

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Registro de datos climáticos de la localidad de Puerto Mayor Carabuco, gestión agrícola 2010 – 2011.

Anexo 2. Análisis físico - químico de suelos de la parcela experimental localidad Puerto Mayor Carabuco, gestión agrícola 2010 - 2011

### **PARAMETROS DE INTERPRETACIÓN**

Anexo 3. Relación Textura - densidad aparente - porosidad

Anexo 4. Rango de pH

Anexo 5. Conductividad eléctrica (mMhons/cm<sup>3</sup>)

Anexo 6. Capacidad de intercambio Cationico.

Anexo 7. Materia orgánica

Anexo 8. Nitrógeno total

Anexo 9. Fosforo disponible

Anexo 10. Potasio

### **ANALISIS DE VARIANZA PARA DIFERENTES VARIABLES**

Anexo 11. Análisis de varianza para variable días a la emergencia

Anexo 12. Análisis de varianza para variable días a la floración

Anexo 13. Análisis de varianza para variable días a madurez fisiológica

Anexo 14. Análisis de varianza para variable altura de planta (cm)

Anexo 15. Análisis de varianza para variable número de ramas por planta

Anexo 16. Análisis de varianza para variable número de vainas por planta

Anexo 17. Análisis de varianza para variable longitud de vaina (cm)

Anexo 18. Análisis de varianza para variable rendimiento (kg)

### **COSTOS VARIABLES**

Anexo 19. Costos variables para la producción de tarwi bajo dos métodos y tres densidades de siembra

### **Anexo 20. FOTOGRAFIAS DE CAMPO**

Foto 1. Desterronado y nivelado del suelo

Foto 2. Apertura de surcos para la posterior siembra de tarwi

Foto 3. Deshierbe de la parcela en las unidades de siembra en surco

Foto 4. Cultivo de tarwi durante su desarrollo

Foto 5. Principales plagas del cultivo de tarwi

Foto 6. Cosecha y posterior trilla del tarwi

## RESUMEN

En la actualidad las familias campesinas en la localidad de Carabuco están incrementando la superficie cultivada, debido a la gran demanda del grano de tarwi en el mercado local, esto significa una fuente de ingreso para los agricultores, pero aun no se tiene determinado métodos ni densidades de siembra, motivo por el cual se realizó el presente trabajo de investigación titulado “Comportamiento agronómico del cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) bajo dos métodos y tres densidades de siembra en la localidad de Carabuco” perteneciente a la provincia Camacho, departamento de La Paz ubicada en el Altiplano Norte a una distancia de 150 km.

Con el objetivo de evaluar las variables agronómicas, fenológicas y analizar los costos de producción con el propósito de generar información básica. El ensayo fue desarrollado bajo el diseño experimental de Bloques Completos al Azar, con seis tratamientos y tres bloques.

En el estudio se utilizó el ecotipo de tarwi blanco Carabuco, la siembra se la realizó el 25 de octubre de 2010 con densidades de 90 kg/ha, 110 kg/ha, 130 kg/ha, con métodos de siembra al voleo y en surco, posteriormente se tomaron datos días a la emergencia, días a la floración, altura de planta, número de ramas por planta, longitud de vaina, días a la madurez fisiológica, rendimiento. Se practicaron labores culturales en los tratamientos de siembra en surco por su mayor facilidad ya que se encontraban alineadas, en tanto que en siembra al voleo no fue posible tal actividad por la dispersión de las plantas, la cosecha se la realizó de forma manual en fecha 27 de mayo cuando el cultivo llegó a su madurez fisiológica (vainas con coloración café amarillenta). Las precipitaciones no fueron favorables durante la emergencia de las plantas, lo que perjudicó el total desarrollo y crecimiento en la primera etapa, por otro lado las heladas perjudicaron la formación de vainas en ramas secundarias lo que influyó de gran manera en la producción.

Los tratamientos sembrados al voleo fueron los que obtuvieron mejores rendimientos, contrario a esto los tratamientos sembrados en surco fueron los que obtuvieron bajos rendimientos.

También se tomaron muestras de suelos antes y después de la siembra para enviarlos al IBTEN, para los análisis químicos y físicos.

## SUMMARY

Currently farming families in the town of Carabuco are increasing acreage due to high demand lupine grain in the local market, this means a source of income for farmers, but has not yet determined methods and densities planting, which is why this took place paper titled "Behavior agronomic crop of lupine (*Lupinus mutabilis* Sweet) under two methods and three planting densities in the town of Carabuco" belonging to the province Camacho, Department of La Paz located in North Highlands a distance of 150 km.

In order to evaluate the agronomic variables, phenological and analyze production costs in order to generate basic information. The assay was developed under the experimental design of randomized complete block with six treatments and three blocks.

The study used the white lupine ecotype Carabuco, planting was carried out on the 25 October 2010 with densities of 90 kg / ha, 110 kg / ha, 130 kg / ha, planting methods and row broadcast then data were taken days to emergence, days to flowering, plant height, number of branches per plant, pod length, days to physiological maturity, yield. Cultural practices were performed in the planting furrow treatments for their ease as they were aligned, while in broadcast seeding was not possible such activity by the dispersal of plants, harvest the manually performed as of 27 May when the crop reached its physiological maturity (pods with yellowish-brown color). Rainfall were not favorable for the emergence of the plants, which hurt the overall development and growth in the first stage, second frost damaged the pod formation in secondary branches which greatly influenced the production.

The treatments were sown broadcast that had higher yields, contrary to this planted in furrow treatments were the low yields obtained.

They also took soil samples before and after planting to send to IBTEN, for chemical and physical analyzes.

## 1. INTRODUCCIÓN

El lupino, planta dicotiledónea anual, perteneciente a la familia de las fabáceas (papilionáceas), está representado por más de 300 especies. Sin embargo, sólo cuatro de ellas son cultivadas: *Lupinus albus* L., *Lupinus angustifolius* L., *Lupinus luteus* L., de origen mediterráneo, y *Lupinus mutabilis* Sweet, de origen sudamericano. Todas estas especies originalmente eran amargas, pero a través del mejoramiento genético se obtuvieron lupinos denominados dulces, que corresponden a aquellos en que el contenido de alcaloides es menor a 0,05%; los tipos amargos, en tanto, presentan de 1 a 2% de alcaloides. ([www.uc.cl/sw\\_educ/cultivos/legumino/lupino/bibliogr.htm](http://www.uc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/lupino/bibliogr.htm))

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), leguminosa originaria de Los Andes, fue desatendido en su cultivo, difusión, investigación y como en su consumo en el ámbito local y nacional. En la actualidad, contribuye en la alimentación cotidiana de numerosas familias campesinas, convirtiendo a este cultivo en uno de los recursos de mayor potencial alimenticio del área andino, debido a que los granos son consumidos en las épocas de deficiencia alimentaria y en las poblaciones de escasos recursos económicos, principalmente como **mote** (grano cocido y desamargado en agua corriente).

Esta leguminosa, tiene un alto valor nutritivo señalándose índices de 26% a 42% de proteína y un 20% en aceite en sus granos (Tapia, 1978). Por su adaptación a zonas altas, frías y por su alto valor nutritivo, denominan al tarwi “la soya andina”.

Por lo tanto, se caracteriza por tener elevado contenido de proteínas y ácidos grasos, entre otros, que la constituyen en una excelente alternativa para la nutrición humana y animal. Aunque la planta se originó a lo largo de Los Andes, actualmente se encuentra únicamente en Ecuador, Perú y Bolivia, con cierto desarrollo agronómico y agroindustrial (Dinero, 2007). Se destaca por ser resistente a condiciones adversas, como plagas, enfermedades, sequías y heladas. Sus semillas ofrecen una disposición de proteínas vegetales que son aprovechadas en diversos procesos, en su mayoría artesanales (Jacobsen y Sherwood, 2006).

Según la Encuesta Nacional Agropecuaria 2008, la producción de tarwi en Bolivia se observa solamente en cuatro departamentos, los cuales son La Paz, Cochabamba, Potosí y Chuquisaca, de los cuales Potosí es el que cultiva la mayor superficie, sin embargo, sus rendimientos son bajos en comparación con Cochabamba y La Paz, que presentan los dos mejores rendimientos. El departamento de La Paz, ostenta la segunda mayor superficie sembrada con tarwi a nivel nacional, y el segundo mejor rendimiento del cultivo.

En el municipio de Carabuco del Departamento de La Paz, no se cuenta con datos sobre el rendimiento del tarwi, a pesar de que se viene cultivando desde hace muchos años y es necesario buscar nuevos ecotipos adaptados a las condiciones medio ambientales que van a ser cultivadas, para así seleccionar ecotipos con mejores características agronómicas y de mayor rendimiento.

En los últimos años, el cultivo de tarwi está tomando mucha importancia económica para los agricultores, tal el caso de las comunidades del municipio de Carabuco, donde cada año agrícola se viene incrementando la superficie cultivada, debido a la demanda del grano en el mercado local, porque los granos secos son vendidos en las épocas de déficit económico de las familias campesinas, quienes lo denominan recursos de reserva, significando una fuente de ingresos para las familias campesinas del municipio.

El mercado nacional es el que demanda el tarwi fresco, generalmente excedentario de los pequeños productores y sobretodo de aquellos productores que orientan su producción y transforman con fines comerciales.

La demanda a nivel internacional también se constituye en un potencial, pues la Empresa ASOTARWI, señala que en 2004 logró exportar 7 contenedores, cinco de calibre 1 y dos de calibre 2, lo que representa despachos entre 112 y 140 TM, contándose con un ingreso de 145.000 dólares como valor de exportación (informe no publicado del PNUD, 2004)

## **1.1 Justificación**

En la región de Carabuco, el tarwi es cultivado desde hace muchos años, pero aun no se tienen estudios realizados sobre los métodos y densidades de siembra, ni datos sobre los rendimientos.

El presente trabajo se realiza con el fin de generar información útil para los agricultores, ya que en los últimos años el cultivo de tarwi está tomando mucha importancia por la gran demanda que existe en el mercado local y nacional, las condiciones de la zona hacen que el desarrollo del cultivo sea favorable de esta manera obtener buenos rendimientos.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), bajo tres densidades y dos métodos de siembra, considerando los diferentes hábitos del cultivo en la zona.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar las condiciones físicas, químicas del suelo donde se desarrolla el cultivo.
- Describir el comportamiento agronómico y fenológico del cultivo de tarwi considerando los diferentes hábitos de crecimiento de las plantas.
- Evaluar la producción del cultivo de tarwi, bajo dos métodos y tres densidades de siembra.
- Analizar los costos de producción en el cultivo de tarwi.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Características generales del cultivo de tarwi**

### **2.1.1 Origen y distribución geográfica**

Gross (1982), indica que el tarwi es una leguminosa originaria de la zona andina, aunque no se conoce a ciencia cierta el origen exacto del cultivo. Dado que hasta el presente se ignora la existencia de escritura en el área sudamericana de la cultura precolombina. Los datos históricos sobre el tarwi se basan en testimonios arqueológicos, tradiciones folklóricas, costumbres, transmisiones orales y otras referencias indirectas.

Lescano (1994), menciona que se ha encontrado pequeñas áreas en el Estado de Táchira (Venezuela), volviendo a aparecer su cultivo en el Departamento de Pasto (Colombia), hasta el altiplano boliviano (Potosí). La mayor variabilidad genética se encuentra en los valles interandinos del Perú.

### **2.1.2 Uso del producto y valor nutritivo**

Ríos (1983), señala que para eliminar los alcaloides se procede al lavado con agua corriente durante 3 a 4 días, que permite retirar el 99.99% de estos compuestos. Las mismas pueden ser consumidas directamente como mote o secado al sol para la elaboración de harinas de tarwi, que en mezclas con harinas de cereales (maíz, quínua, trigo, cebada, avena) en proporciones diversas (15-20% de harina de tarwi) son usadas en la elaboración de pan, tortas, queques, galletas, saladitos, apís, sopas, refrescos y numerosos otros productos.

Las proteínas y aceites constituyen más de la mitad de su peso. Estudios realizados en más de 300 diferentes genotipos muestran que la proteína varía de 41- 51 % y el aceite de 14-24 % (Gross *et al*, 1988).

En base a análisis bromatológico, posee en promedio 35.5% de proteína, 16.9 % de aceites, 7.65 % de fibra cruda, 4.15 % de cenizas y 35.77 % de carbohidratos, encontrando correlación positiva entre proteína y alcaloides, mientras que es negativa entre proteína y aceite (Proaño, 2011)

Por su parte Cáceres (1988), menciona que la Universidad de Cuzco, en el Perú, viene operando la planta piloto de desamargado de Tarwi (Centro Agronómico de Kayra)

donde se han realizado algunas formulaciones alimenticias como: Carne vegetal, pan fortificado, hamburguesas mixtas, pasta para tallarines, queso mixto, pasta tipo ketchup y pasta para empanadas, donde todas ellas han sido probadas y han sido calificadas de excelentes.

Según Meneses (1996), la lupinina, alcaloide que se encuentra en el tarwi, es utilizada para el control de nematodos en cultivos y de ectoparásitos de los ganados ovinos, vacunos y en alpacas. Es sembrado al borde de otros cultivos como maíz, papa, haba, arveja y trigo para repeler insectos y animales domésticos por el elevado contenido de alcaloides. Se utiliza en terrenos con problemas de erosión para la conservación de los mismos. El tarwi fija alrededor de 50 a 200 Kg N ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup> y es importante en la rotación de cultivos (papa, haba, arveja, quinua, cebada, trigo).

El tarwi contiene de 28 a 34% de sustancias nitrogenadas y varios alcaloides como la lupinina, la lupinidina, la lupanina y la oxilupanina, además que los tarwis andinos son muy nutritivos y amargos, razón por la cual se desamarga en sacos de arpillera en arroyos o corrientes de agua durante varios días (Cárdenas citado por Rodríguez, 2005).

En el siguiente cuadro, se muestran datos comparativos de análisis bromatológico del tarwi con otras leguminosas de grano.

**Cuadro 1. Valor nutritivo de tarwi en comparación con otras leguminosas de grano, por 100 g de porción comestible (Aykroyd y Doughty, 1964; citado por Meneses 1996).**

COMPONENTES	TARWI	MANI	SOYA	FRIJOL	ARVEJA	HABA
<b>Energía (kcal)</b>	407	546	335	341	346	343
<b>Agua (g)</b>	8	5	8	11	11	11
<b>Proteína (g)</b>	44,3	25,6	38	22,1	22,5	23,4
<b>Grasa (g)</b>	16,5	43,4	18	1,7	1,8	2
<b>Carbohidratos (g)</b>	28,2	23,4	31,3	61,4	62,1	60,2
<b>Fibra (g)</b>	7,1	3,3	4,8	4,2	5,5	7,8
<b>Ceniza (g)</b>	3,3	2,5	4,7	3,8	2,5	3,4
<b>Calcio (mg)</b>	90	52	208	137	64	90
<b>Hierro (mg)</b>	6,3	1,9	6,5	6,7	4,8	3,6
<b>Vitamina A (UI)</b>	trazas	30	140	30	100	100
<b>Tiamina (mg)</b>	0,28	0,84	1,03	0,54	0,72	0,54

<b>Riboflavina (mg)</b>	0,5	0,12	0,3	0,18	0,15	0,29
<b>Niacina (mg)</b>	2,6	16	2,1	2,1	2,4	2,3
<b>Vitamina C (mg)</b>	-----	trazas	trazas	3	4	4

Fuente: Meneses 1996

## 2.2 Características botánicas del tarwi

### 2.2.1 Clasificación sistemática del cultivo

Según Gross (1982), la variabilidad genética del tarwi hizo indispensable la redefinición taxonómica de ésta planta de cultivo, presentando la siguiente clasificación sistemática según la actual definición (ver cuadro 2).

#### Cuadro 2. Clasificación Sistemática del cultivo de tarwi

<b>Orden:</b>	Rosales
<b>Suborden:</b>	Leguminosinae
<b>Familia:</b>	Leguminosae
<b>Subfamilia:</b>	Papilionaceae
<b>Tribu:</b>	Genisteae
<b>Subtribu:</b>	Genistinae
<b>Género:</b>	Lupinus
<b>Subgénero:</b>	Eulupinus
<b>Especie:</b>	<i>Lupinus mutabilis</i> SWEET

### 2.2.2 Descripción botánica

**Sistema radicular.** El sistema radicular es pivotante, vigoroso, llegando en muchas ocasiones hasta 3 m de profundidad y además poseen nódulos del género *Rhizobium*, los cuales fijan nitrógeno atmosférico (Meneses, 1996).

Raíz pivotante con eje principal grueso, alcanza hasta 3 m de profundidad; las raíces secundarias ramificadas tienen nódulos simbióticos con bacterias del genero *Rhizobium*. (CIPCA, 2009)

**El tallo y ramificaciones.** El tallo es generalmente leñoso de color variable entre verde claro, verde oscuro y castaño. Presenta por lo general un eje principal sin macollos y con ramificaciones secundarias y terciarias, pudiendo en algunas circunstancias presentar ramificaciones de otros órdenes y muchas veces ninguno (Meneses, 1996).

La altura de la planta está determinada por el eje central que varía de 0.5 a 2.0 m, el tallo es generalmente cilíndrico y leñoso. Según el tipo de ramificaciones la planta puede ser de eje central predominante, con ramas desde la mitad de la planta, tipo candelabro o ramas terminales; o de una ramificación desde la base con inflorescencia a la misma altura (Tapia, 1999).

**Hoja.** La hoja es de forma digitada, presenta de 5 a 12 folíolos que varían entre ovaladas y lanceoladas, la diferencia con otras especies está en la ausencia de vellosidades. El color de los peciolo varía de amarillo verdoso a verde oscuro dependiendo del contenido de antocianina (Meneses, 1996). Tapia (1997), señala también que en la base del peciolo existen pequeñas hojas estipulares, muchas veces rudimentarias.

**Flores e inflorescencia.** La forma de las flores es la típica de las Papilionoideae y es fácil de distinguirla por estructura floral. La inflorescencia es en racimo terminal con flores verticiladas, pudiendo contener hasta 60 flores.

Presenta una corola grande de 1 a 2 cm, con 5 sépalos y 5 pétalos compuesto por un estandarte, 2 alas y 2 quillas. Según el tipo de ramificación de la planta puede tener de dos a tres floraciones sucesivas (Meneses, 1996).

Según Tapia (1994), la coloración de la flor varía entre el inicio de su formación hasta la maduración de un azul claro hasta uno muy intenso y de allí se origina su nombre científico, mutabilis, es decir que cambia, los colores más comunes son los tonos azul e incluso púrpura y los menos frecuentes los colores blanco, crema, rosado y amarillo.

**Fruto y semilla.** Las semillas están incluidas en número variable en una vaina de 5 a 12 cm, varían su forma (redonda, ovalada a casi cuadrangular), miden entre 0,5 a 1,5 cm. Un kilogramo tiene 3500 a 5000 semillas. La variación en tamaño depende tanto de las condiciones de crecimiento como del ecotipo o variedad. Los colores del grano

incluyen blanco, amarillo, gris, ocre, pardo, castaño, marrón ó colores combinados como marmoleado, media luna, ceja y salpicado (Gross, 1982).

Las semillas presentan latencia por inmadurez, ya que requieren una fase de post maduración antes de germinar (CIPCA, 2009).

El fruto es una es una vaina, generalmente llamada legumbre. Es un fruto formado por un simple carpelo y unido por una sutura ventral y dorsal, de esta manera separada entre dos valvas. El largo de la vaina puede llegar a 12 cm dependiendo del número de semillas, pudiendo llegar a 9 semillas. La semilla está recubierta por un tegumento endurecido (cáscara) que puede constituir el 10% del peso total de grano (Meneses, 1996).

**Fenología.** Las diferentes fases fenológicas según (CIPCA – 2009) son: germinación, emergencia y cotiledones, 3 a 4 hojas verdaderas y formación de tallo central, floración, envainado y maduración de vainas, maduración fisiológica.

**Ciclo vegetativo.** El ciclo varía entre los 150 a 360 días, después de la siembra, dependiendo del genotipo y la maduración del eje central solo o de las demás ramas secundarias (CIPCA – 2009).

## **2.2.3 Exigencias agroecológicas del cultivo**

### **2.2.3.1 Temperatura**

Mujica (1977), indica que la temperatura óptima de día oscila entre los 20 a 25 °C y las temperaturas bajas por la noche favorecen la formación de los aceites en un 20%. No tolera las heladas en las fases iniciales como la formación del eje floral y en la formación de vainas.

Lescano (1994), señala que el tarwi se cultiva en los Andes del Perú y Bolivia, hasta alturas de 3850 m.s.n.m., presenta ecotipos que soportan temperaturas de 9.5°C. Durante el crecimiento, la temperatura óptima durante el día oscila entre 20 a 25°C. Temperaturas por encima de los 28°C interfieren en el óptimo desarrollo de la planta. Para favorecer el desarrollo de los granos, especialmente para la formación de sustancias de reserva (aceite) se requiere una temperatura nocturna relativamente baja,

por debajo de los 9.5°C, condición que se da en la región de origen del *Lupinus mutabilis*.

Según Meneses (1996), el tarwi es una planta que crece bien en climas templados a fríos, no cálidos sobre todo moderados. El tarwi es susceptible a las heladas en etapas de emergencia, floración y formación de vainas, razón por la que no se hace cultivo invernal. Se cultiva en Bolivia en alturas que van desde los 2500 hasta los 4000 m.s.n.m.

Tapia (1997), menciona que el tarwi se cultiva en áreas moderadamente frías, aunque existen cultivos hasta los 3800 m.s.n.m. a orillas del lago Titicaca, donde es frecuente la presencia de heladas.

#### **2.2.3.2 Humedad**

Según Lescano (1994), para una alta autopolinización, es indispensable contar con una elevada humedad atmosférica. Por el contrario, para la óptima formación de granos, es ideal que las lluvias disminuyan hacia finales del periodo vegetativo y que cesen del todo para la maduración, así como se reduzca la humedad atmosférica.

#### **2.2.3.3 Fotoperiodo**

Al respecto Gross y Von Baer (1978), señalan que el centro genético andino del *L. mutabilis* rige el día corto, a diferencia de la región de origen del *L. Albus*. Sin embargo, la influencia fotoperiódica del día corto parece ser de importancia secundaria.

A su vez Burcark (1952), referente al fotoperiodismo, indica que el tarwi se clasifica entre las especies indiferentes. Igualmente Rea (1978), informa que en la formación de flores y vainas el fotoperiodo es indiferente.

#### **2.2.3.4 Precipitación pluvial**

Gross y Von Baer (1981), mencionan que los requerimientos de humedad son variables dependiendo de la precocidad de la planta. Los ecotipos de maduración temprana necesitan como mínimo 350 mm de precipitación durante su ciclo vegetativo; sin embargo, y debido a que el tarwi se cultiva sobre todo bajo secano, oscilan entre 500 a

700 mm. La planta es susceptible a sequías durante la formación de flores y frutos afectando seriamente la producción.

Según Mujica (1994), en cuanto a la precipitación pluvial, sus requerimientos se sitúan en 350-850 mm, siendo cultivado exclusivamente en condiciones de secano. Es susceptible al exceso de humedad y moderadamente susceptible a la sequía durante la floración y envainado.

Según Meneses (1996), las exigencias de humedad varían notablemente y dependen del suelo, la temperatura atmosférica y la precocidad de la planta. Sin embargo, debido a que el tarwi se cultiva sobre todo a secano, estas oscilan entre 350 a 700 mm de precipitación. El periodo en el que la planta requiere la mayor cantidad de agua es durante la fase reproductiva (formación de flores y frutos).

#### **2.2.3.5 Suelo**

Ritva (1988), indica que el tarwi crece bien en suelos ácidos o neutros y en general en suelos con pocos nutrientes; su cultivo tiene un importante efecto positivo en la calidad de la tierra al aumentar la cantidad de los nutrientes, mejorando además la estructura de la tierra y haciéndolo más resistente a la erosión.

Por otro lado Tapia (1997), menciona que el tarwi es propio de suelos pobres y marginales. Cuando existe una apropiada humedad, el tarwi se desarrolla mejor en francos a francos arenosos; lo que no resiste el cultivo son los suelos pesados y donde se puede acumular humedad en exceso. Requiere además un balance adecuado de nutrientes. No necesita elevados niveles de nitrógeno pero sí la presencia de fósforo y potasio.

Millones (1980), señala que los suelos con pH de 4 a 7 son los suelos más adecuados para este cultivo. El cultivo tiene la característica de adaptarse muy bien a distintos tipos de suelos, sin embargo, se debe evitar su cultivo en suelos de poco drenaje o alcalinos. Cuando es cultivado en suelos alcalinos se tiene problemas como: poco desarrollo vegetativo, clorosis y en casos extremos no hay producción.

Tapia (1994) señala que los suelos que requiere deben ser francos y franco-arenosos con balance adecuado de nutrientes y buen drenaje, así como un pH que oscila entre 5 y 7. En suelos ácidos, la fijación de nitrógeno por el *Rhizobium* es muy escasa, debiendo utilizarse en lo posible cepas nativas de cada zona de cultivo.

El tarwi puede cultivarse bien en diferentes suelos, pero rendirá mejor si se siembra en terrenos francos y bien drenados, en terrenos muy húmedos no rinde bien (ANECOMSA, 2001)

## **2.3 Aspectos agronómicos del cultivo**

### **2.3.1 Preparación del terreno**

Meneses (1996), señala que se debe realizar una buena preparación del terreno efectuada con bastante anticipación, con la finalidad de acumular el agua de invierno (barbecho) y al mismo tiempo facilitar la descomposición de restos de cultivos anteriores y la eliminación de las malezas que podrían existir, siendo además esta una práctica que ayuda en la aireación del terreno.

Según Gross (1982), la preparación del terreno depende de las condiciones del suelo y del clima, así como del nivel tecnológico del agricultor. Una buena preparación del terreno debe hallarse libre de malezas y tener la humedad suficiente para cubrir la necesidad de agua que hace falta para el hinchamiento y germinación del grano.

### **2.3.2 Época de siembra**

Según Ritva (1988), la siembra se realiza normalmente entre septiembre y octubre, frecuentemente después de haber sembrado los cultivos más importantes, si queda todavía tiempo y hay tierras disponibles.

Meneses (1996), expresa que la época de siembra es de mucha importancia ya que de esta dependerá que se obtenga una buena cosecha o que se pierda por falta de precipitación o por la presencia de las heladas ya que el tarwi es susceptible a las mismas. Por lo general la época de siembra comienza en los meses de agosto, para aquellas zonas que cuentan con riego de auxilio, sin embargo, la mayor parte de la siembra se la efectúa con las primeras lluvias los meses de octubre y noviembre.

La mejor época de siembra para la zona alto andina es el mes de septiembre. Se inicia las siembras cuando se han acumulado por lo menos 100 mm de precipitación en la campaña agrícola (CIPCA, 2009).

### **2.3.3 Método de siembra**

En la siembra al voleo, la semilla es distribuida en forma homogénea por toda la parcela, con esta técnica se consigue una mayor densidad y un mejor aprovechamiento del agua y elementos nutritivos del suelo, permite una mayor competencia a las malas hierbas y la siembra es más rápida y barata. La siembra en líneas o surcos, permite un ahorro de semilla de un 20% a 40%, economiza el agua disponible en el suelo y puede darse labores de limpieza entre líneas (Del Pozo, 1983).

La siembra en línea se debe utilizar en las zonas semiáridas, debido a que el sistema permite depositar la semilla en contacto con el suelo húmedo, puede realizarse con maquinaria. Este método permite ubicar la semilla en una profundidad adecuada y lograr una distribución uniforme, lo que implica menores requerimientos en semilla (Delgadillo *et al.* 1996)

La distribución de semillas en la siembra al voleo resulta desuniforme y es difícil regular adecuadamente la profundidad de siembra, lo cual disminuye la eficiencia de este método y hace necesario usar dosis de semillas más altas. Posterior a la siembra se requiere el enterrado para establecer un buen contacto con el suelo. Esto se consigue con una rastra de ramas o un rodillo liso o corrugado.

La siembra al voleo se puede utilizar en zonas sub húmedas debido a que generalmente en la época de siembra no hay problemas de déficit de humedad. De todas formas es un sistema ineficiente debido a que no se puede regular la profundidad de siembra y exige una mayor densidad (Cargill, 1998).

### **2.3.4 Densidad de siembra**

Gross (1982), señala que la densidad de siembra depende fundamentalmente de las ramificaciones de la planta y se debe buscar de aprovechar al máximo la energía solar

por unidad de superficie en toda la plantación. Normalmente se recomienda una cantidad de semilla de 100-120 Kg/ha.

Según Zelaya (1999), en el Altiplano Norte (Copacabana, Carabuco), la época de siembra es establecida a partir del 15 de octubre hasta fines del mismo, siendo la densidad de siembra 70 Kg/ha.

La práctica tradicional de cultivo consiste en sembrar con laboreo mínimo sobre todo en suelos delgados y zonas altas. La densidad de siembra óptima a 0.70 m entre surcos, 0.30 m entre plantas y tres semillas por golpe, usando 80 kg/ha de semilla (Mujica, 1994), seleccionada y desinfectada contra *C. acutatum* que produce antracnosis en la planta (Talhinhas *et al*, 2002).

### **2.3.5 Siembra**

Meneses (1996), menciona que antes de la siembra se procede el roturado, luego rastreado del terreno, quedando de esta manera el terreno en condiciones de ser sembrado. Una vez listo el terreno se abre los surcos y se distribuye la semilla de una manera uniforme de acuerdo con la densidad y a una profundidad de 3 a 5 cm, dependiendo de la humedad del terreno.

Según Gross (1982), la semilla se coloca en suelos pesados a una profundidad de 2 cm y en suelos francos hasta un máximo de 4 cm. En suelos más ligeros se puede sembrar a mayor profundidad. A medida que aumenta la profundidad disminuye la emergencia, puesto que se presentan enfermedades germinales que atacan al hipocotilo.

### **2.3.6 Cosecha y rendimiento**

La cosecha se efectúa en los meses de junio y julio, una vez determinada la madurez fisiológica, cuando las vainas están secas. Debe ser en el momento oportuno, ya que de lo contrario trae pérdidas en los rendimientos debido a que se pueden presentar problemas como ataque de insectos, pudrición de vainas por exceso de humedad y derrame de las semillas por dehiscencia debido a los cambios de temperatura (Meneses, 1996).

Según la Segunda Reunión Nacional sobre Mejoramiento Genético Integral de Tarwi o Lupino (1979), en las parcelas experimentales conducidas por el Centro Fitotécnico de Pairumani a 3.000 metros de altura, se cosecharon más de 4.000 Kilogramos de grano por hectárea.

Meneses (1996), indica que los rendimientos alcanzados por los agricultores fluctúan entre 700 y 1200 Kg/ha. Están en función de la estructura de la planta, el número de ramas, vainas, granos y el peso de los granos. En ensayos con cultivares mejorados a alturas superiores a los 3000 m. en el Departamento de Cochabamba, se obtuvieron rendimientos que fluctúan entre 2500 y 4500 Kg/ha.

Los rendimientos del tarwi alcanzan 3500-5000 kg/ha, cuando el cultivo es conducido en forma adecuada y se le proporciona todos sus requerimientos en forma oportuna. También tiene potencial la producción de alcaloides (lupinina) para uso como biocidas o repelentes de las principales plagas que afectan los cultivos de la zona andina (Mujica, 2004).

### **2.3.7 Labores culturales**

#### **2.3.7.1 Riego**

Según Meneses (1996), el primer riego normalmente se realiza entre los 20 y 30 días después de la siembra que hasta ese tiempo la humedad que tenía el terreno para la siembra, será suficiente para desarrollo del cultivo. El número de riegos a realizarse está en función a las necesidades hídricas del cultivo, es en este sentido que la necesidad del agua es mayor durante la formación de flores y frutos pero por lo general son de cuatro a cinco entre siembra a cosecha. Es importante no haya mucha acumulación de agua, ya que el tarwi es susceptible a la excesiva humedad.

#### **2.3.7.2 Deshierbe**

Gross y Von Baer (1981), señalan que el cultivo desarrolla primeramente su sistema radicular hacia abajo, se retarda su crecimiento aéreo durante el estado de roseta, y las malas hierbas como las gramíneas y la mostaza silvestre aventajan a los lupinos en altura, sustrayéndoles la energía solar necesaria para la asimilación.

Además, las malezas pueden actuar como hospederas intermedias de diferentes enfermedades y plagas, constituyendo de esta manera, focos primarios de infección. No obstante, el deshierbe manual resultó mejor como método de control. Para el control de malezas en la pequeña agricultura se recomienda dar prioridad al deshierbe mecánico o manual antes de recurrir al control químico.

Según Meneses (1996), el deshierbe es una de las prácticas culturales más importantes ya que malas hierbas compiten con las plantas cultivadas por la luz, agua y nutrimentos, causando disminución de rendimiento y calidad de los granos. El periodo crítico es durante las primeras semanas del cultivo cuando no pueden competir con la rusticidad que poseen las malas hierbas. Normalmente es efectuado a mano pero se puede hacer también un control químico.

Un deshierbe y un aporque manual o con tractor entre los 45 y 60 días, eliminan la competencia con malezas, contribuye a la aireación del suelo y evita la caída de las plantas (CIPCA, 2009).

### **2.3.8 Plagas y enfermedades**

#### **2.3.8.1 Plagas**

Se ha determinado a las principales plagas que afectan al cultivo. Las más importantes: masticadores de follaje y barrenadores de tallo (*Copitarsia turbata* y *Agromyza sp.*) y picadores chupadores (*Frankliniella tuberosi* y *Myzus sp.*), (Talhinhas *et al*, 2002).

En términos generales, se puede afirmar que las plagas en el área andina no han alcanzado hasta ahora la importancia endémica de las enfermedades. Las plagas se propagan de preferencia en épocas secas y calurosas (Gross, 1982).

En el siguiente cuadro 3, se presenta las principales plagas que atacan al cultivo de tarwi, durante el desarrollo del cultivo.

**Cuadro 3. Principales plagas en el cultivo de tarwi (Frey y Yábar, 1983)**

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ATAQUE
<b>Insecto del suelo</b> Cortadores Gusano peludo de semilla	<i>Feltia spp.</i> <i>Agrotis</i> , <i>Copitarsia turbata</i> <i>Astylus</i>	Las larvas cortan plántulas
<b>Barrenadores</b> Gorgojo barrenador del tallo Minador de hojas	<i>Apion spp.</i> <i>Liriomyza sp.</i>	Las larvas cortan cotiledones y raíz: el adulto come el polen
<b>Picadores</b> Trips Cigarritas	<i>Frankliniella spp.</i> <i>Bergalia</i>	Producen galerías en la base del tallo
<b>Masticadores</b> Carhua	<i>Epicauta</i>	Consumen hojas

Fuente: [www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro10/cap03](http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro10/cap03)

### 2.3.8.2 Enfermedades

Tapia (1997), reporta que una de las enfermedades más importantes es la antracnosis, producida por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, ataca el tallo, hojas, brotes y primordios foliares produciendo manchas necróticas. Puede ser afectado por otro hongo *Rhizoctonia*, que ataca el cuello de la raíz. La marchitez es ocasionada por *Fusarium oxysporum* en plantas adultas, en campos con mal drenaje. Finalmente la roya del *Lupinus* presenta pústulas que se observan como un polvillo de color anaranjado en las hojas, tallos y hasta frutos.

**Cuadro 4. Principales enfermedades en el cultivo de tarwi (Frey y Yábar, 1983)**

NOMBRE COMÚN	PATÓGENO	CONTROL
Antracnosis	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Desinfección de semilla
Quemado de tallo	<i>Ascochyta sp.</i> <i>Phoma lupini</i>	Desinfección de semilla
Marchitez	<i>Rhizoctonia solani</i> (plantas jóvenes) <i>Fusarium oxysporum</i> (plantas adultas)	Drenaje Rotación de cultivos
Roya	<i>Uromyces lupini</i> <i>Chysocelis lupini</i>	Rotación de cultivos
Mancha anular	<i>Ovularia lupinicola</i>	Innecesario
Pudrición base del tallo	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Rotación de cultivo

Fuente: [www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro10/cap03](http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro10/cap03)

## 2.4 Centros de producción en los países del área Andina

Su cultivo se mantiene desde Ecuador, Perú, Bolivia hasta Chile y el noreste argentino, bajo distintos sistemas de producción. Los pobladores pre-incas domesticaron a esta planta, lo cual fue plasmado en cerámicas y tejidos. Sin embargo, fue desplazada por la introducción de cultivos europeos y a causa de esta marginación, el tarwi ha sido una de las especies más afectadas debido a su fuerte sabor amargo por su contenido de alcaloides en el grano. Por lo que requiere de un proceso de lavado que elimine esos alcaloides. Este requisito constituyó una desventaja frente a otras leguminosas introducidas y determinó la disminución de su área cultivada. Pudo haber influido en su marginación el hecho de ser consumida mayormente por la población indígena y la variación de su rendimiento, a pesar de tener una gran diversidad de formas cultivadas, encontrándose actualmente sus parientes silvestres ampliamente distribuidos en los valles interandinos y en el Altiplano peruano-boliviano (Mujica, 1992).

Según Tapia (2000), se han obtenido buenos rendimientos a nivel del mar, en España e Italia, los *lupinus* o *altramuces* son cultivados, que son parientes del tarwi pero poseen diferente número cromosómico.

El tarwi además de ser producido tradicionalmente en Perú, Bolivia y Ecuador, también está siendo cultivado a gran escala y con notable éxito en Nueva Zelanda, Vietnam, Europa y los Estados Unidos (IBCE, 2009).

## 2.5 Centros de producción de tarwi en Bolivia

En **Bolivia** la superficie cultivada varía de 5.000 a 7.000 has, dependiendo del año y de la demanda del mercado interno, siendo el rendimiento en grano un promedio óptimo de 900 Kg/ha. Las principales áreas de cultivo de tarwi se encuentran en las orillas del lago Titicaca, especialmente en la península de Copacabana, y también tiene en Carabuco, donde la existencia de suelos arenosos favorece al cultivo de tarwi (Tapia, 1978).

La producción de tarwi en Bolivia se da en el altiplano norte de La Paz, los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí, los máximos rendimientos son de 916 kg/ha y los rendimientos más bajos de 458 kg/ha (ENA, 2008)

En el siguiente cuadro 5, se presentan datos estadísticos sobre superficie y rendimientos del cultivo de tarwi en Bolivia.

**Cuadro 5. Estimación de áreas del cultivo de tarwi en Bolivia (ENA, 2008).**

<b>Departamento</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Rendimiento (Kg/ha)</b>
La Paz	710	723
Cochabamba	261	916
Potosí	900	494
Chuquisaca	24	458
<b>TOTAL</b>	<b>1895</b>	<b>637*</b>

\* Rendimiento promedio nacional

## **2.6 Fijación de nitrógeno**

### **2.6.1 Simbiosis de leguminosas y bacterias**

Alexander (1980), menciona que la fijación del nitrógeno atmosférico requiere de dos especies para su asociación: una planta y un microorganismo. Los rhizobios pueden agregarse en diferentes sitios adyacentes de la raíz, gracias a los polisacáridos en la superficie de las bacterias invasoras que provocan el enlace de estas células, con las constituyentes de la superficie de las plantas.

También afirma que en la mayoría de las leguminosas la invasión ocurre a través de los pelos radiculares, que en presencia de un rhizobio apropiado los pelos radiculares sufren una deformación o un enroscamiento, bajo la influencia de algunos productos sintetizados y excretados por las bacterias, probablemente estos productos incluyan ácidos nucleicos, polisacáridos o proteínas. En la primera etapa los pelos radiculares, se invagina y la invaginación continua hasta constituir una estructura tubular, siguiendo la estructura, la bacteria forma un cordón de infección; parecido a una hifa, finalmente el cordón se ramifica dentro de las porciones centrales del nódulo en desarrollo y las bacterias son liberadas dentro del citoplasma de su simbiote.

### **2.6.2 Nodulación**

Según Hamdi (1985), los nódulos constituyen parte de la fisiología general de la planta, por tanto cualquier cambio existente; nutrición, fotoperiodismo, fotosíntesis, variaciones

climáticas, etc., también manifiestan la sintomatología correspondiente a las variaciones.

Según Tapia (1990), el tarwi tiene una raíz pivotante vigorosa y profunda que puede tener una profundidad de hasta 3 m, además de poseer la gran ventaja de formar nódulos de variados tamaños (1 a 3 cm) en sus raíces en simbiosis con una bacteria del género *Rhizobium* y de esta manera fijar nitrógeno, también indica que es posible observar los primeros nódulos después de 2 a 3 semanas de haber emergido la plántula.

Según Pijnenborg (1998), la fijación de nitrógeno llega a un nivel máximo cuando la planta termina su fase vegetativa e inicia la floración. En esta fase se encuentra el mayor número de nódulos activos en el sistema radicular.

### **2.6.3 Factores que influyen en la fijación biológica del nitrógeno**

De acuerdo a Pijnenborg (1998), los factores que afectan la fijación biológica del nitrógeno atmosférico pueden ser agrupados en tres grupos: factores intrínsecos, climáticos y edáficos.

#### **2.6.3.1 Factores intrínsecos de planta y bacteria**

Existe una diferencia en la especificidad de relación entre planta y bacteria; sobre la base de esta especificidad se puede pronosticar el desarrollo de una simbiosis efectiva (Alta, Media y Baja especificidad), las cepas de *rhizobium* se caracterizan por cuatro propiedades. La especificidad es la propiedad por la que *rhizobio* infecta selectivamente una planta huésped. La infectividad es la capacidad de *rhizobio* de formar nódulos. La efectividad es la capacidad de fijar nitrógeno. La competitividad es el poder de sobrevivir en el suelo y competir con otras cepas para infectar la raíz.

#### **2.6.3.2 Factores climáticos**

La temperatura afecta tanto a la sobre vivencia de los *rhizobios* como en la nodulación, cuando la temperatura aumenta sobre los 40°C, la efectividad de los *rhizobios* disminuye considerablemente.

De acuerdo a la FAO (1991) citado por Orozco (1996), el contenido de humedad en el suelo influye en la viabilidad de los rhizobios, encontrándose una humedad optima entre el 60% y 70%, ya que estos son sensibles al secado excesivo cuando se exponen al aire libre; en cambio, el exceso de agua puede reducir el aire en el suelo y comprometer la supervivencia de las bacterias.

Otros factores ambientales que limitan la fijación de nitrógeno según ([www.grain.org](http://www.grain.org)) son:

- La sequía
- Inundación periódica.
- Presencia de compuestos fenológicos procedentes de materia orgánica en descomposición.
- Bajas temperaturas en invierno.
- Salinidad.
- pH bajo.
- Reducida disponibilidad de nutrientes.
- Defoliación debida al fuego, sequía y presencia de animales herbívoros.
- La formación de rocío, factor que puede provocar una fluctuación diaria en la actividad fijadora especialmente de las cianobacterias.

Tanto la proliferación de *Rhizobium* como la formación de nódulos, requieren presencia de potasio, calcio, zinc, cobre y boro. El proceso de fijación en si demanda hierro, molibdeno, cobalto, zinc, fósforo y en menor grado cobre, azufre y calcio.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización**

El trabajo de investigación se realizo en el Municipio de Puerto Mayor Carabuco, que se encuentra ubicado en el Altiplano Norte del Departamento de La Paz, y constituye la Tercera Sección de la Provincia Camacho y cuenta con cuatro cantones que son: Carabuco, Chaguaya, San Miguel de Yaricoa y Ambana.

El Municipio cuenta con una superficie de 1686.64 Km<sup>2</sup> lo que representa el 15% del tamaño total de la provincia Camacho.

Presenta una topografía accidentada con montañas y serranías de 45 a 60 grados, con diferencias notables de elevación, depresiones y planicies onduladas cerca al Lago Titicaca, con altitudes que varían desde 3500 a 5000 msnm. Distante a 150 km, de la Ciudad de La Paz (PDM Carabuco, 2006 - 2010).

Limita al Norte con la Segunda Sección (Moco Moco) de la Provincia Camacho, al Este con la Provincia Muñecas, al Sur con la Segunda Sección (Ancoraimos) de la Provincia Omasuyos y al Oeste con el lago Titicaca (Riveros, 2007).

Se presentan dos épocas bien marcadas, la seca y húmeda. La primera (meses de mayo, junio, julio, agosto y parte de septiembre) son meses secos y las temperaturas medias fluctúan entre 4 a 6 grados centígrados. Estos valores de temperaturas, sin embargo no representan el comportamiento de la temperatura, ya que las temperaturas mínimas y máximas extremas presentan una gran amplitud, afectando el desarrollo de los cultivos. Estas temperaturas llegan muchas veces a tomar valores de - 4 °C en las madrugadas a 20 °C a las 3 de la tarde.

Los datos climáticos de los últimos 20 años muestran que la región presenta una precipitación promedio de 473,5 mm/año, distribuyéndose la misma en un promedio de 78 días durante el año. El comportamiento de la distribución de las lluvias muestra que la época de lluvias se inicia en los meses de Noviembre y Diciembre, alcanzando una máxima precipitación en el mes de enero y disminuye para los meses de marzo y abril.

Esta distribución determina los meses de desarrollo de los cultivos como la papa, quinua y otros que se producen en condiciones sin riego.

El ciclo agrícola 2010/2011 presenta una distribución totalmente atípica, pese a ser considerado un año niña, prácticamente en los meses de octubre y noviembre no se presentaron lluvias y si una gran incidencia de días con heladas, lo que determino que los cultivos no lleguen a desarrollarse adecuadamente.

La humedad relativa promedio anual registrada en los últimos 20 años fue de 59,8% (CUNA, 2010).

Figura 1. Mapa de ubicación de la Provincia Camacho y Zona donde se desarrollo el experimento Puerto Mayor Carabuco



## **3.2 Características agroecológicas de la zona**

### **3.2.1 Suelo**

En toda la extensión de la jurisdicción del Municipio los suelos son muy variables, a pesar de que no existen estudios precisos que nos indiquen la verdadera naturaleza del mismo, estableciendo que las laderas presentan suelos bastante superficiales y profundos cerca de los ríos y en las depresiones de las mismas. Por otra parte, en las orillas del lago Titicaca los suelos tienden a una salinización, con una favorable profundidad. El suelo está clasificado como podsoles amarillos en general, con las características de ser permeables y francos, con un pH medio.

En ese contexto, esta formación se encuentran los valles coluvio – aluviales, mismos que predominan en la región, especialmente ubicadas en las riberas de los ríos teniendo suelos de tipo franco y superficiales.

El suelo en la parte de la puna o de pie de monte de la Cordillera, están formados por suelos aluviales y son generalmente susceptibles a inundaciones temporales, y presentan colores pardos a grises oscuros debido al alto contenido de materia orgánica que se acumula bajo estas condiciones.

Por lo general, la textura del suelo en la región presenta diferentes clasificaciones como ser: franco limosas a arcillosas con estructura migajosa a bloques sub angulares en la superficie, lo que dificulta que tengan un drenaje eficiente.

Los afloramientos de rocas ígneas identificadas en esta unidad territorial son procedentes de rocas volcánicas como la dacita y la andesita (PDM 2006 – 2010).

### **3.2.2 Vegetación**

Según Cori (2004), en la zona de estudio se presentan una diversidad de especies nativas y especies introducidas. Estas especies alcanzan el mayor crecimiento y desarrollo en la época de lluvias. Se encuentran gramíneas (*Festuca dolichophylla*, *Stipa ichu*, *Hordeom medicum*); malezas como Alimiski (*Erodium moschatum*), Layulayu (*Trifolium amabili*), Moztaza (*Brassica sp*), entre las especies introducidas están el eucalipto (*Eucaliptos globulus*) y cipres (*Librocedrus chilensis*).

**Cuadro 6. Vegetación nativa e introducida a la zona (PDM Carabuco, 2006 - 2010)**

<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>
Keñua	<i>Polilepys incana</i>
Kiswara	<i>Margarycarpues stesus</i>
Itapallu	<i>Ortiga sp.</i>
Sewenca	<i>Cortaderia sp.</i>
Chiji	<i>Poa annua</i>
Paico	<i>Chenopodium sp.</i>
Airampu	<i>Opuntia cochabambensis</i>
Ichu	<i>Stipa ichu</i>
Pasto pluma	<i>Nasella meyeniana</i>
Sillu sillu	<i>Lachemilla pinnata</i>
Chijchipa	<i>Festuca dolichophyla</i>
Totora	<i>Scirpues totora</i>
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
Quinoa	<i>Chenopodium quinoa</i>
Oca	<i>Oxalis tuberosa</i>
Cebolla	<i>Allium cepa</i>
Haba	<i>Vicia faba</i>
Paja brava	<i>Festuca orthophylla</i>

### **3.2.3 Características socio económicas**

#### **3.2.3.1 Agricultura**

En esta zona existe una amplia variedad de cultivos como ser: papa (*Solanum tuberosum*), cebada (*Hordeum vulgare*), haba (*Vicia faba*), arveja (*Pisum sativum*), tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), avena (*Avena sativa*), quinua (*Chenopodium quinoa*), oca (*Oxalis tuberosum*), papalisa (*Ullucus tuberosus*), izaño (*Tropaelum tuberosum*). Siendo el cultivo de papa, haba, tarwi, cebada y hortaliza como la cebolla de mayor importancia económica y papa para la alimentación de las familias de la zona (Cori, 2004).

#### **3.2.3.2 Ganadería**

La población tiene como animales domésticos de mayor importancia económica al ganado vacuno (*Bos taurus*), ovino (*Ovis aries*), porcino (*sus domesticus*), cuyes (*Cavia porcellus*), unas cuantas aves de corral y utilizan como medio de transporte el asno (*Equus asinus*). En general la subsistencia y economía de los habitantes de esta zona depende de la producción agrícola y pecuaria (Cori, 2004).

### **3.2.3.3 Pesca**

Al margen de la agricultura y la ganadería también se dedican a la pesca, principalmente de especies icticas como el ispi (*Orestias ispi*) en mayor importancia, seguido del Karachi (*Orestias luteus*), mauri (*Trichomycterus dispar*) en menor proporción, también especies introducidas como Pejerrey (*Atherina presbyter*) y Trucha (*Salmo gairdneri*) en ciertas épocas del año. Cabe mencionar también que la pesca en el orden de importancia en la generación de recursos económicos solo ocupa el 25 % el resto de los ingresos que vendría a ser el 75% es exclusivamente de la agropecuaria, estos datos fueron recabados en encuestas llevadas a cabo en la localidad de Carabuco donde se realizo el trabajo de investigación.

## **3.3. Materiales**

### **3.3.1 Material genético**

En el presente trabajo se empleo el ecotipo de tarwi Blanco Carabuco.

### **3.3.2 Materiales y equipos de campo**

Los materiales y herramientas utilizadas en la presente investigación fueron:

- Herramientas manuales: picotas, chuntillas
- Barreno muestreador de suelos
- Estacas de madera
- Letreros para identificar tratamientos
- Marbetes para muestrear plantas
- Flexómetro para medir altura de planta
- Wincha para delimitar parcela experimental
- Cuaderno
- Bolígrafos
- Cámara fotográfica
- GPS

## **3.4 Metodología**

### **3.4.1 Procedimiento de campo**

#### **3.4.1.1 Muestreo y análisis de suelo**

El muestreo del suelo para análisis físico y químico, se realizó antes de la preparación del terreno en fecha 20 de octubre y 15 días después de la cosecha por el método de zigzag (muestras compuesta), a dos diferentes profundidades de 0 – 15 cm y de 15 a 30 cm, con la ayuda de un barreno muestreador para posteriormente depositarlos en bolsas de polietileno y llevarlos para su análisis respectivo en IBTEN.

#### **3.4.1.2 Preparación del terreno**

Una semana antes de la siembra se realizó el roturado, desterronado y nivelado de la parcela experimental, con la ayuda de un tractor de disco y varias pasadas.

#### **3.4.1.3 Demarcación de la parcela**

La demarcación de la parcela experimental se la realizó el mismo día de la siembra, procediendo primeramente a la delimitación de los bloques, seguida de las unidades experimentales dentro los bloques con estacas de acuerdo al croquis y dimensiones del experimento.

#### **3.4.1.4 Siembra**

Una vez realizado el desterronado y su posterior nivelación se procedió con la siembra en fecha 25 de octubre, que se la realizó de forma manual con la ayuda de picotas, en el tratamiento de siembra en surco se abrió 10 por unidad experimental, mientras que en el tratamiento al voleo se lo desparramó de manera homogénea para luego proceder a tapar con la ayuda de rastrillos.

### **3.4.2 Labores culturales**

#### **3.4.2.1 Control de malezas**

El control de malezas, principalmente de muni muni (*Bidens andicola*), moztaza negra (*Brassica nigra*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), se realizó de forma manual con ayuda de chuntillas, en fecha 27 de enero, ya que a principios de mes se presentaron fuertes precipitaciones lo que influyo en la emergencia y crecida de malezas, esta actividad se la hizo en los tratamientos de siembra en surco por el fácil acceso, mientras que en los tratamientos de siembra al voleo el ingreso no fue posible, ya que las plantas se encontraban dispersas en toda la unidad experimental, con esta actividad se pudo evitar la competencia por la luz y nutrientes durante todo el desarrollo del cultivo.

#### **3.4.2.2 Incidencia de Plagas**

Se pudo observar la presencia de plagas cuando se registraron las precipitaciones y las plantas estaban en la fase de emergencia, entre ellas el **gusano cortador** (*Agrotis ypsilon* Rott), que causó daños en estado larval, cortando del cuello y produciendo la muerte de las plántulas, **gusano de tierra** (*Copitarsia turbata* H.S.), atacó a las raíces realizando perforaciones para luego subir por todo el tallo hasta ocasionar la muerte de las plántulas. Finalmente **Ticuchis** (*Feltia experta* Walkk) y larvas de mariposas que atacaron a las vainas afectando a la calidad de los granos, en la plena etapa de madurez fisiológica del cultivo.

#### **3.4.2.3 Cosecha**

La cosecha se realizó en forma manual, simplemente arrancando con las manos, a los 215 días después de la siembra, en fecha 27 de mayo cuando el cultivo llegó a su madurez fisiológica (vainas con coloración café amarillenta).

#### **3.4.2.4 Formación de pequeñas parvas y secado**

Una vez realizada la cosecha se formaron pequeñas parvas en el mismo terreno, con la finalidad de que completen con la madurez algunas vainas, permaneciendo entre 2 a 3 semanas reduciendo así la humedad de la planta, para facilitar el trillado.

### 3.4.2.5 Trillado y venteado de granos

Luego del secado se procedió con el trillado, mediante método tradicional golpeando con un palo de madera hasta desprender los granos y posteriormente se realizó el venteado, para separar la semilla de la broza.

## 3.5 Diseño experimental

El presente trabajo se realizó con un DBA (Diseño Bloques al azar) con 6 tratamientos y 3 repeticiones, Calzada (1982).

El modelo estadístico se muestra a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:  $Y_{ij}$  = Observación cualquiera

$\mu$  = Media general

$\beta_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo bloque

$\tau_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo tratamiento (Ecotipos)

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

### 3.5.1 Tratamientos

**Cuadro 7. Tratamientos de la parcela**

<b>T1</b>	Voleo a 90 Kg/ha
<b>T2</b>	Voleo a 110 Kg/ha
<b>T3</b>	Voleo a 130 Kg/ha
<b>T4</b>	Surco a 90 Kg/ha
<b>T5</b>	Surco a 110 Kg/ha
<b>T6</b>	Surco a 130 Kg/ha

### 3.5.2 Características de la parcela experimental

El área experimental presentó las siguientes características:

- Área total del experimento 540 m<sup>2</sup>
- Número de tratamientos 6
- Número de repeticiones 3
- Número de bloques 3
- Área del bloque 180 m<sup>2</sup>
- Número de unidades experimentales 18
- Ancho de la unidad experimental 5 m
- Largo de la unidad experimental 6 m
- Área de la unidad experimental 30 m<sup>2</sup>
- Número de tratamientos por bloque 6

### 3.5.3 Croquis de la parcela experimental

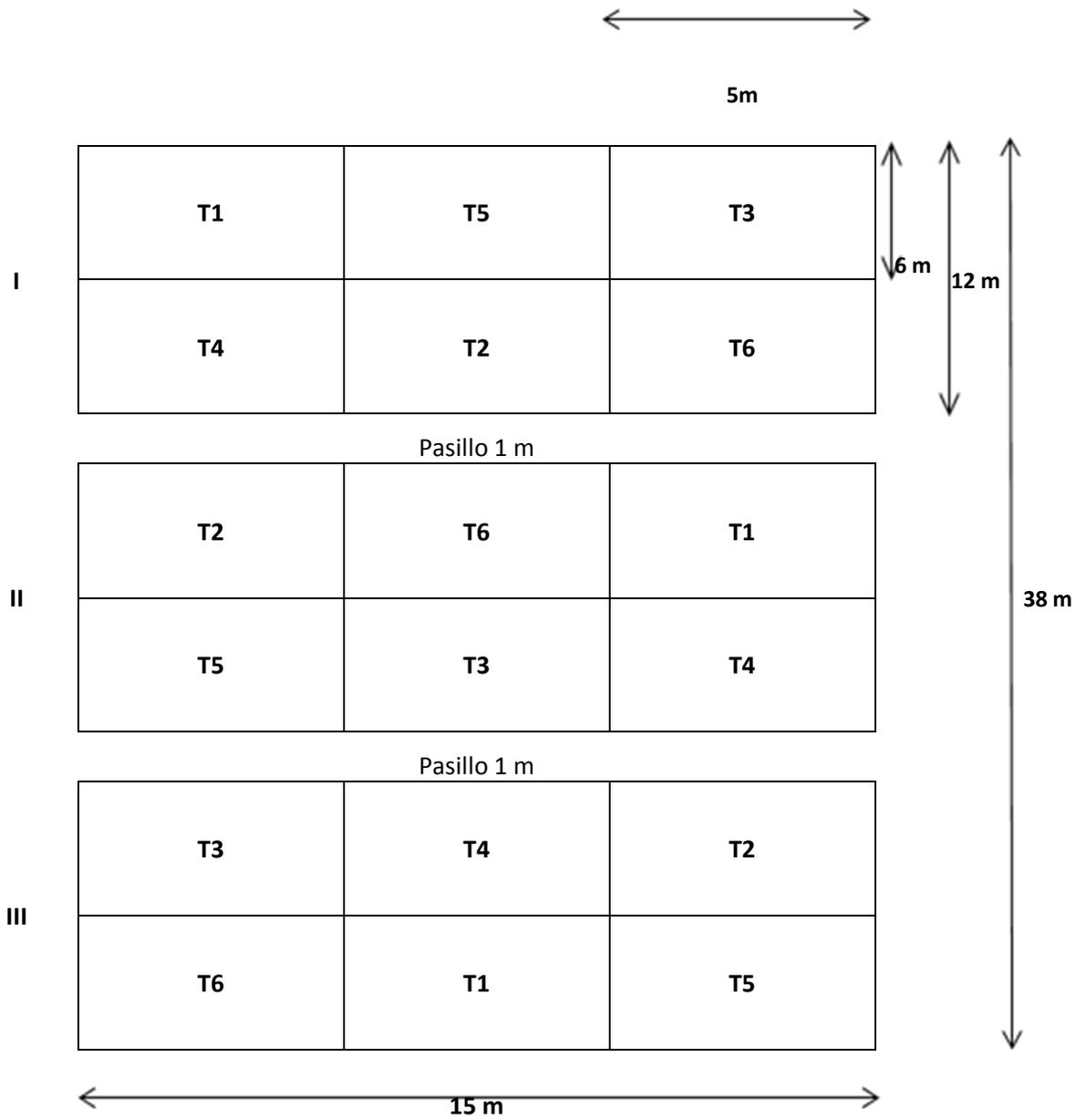


Figura 2. Croquis de la parcela experimental

## **3.6 Variables de respuesta**

**3.6.1 Análisis de Suelos.** Para los análisis de suelos que se enviaron a IBTEN, se muestrearon antes de la siembra y después de la cosecha. Los parámetros que fueron analizados se muestran en el anexo 2.

**3.6.2 Días a la emergencia.** Los días a la emergencia fueron tomados desde el momento de la siembra hasta que exista un 50% de emergencia por cada unidad experimental, esto ocurrió desde el 21 al 24 de noviembre.

**3.6.3 Días a la floración.** Los días a la floración fueron tomados a partir de la siembra hasta el momento en que 50% de las plantas de cada unidad experimental se encontraban floreciendo en el tallo central, del 20 al 24 de febrero.

**3.6.4 Días a la madurez fisiológica.** Los días a madurez fisiológica se registraron a partir de la siembra, hasta que el 50% de las plantas presentaron las vainas de una coloración amarillenta a marrón en el tallo central de cada unidad experimental, donde al sacudir emitían un ruido como sonajas, esto se observó del 11 al 15 de mayo.

**3.6.5 Altura de la planta (cm).** La altura de la planta, se realizó midiendo desde la base del tallo hasta la parte apical de la inflorescencia del tallo central de la planta, en un número de 10 plantas tomadas al azar, que luego fueron etiquetadas en cada unidad experimental, la medición se la realizó cada 15 días desde el mes de enero hasta el mes de mayo.

**3.6.6 Número de ramas por planta.** El Número de ramas se determinó una sola vez a la madurez fisiológica de las plantas, efectuando el conteo de ramas de las 10 plantas muestreadas de cada unidad experimental.

**3.6.7 Número de vainas por planta.** El número de vainas por planta se lo evaluó a la madurez fisiológica, realizando el conteo de todas las vainas presentes de las 10 plantas muestreadas de cada unidad experimental, posteriormente se obtuvo un promedio.

**3.6.8 Longitud de vaina (cm).** La longitud de vainas fue medida a la madurez fisiológica, desde la base hasta el ápice de la vaina, midiendo en las 10 plantas etiquetadas de cada unidad experimental, para luego obtener un promedio.

**3.6.9 Rendimiento de grano (Kg/ha).** Para el rendimiento se evaluó por cada unidad experimental, luego del trillado y venteado que se dio en la primera semana de junio posterior a esta actividad se procedió a pesar, los resultados fueron expresados en Kg/ha.

### **3.6.10 Análisis económico de costos parciales de producción**

Considerando la rentabilidad de la producción de tarwi, en unidades experimentales con diferente método y densidad de siembra y manejo, se hizo un análisis económico para demostrar la relación beneficio costo más adecuada, bajo los siguientes parámetros:

- **Ingreso bruto**, el ingreso bruto es el resultado del rendimiento del cultivo de tarwi por el precio de los mismos en el mercado, por unidad de superficie.

$$IB = R * P$$

Donde: IB = Ingreso bruto (Bs); R = Rendimiento (kg); P = precio en el mercado (Bs)

- **Ingreso neto**, es el resultado del ingreso bruto menos los costos de producción:

$$IN = IB - CP$$

Donde: IN = Ingreso neto (Bs); IB = Ingreso Bruto (Bs); CP = Costos de producción (Bs)

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

$$B/C = IB / CP$$

Donde: B/C = Relación beneficio costo (Bs); IB = Ingreso bruto (Bs); CP = Costos de producción (Bs).

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

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

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

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la presente investigación, que incluyen los análisis de los mismos y sus discusiones.

### **4.1 Comportamiento climático**

Los datos meteorológicos de la zona fueron registrados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), tales temperatura, precipitación pluvial, humedad relativa y velocidad del viento, durante todo el ciclo del cultivo de Tarwi (2010 – 2011).

#### **4.1.1 Temperatura**

La temperatura es un factor físico que influye en el desarrollo de la vegetación. En la figura 3, se observa que durante la gestión agrícola (2010 – 2011), la temperatura máxima media se dio durante el mes de diciembre alcanzando 15.8 °C, mientras que la temperatura mínima media se registró durante el mes de julio con un valor de -0.4 °C.

Las temperaturas bajas registradas durante el desarrollo del cultivo, se presentaron con heladas después de la siembra cuando algunas plantas emergían. En ocasión de las heladas de abril y mayo, el cultivo se encontraba en la fase de madurez fisiológica, donde el tallo central no fue afectado por este fenómeno, mientras las ramas secundarias fueron afectadas en la etapa de floración, formación y llenado de vainas, lo que afectó de gran manera en el rendimiento.

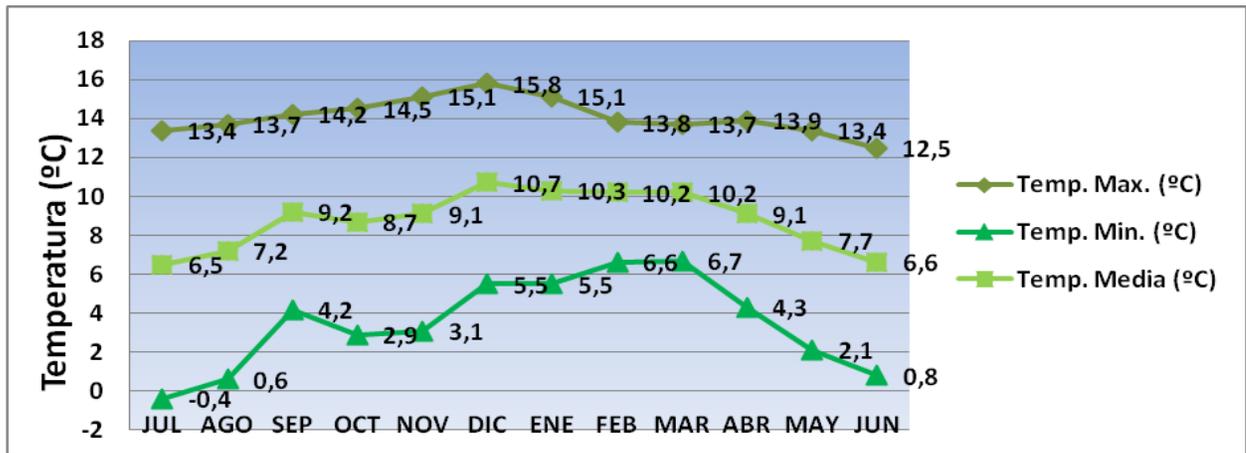


Figura 3. Registro de temperatura máxima, mínima y media durante el desarrollo del cultivo en el municipio de Carabuco (SENAMHI, 20010 - 2011).

#### 4.1.2 Precipitación pluvial

Durante el periodo de desarrollo del ensayo, la precipitación pluvial mensual fue desfavorable para el cultivo. Durante los meses de julio, agosto, septiembre no hubo precipitaciones, en el mes de octubre hubo una precipitación de 47.9 mm, siendo la misma insuficiente para el cultivo de tarwi.

En el mes de noviembre se registraron precipitaciones pluviales de 1.8 mm respectivamente, siendo la misma escasa para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo de tarwi.

Las precipitaciones que se registraron en el mes de diciembre, enero, febrero y marzo con valores de 117.4 mm, 47.0 mm, 110.3 mm y 59.2 mm respectivamente. Favoreciendo en la ramificación secundaria e incluso en la floración del cultivo.

Las precipitaciones pluviales no fueron las adecuadas para el desarrollo del cultivo ya que requiere entre 400 a 800 mm, se pudo observar que durante la emergencia no hubo lluvias lo que afecto en la uniformidad del cultivo en el crecimiento, en la fase de formación del tallo central fue donde existió mayor humedad lo que facilito el rápido crecimiento hasta la floración y formación de vainas en el tallo central, pero la humedad fue baja durante la formación de vainas en las ramas secundarias durante el mes de abril, lo que causa la caída de estas y de esta manera no pudiendo llegar en su plenitud a la madurez fisiológica de las vainas.

Durante la emergencia se presentó el ataque de plagas de gusano cortador y gusano de tierra, estos son atribuibles a ausencia y escasa precipitación durante el desarrollo del cultivo, tal como se presenta en la figura 4.

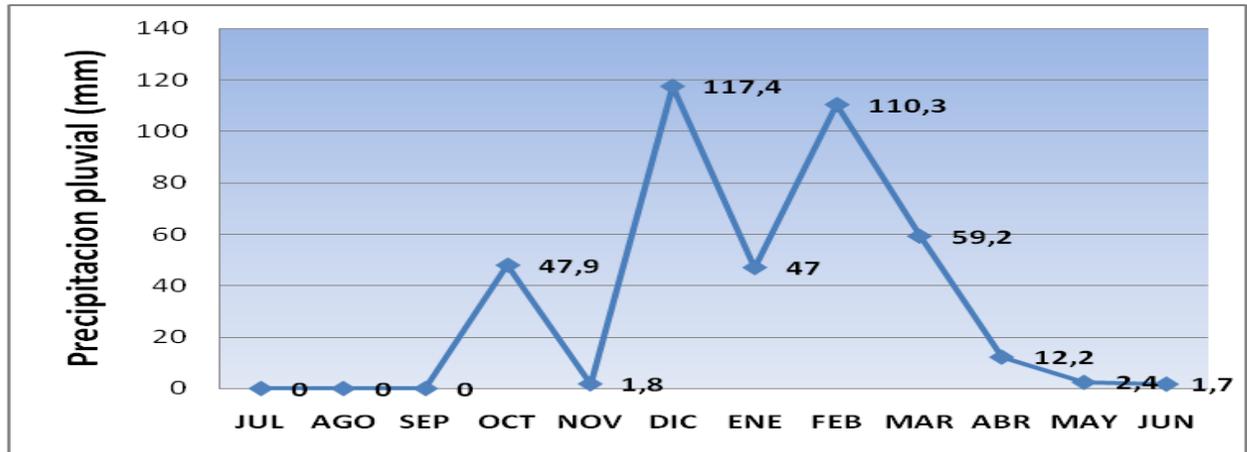


Figura 4. Registro de precipitación pluvial durante el desarrollo del cultivo en el Municipio de Carabuco (SENAMHI, 2010 - 2011).

#### 4.1.3 Viento

Los vientos predominantes en la zona tienen una dirección de **Nor- Este** siendo secos y que corren a una velocidad media de 9.7 m/s. La máxima velocidad de viento ocurrió en el mes de marzo con 18.1 m/s, mientras que la mínima se dio en el mes de julio con 5.5 m/s, tal como se puede ver en la figura 5.

Los fuertes vientos que predominaron en la zona causaron pérdida de humedad en la parcela, causaron daños al cultivo con la pérdida de flores lo que afectó en el rendimiento.

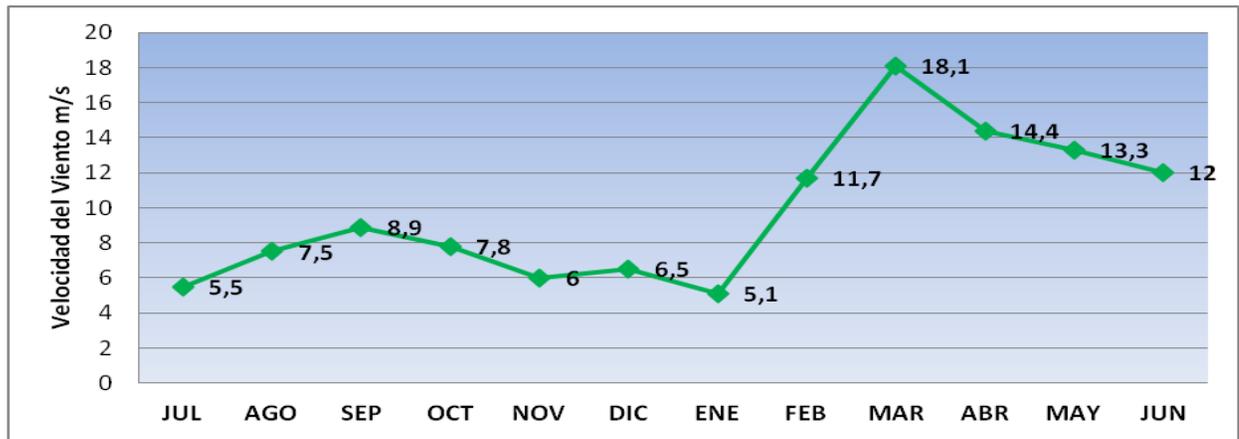


Figura 5. Registro de velocidad del viento en el municipio de Carabuco (SENAMHI, 2010 - 2011).

#### 4.1.4 Humedad relativa

En la figura 6, se muestra el comportamiento de la humedad relativa, siendo mayor en el mes de febrero con 72.3% y la mínima en el mes de junio con 57.7 %. La humedad relativa media fue de 64,7 % durante el desarrollo del cultivo. Este comportamiento puede ser atribuible a la influencia del Lago Titicaca.

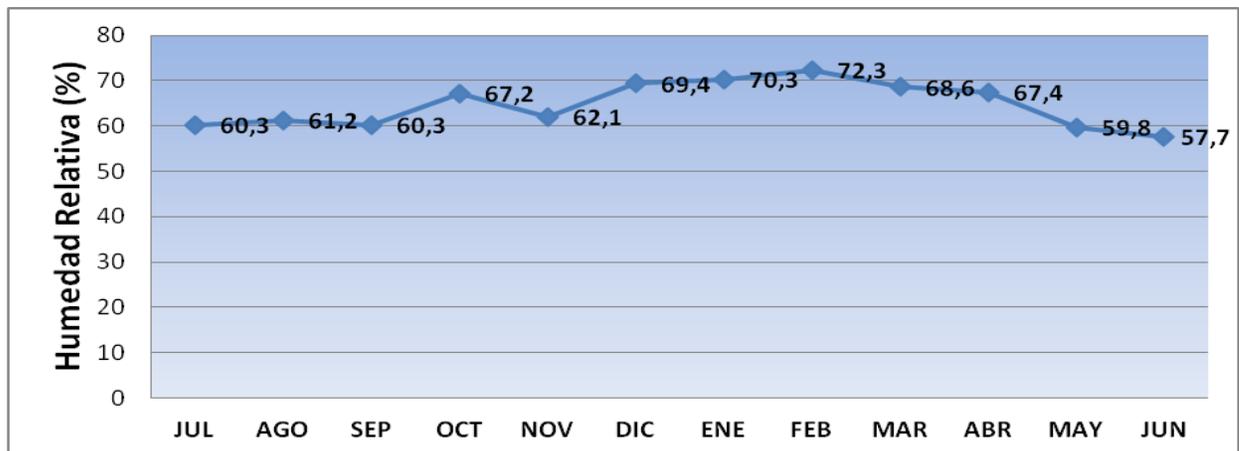


Figura 6. Registro de humedad relativa en el municipio de Carabuco (SENAMHI, 2010 - 2011).

#### 4.2 Análisis físico- químico del suelo

El (cuadro 8), se muestran los parámetros más importantes del análisis físico del suelo de la zona de estudio, la interpretación de estos valores se realizó partir de tablas (anexo 1) propuestas por Guerrero (1996), Chilon (1997) y Pardavé (2004).

## Cuadro 8. Análisis físico del suelo donde se realizó el experimento

CARACTERISTICAS		
Profundidad (cm)	0 - 15 cm	15 - 30 cm
Arena (%)	74	69
Arcilla (%)	20	22
Limo (%)	6	9
Grava (%)	5,2	3,8
Clase textural	FA	FYA

En el anexo 3, de acuerdo a la clasificación de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1975) y el triangulo textural; el suelo de la parcela experimental presenta una textura Franco Arenosa (FA) a un profundidad de 0 – 15 cm con 74% de arena, 20% de arcilla y 6% de limo; mientras que a una profundidad de 15 – 30 cm presenta una textura Franco Arcilloso Arenosa (FYA) con 69% de arena, 22% de Arcilla y 3.8% de limo. Estas clases texturales son ideales para el tarwi, ya que requiere suelos francos y franco-arenosos con balance adecuado de nutrientes y buen drenaje (Tapia, 1994).

Una textura franco arenosa contiene menos reservas de materia orgánica y nitrógeno debido a que los materiales orgánicos se oxidan con mayor rapidez (Chilón, 1997).

En el cuadro 9, se muestran los parámetros más importantes del análisis químico del suelo, la interpretación de estos valores se realizó a partir de tablas (anexos 4 al 10) propuestas por Guerrero (1996), Chilon (1997) y Pardavé (2004).

## Cuadro 9. Análisis químico

Parámetro	Prof. (cm)	
	0-15	15-30
pH en agua (1:5)	6,65	6,62
C.E. (dS/m) (1:5)	0,018	0,015
% de materia orgánica	0,65	0,9
% de nitrógeno total	0,04	0,05
Fósforo asimilable ppm	3,33	2,59
K	0,08	0,08
Ca	2,48	2,61
Mg	0,91	0,57
Na	0,28	0,31
Al + H	0,1	0,08
CIC	3,85	3,65
TBI	3,75	3,57
% de saturación de bases	97,4	97,8

## - pH

El pH registró un valor de 6.65 a una profundidad de 0 – 15 cm, mientras que a una profundidad de 15 – 30 cm presenta un valor de 6.62 el cual corresponde a un rango neutro según Chilon (1997). Según Tapia (1994) Los suelos con un pH que oscila entre 5 y 7 son los suelos requeridos para el cultivo de tarwi.

Al respecto, Bohorquez (2001), indica que la baja proporción de sales, contribuye a que no exista aumento del pH y de la presión osmótica en la solución del suelo, favoreciendo así la actividad de los microorganismos y la normal absorción de agua al interior de las plantas.

## - Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica del suelo presentó un valor de 0.018 dS/m a una profundidad de 0 – 15 cm, mientras que de 15 a 30 cm, presentó un valor de 0,015 dS/m, que de acuerdo a Chilon (1997), nos indica que no existen problemas de salinización, es decir la concentración de sales en la solución del suelo es baja.

La baja proporción de las sales contribuye a que no haya subida de pH así como de la presión osmótica, favoreciendo a la actividad microbiana y la absorción de agua por las plantas (Bohorquez, 2001).

## - Porcentaje de materia orgánica

El contenido de materia orgánica muestra un valor de 0,65% a una profundidad de 0 – 15 cm, mientras que de 15 – 30 cm de profundidad un valor de 0.90% que según (Guerrero, 1996), considera a esta cantidad como muy bajo, para un suelo franco arenoso.

La relación entre fracciones orgánicas y la textura hace que la erosión eólica tenga un efecto significativo sobre los contenidos de las fracciones orgánicas, mientras que el régimen hídrico y térmico se encuentran más relacionados con la materia orgánica humificada (Hevia et al, 2003)

## - Nitrógeno total

**Cuadro 10. Análisis de nitrógeno total antes y después de la siembra**

	% de nitrógeno total	
	0 - 15 cm	15 - 30 cm
Antes de la siembra	0,04	0,05
Después de la siembra	0,09	0,05

El análisis químico del suelo antes de la siembra muestra un contenido bajo de nitrógeno total a una profundidad de 0 – 15 cm con un valor de 0.04 %, mientras que a una profundidad de 15 – 30 cm presentó un valor de 0.05%, este valor es muy bajo (Chilón, 1997). En cambio muestras tomadas después de la siembra a una profundidad de 0 – 15 cm presenta un valor de 0.09% y de 15 – 30 cm de profundidad un valor de 0.05 % lo que indica subió el valor pero se sigue manteniendo en un rango de bajo, en la primera profundidad, mientras que a una segunda profundidad sigue siendo bajo, esto es atribuible al efecto residual de descomposición que se da en mayor proporción en los primero 15 cm.

El bajo incremento de nitrógeno se debe a muchos factores como ser las bajas temperaturas que se registraron, escasa vegetación, el mismo que está relacionado con bajas precipitaciones.

Las pérdidas y ganancias que sufre el nitrógeno en el suelo, están muy relacionadas con factores tales como la humedad y la temperatura, como la desnitrificación, que consiste en el paso (reducción) de los nitratos al estado de productos gaseosos (N<sub>2</sub>O y N<sub>2</sub>) que son susceptibles de volatilizarse y perderse en la atmósfera. Lo realizan bacterias anaeróbicas, que usan el nitrato para su respiración, en reemplazo del oxígeno que falta en el suelo (Gros y Domínguez, 1992).

## - Fósforo asimilable (ppm)

El fósforo presentó un valor de 3.33 ppm en el suelo a una profundidad de 0 – 15 cm, mientras que a una profundidad de 15 – 30 cm presentó un valor de 2.59 ppm en el suelo, que corresponde a un nivel muy bajo según Pardavé (2004). Por ende no hubo

una aportación energética óptima, lo cual influyó en el crecimiento y fructificación de la planta.

Las variaciones del contenido de fósforo en el suelo de forma residual en el tiempo fluctúan de forma heterogénea en el periodo de muestreo, aportado en condiciones orgánicas, por ataque de microorganismos, los compuestos orgánicos de fósforo se mineralizan y entran en combinaciones inorgánicas (Bukman y Brady, 1991).

El incremento de fósforo disponible se debe a la mineralización de la materia orgánica que tiene un alto contenido de nutrientes, se puede mencionar que una particularidad del fósforo es la de fijarse en el suelo de forma reversible (Callisaya, 1993).

#### - **Potasio**

El potasio en el suelo, se encontró en una cantidad media (0,08 meq/100g de suelo) a una profundidad de 0 – 15 cm, en tanto de 15 – 30 cm de profundidad se determinó (0,08 meq/100g de suelo), según Pardavé (2004), el valor reportado representa de potasio intercambiable muy bajo. La función principal del potasio es el transporte de la savia dentro de la planta, como consecuencia afectó parcialmente a la nutrición y elongación normal de la planta, un nivel de 124 – 248, es un nivel medio y aceptable para el buen desarrollo y crecimiento de un cultivo.

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

El valor de este parámetro fue de 3.85 meq/100g de suelo a una profundidad de 0 – 15 cm, mientras que a una profundidad de 15 – 30 cm el valor fue de 3.65 que el cual corresponde a un rango muy bajo, según Chilon (1997), lo que quiere decir que la retención e intercambio de nutrientes en la solución del suelo fue baja.

Este valor se debe a la baja presencia de materia orgánica, ya que la materia orgánica es rica en coloides orgánicos y cationes intercambiables haciendo que las cargas negativas de los coloides húmicos atraigan y retengan cationes (Bohn, 1993).

### 4.3 Análisis de variables fenológicas y agronómicas

Con los datos obtenidos de campo, para las diferentes variables en estudio de los de tarwi, se realizó análisis estadísticos de análisis de varianzas. El análisis estadístico fue realizado mediante el paquete estadístico SAS versión 6.12. Para diferencias mostradas en el análisis de varianza, se realizó comparación de promedios mediante prueba de Duncan al 5%, que a continuación se explica de acuerdo a cada variable en estudio.

#### 4.3.1 Días a la emergencia

El análisis de varianza para la variable días a la emergencia, presenta diferencias altamente significativas entre los bloques y tratamientos, tal como se muestra en la figura 7, esto se debe al mayor porcentaje de humedad que presentó el primer bloque en comparación con el segundo y tercer bloque, mientras que la diferencia entre tratamiento se debe al método de siembra que presentó cada uno de los tratamientos.

Los métodos que tuvieron mayor retención de humedad fueron los métodos al voleo ya que presentaron algunas malezas y la dispersión de plantas que evitaron la evaporación, mientras que en las unidades de siembra en surco no presentaron mucha humedad debido al deshierbe que se realizó de esta manera el cultivo se vio desprotegido lo que influyó de gran manera la evaporación.

Por los resultados del coeficiente de variación para esta variable nos da un valor de 1.52% se deduce que el trabajo de investigación contiene resultados que están dentro de los rangos permisibles de un trabajo de investigación en campo, al encontrar un resultado bajo que corrobora esta aseveración y por tanto son altamente confiables.

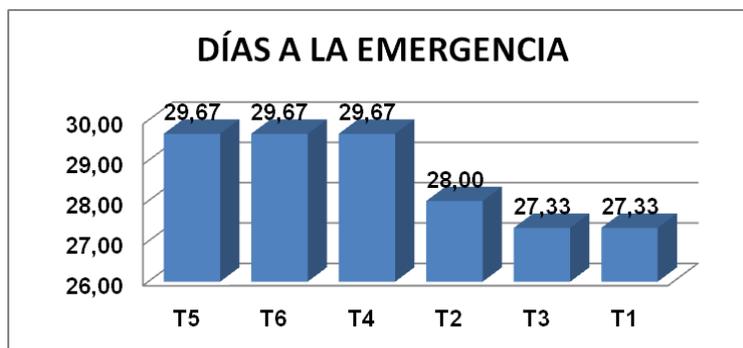


Figura 7. Número de días a la emergencia de tarwi

De acuerdo a la comparación múltiple de Duncan al 5% cuadro 11, indica que existen diferencias estadísticas ya que los tratamientos T1, T2, T3, son los que emergieron en menor tiempo en comparación con los tratamientos T4, T5, T6, que llevaron mayor tiempo en emerger.

Esto se debe a que los tratamientos T4, T5, T6, fueron sembrados en surcos y fueron enterrados a mayor profundidad lo que influyó que tardaran más tiempo en emerger, mientras que los tratamientos T1, T2, T3 fueron sembrados al voleo y quedaron enterrados casi superficialmente.

**Cuadro 11. Días a la emergencia y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ )**

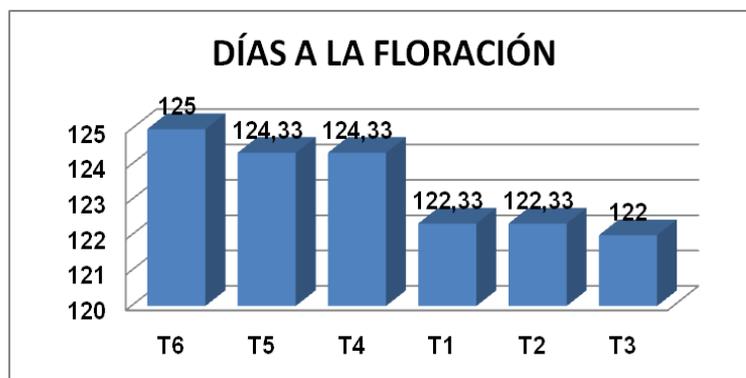
Tratamientos	Media	Duncan
T5	29,67	A
T6	29,67	A
T4	29,67	A
T2	28,00	B
T3	27,33	B
T1	27,33	B

Al respecto Rojas (1997), en un estudio de evapotranspiración máxima del tarwi por lisimetría, menciona que a los 28 días después de la siembra emergen las plantas, esta fase se da cuando presentan dos cotiledones completamente desplegados horizontalmente sobre el nivel del suelo. El promedio de días a la emergencia fue de 21.72 días según datos del CIFP, los datos hallados en el presente estudio se encuentran dentro los rangos descritos en anteriores investigaciones.

#### **4.3.2 Días a la floración**

El análisis de varianza para variable días a la floración, presenta diferencias altamente significativas entre bloques y no así entre tratamientos, tal como se muestra en la figura 8, esta diferencia entre bloques se da por la variación en días de emergencia, ya que en el primer bloque la emergencia fue en menor tiempo en comparación con los demás bloques y de esta manera hubo diferencias en la floración, mientras que entre tratamiento no existe diferencias marcadas ya que por el efecto de las lluvias en los meses de diciembre, enero, febrero el cultivo logro uniformizarse.

Por los resultados del coeficiente de variación para esta variable nos da un valor de 0.749% se deduce que el trabajo de investigación contiene resultados que están dentro de los rangos permisibles de un trabajo de investigación en campo, al encontrar un resultado bajo que corrobora esta aseveración y por tanto son altamente confiables



**Figura 8. Número días a la floración de tarwi**

De acuerdo a la comparación múltiple de Duncan al 5 % cuadro 12, indica que no existen diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos.

Durante el desarrollo del cultivo se observó la homogeneidad del suelo, y las precipitaciones que hubo en esas fechas lo que facilito la floración y el adelantamiento en algunas unidades experimentales.

**Cuadro 12. Días a la floración y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ )**

Tratamientos	Media	Duncan
T6	125.00	A
T5	124.33	A
T4	124,33	A
T1	122.33	B
T2	122.33	B
T3	122.00	B

En la parcela en estudio el tratamiento que tomo mayor tiempo en florecer fue el T6 con 125 días, la diferencias obtenidas en número de días a la floración del tallo central, se deben a factores edáficos, climáticos y bajas precipitaciones durante la emergencia y crecimiento del cultivo.

Rojas (1997), en un estudio de evapotranspiración máxima del tarwi por lisimetría, indica que la primera flor del tallo central, ocurrió a los 119 días de la siembra, siendo ésta fase susceptible a heladas y granizadas. Quispe (1997), en su caracterización de germoplasma de tarwi en la estación de Belén Achacachi, describe un rango de 122 a 202 días hasta la floración.

### 4.3.3 Días a la madurez fisiológica

El análisis de varianza de días a madurez fisiológica, muestra ser altamente significativa entre bloques y no así entre tratamientos, como se puede observar en la figura 9, esta diferencia entre bloques es debido a que en los bloques hubo diferencia en el estado fenológico desde un principio del cultivo lo que adelanto la madurez fisiológica, mientras que no existe diferencia entre tratamientos debido a que la floración fue uniforme.

Por los resultados del Coeficiente de variación para esta variable nos da un valor de 1.43% se deduce que el trabajo de investigación contiene resultados que están dentro de los rangos permisibles de un trabajo de investigación en campo, al encontrar un resultado bajo que corrobora esta aseveración y por tanto son altamente confiables.

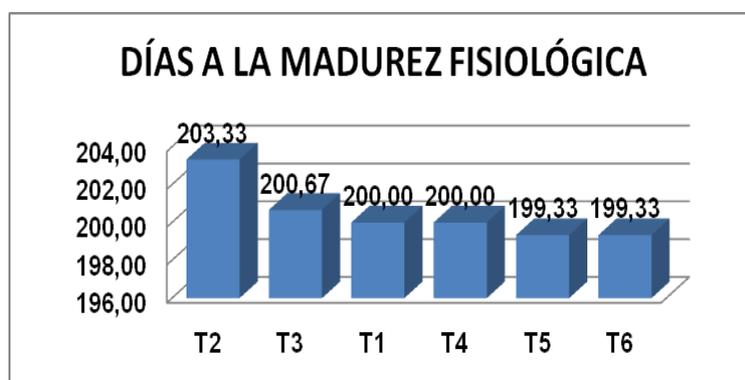


Figura 9. Número días a madurez fisiológica de tarwi

De acuerdo a la comparación múltiple de Duncan al 5 %, indica que no existen diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos como se muestra en el cuadro 13.

Se evidenció que no existen diferencias entre los días a la madurez fisiológica entre los tratamientos estudiados.

**Cuadro 13. Días a la madures fisiológica y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ )**

Tratamientos	Media	Duncan
T2	203,33	A
T3	200,67	A
T1	200,00	A
T4	200,00	A
T5	199,33	A
T6	199,33	A

La madurez fisiológica en el tallo central fue de manera normal en casi todas las unidades, mientras que en las ramas secundarias se vio afectada por las heladas y bajas temperaturas que se presentaron en el mes de mayo con un promedio de 2.1 °C. El cultivo también se vio afectado por las bajas precipitaciones en el mes de mayo con un promedio de 2.4 mm, lo que influyo de gran manera en la formación de granos.

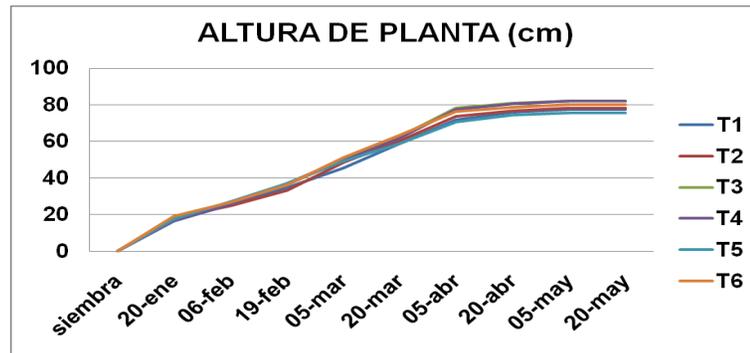
Rojas (1997), encontró que las vainas se decoloran y se secan completamente en la primera y segunda floración, viéndose afectada la tercera floración por las últimas heladas. Las semillas alcanzan su tamaño normal y adquieren el color característico de la variedad, a los 183 y 200 días de la siembra para la primera y segunda floración no alcanzando a madurar la tercera floración por las heladas tempranas de mayo.

**4.3.4 Altura de planta.**

Los datos del análisis de varianza para variable altura de planta, presentan diferencias altamente significativas entre bloques y no así entre tratamientos. Entre los bloques debido a la diferencia elevada de humedad del suelo, lo que impidió de gran manera su crecimiento, la diferencia no es bien marcado entre tratamientos debido a la uniformidad de las plantas, tal como se observa en la figura 10.

Por los resultados del Coeficiente de variación para esta variable nos da un valor de 5.26% se deduce que el trabajo de investigación contiene resultados que están dentro

de los rangos permisibles de un trabajo de investigación en campo, al encontrar un resultado bajo que corrobora esta aseveración y por tanto son altamente confiables



**Figura 10. Altura de planta en función al tiempo**

Tal como se puede apreciar en la prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística en el cuadro 14, no existen diferencias estadísticamente significativas, pero se puede apreciar que el tratamiento T4, es el que mayor altura consiguió durante el experimento mientras que el tratamiento T5, fue el que tuvo menor crecimiento.

Esto se debe a que el tratamiento T4, fue siembra en surco y sembrada a una menor densidad en comparación con los demás tratamientos por lo que no tuvo mucha competencia por la luz y por nutrientes disponibles en el suelo, también se debe a que este tratamiento fue desmalezado lo que facilito su crecimiento.

**Cuadro 14. Altura de planta y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ )**

Tratamientos	Media	Duncan
T4	82.194	A
T3	82.084	A
T6	80.056	A
T2	78.167	A
T1	77.361	A
T5	75.611	A

En la zona de Carabuco la altura máxima fue de 82.19 cm, la planta no pudo alcanzar un crecimiento mayor debido a que el cultivo se vio interrumpido en la fase de emergencia por falta de lluvias, poca profundidad en la capa arable del suelo lo cual no favoreció en mantener la humedad, el cultivo también fue perjudicado por la helada durante en la última fase de crecimiento.

Zelaya (1999), informa que obtuvo valores de altura de planta de 162 cm. para la variedad Polani de la primera época y para la variedad Copacabana de la primera época con una altura menor de 46 cm de planta, significativamente menores a los obtenidos en el presente estudio. Quenallata (2008), en su estudio con diferentes ecotipos de tarwi en el municipio de Ancoraimes reporta promedios de 65 a 105.3 cm.

#### 4.3.5 Número de ramas por planta

El análisis de varianza para el número de ramas por planta, muestra una diferencia altamente significativa entre los diferentes bloques y tratamientos en estudio, la diferencia entre bloques se debe a que hubo diferencias entre bloques debido a que en el primer bloque existió mayor humedad en comparación con los demás bloques lo que facilitó la mayor formación de ramas por planta, en tanto que la diferencia entre tratamientos se da debido a la densidad y método de siembra que tiene cada tratamiento, como se observa en la figura 11.

Por los resultados del coeficiente de variación para esta variable nos da un valor de 12.84% se deduce que el trabajo de investigación contiene resultados que están dentro de los rangos permisibles de un trabajo de investigación en campo, al encontrar un resultado bajo que corrobora esta aseveración y por tanto son altamente confiables.

Las diferencias en número de ramas por planta entre los diferentes tratamientos fue influenciado por el método y densidad de siembra ya que los tratamientos T1, T2, T3, fueron sembrados al voleo de esta manera hubo plantas muy dispersas lo que facilitó la ramificación, mientras que en los tratamientos T4, T5, T6, fueron sembrados en surcos donde hubo una densidad muy alta ya que se encontró mayor número de plantas por m<sup>2</sup> con menor número de ramas.

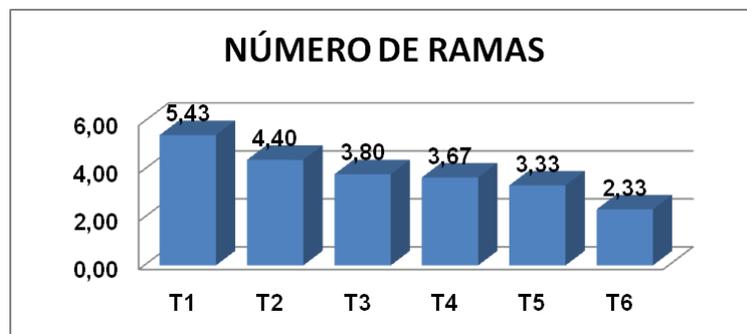


Figura 11. Número ramas por tratamiento

La comparación de promedios mediante la prueba de Duncan al 5% de probabilidad nos muestra en el cuadro 15, que el tratamiento T1 es el que mayor número de ramas por planta con 5.43 seguido por el tratamiento T2 con 4.40 mientras que los tratamientos T3, T4 con 3.80 y 3.67, mientras que el tratamientos T5 con un promedio de 3.33, por último el tratamiento T6 con 2.33 ramas por planta respectivamente, tal como se muestra en la figura 9.

**Cuadro 15. Número de ramas/planta y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ )**

Tratamientos	Media	Duncan
T1	5,43	A
T2	4,40	B
T3	3,80	C B
T4	3,67	C B
T5	3,33	C
T6	2,33	D

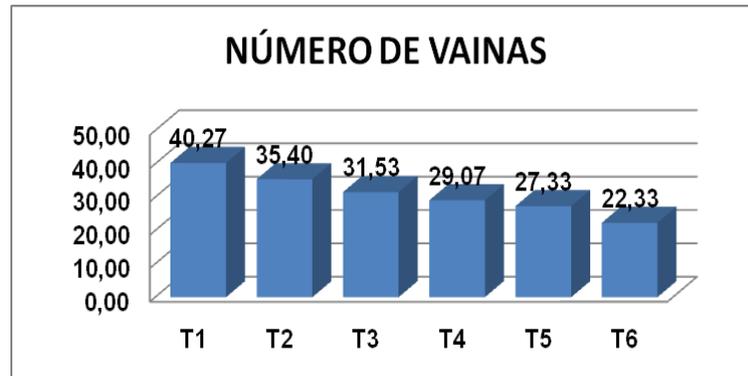
En la parcela experimental no se obtuvieron muchas ramas esto influenciado por las densidades de siembra, en tratamientos que tuvieron menor densidad se tienen mayor número de ramas, mientras que en tratamientos a mayor densidad se tienen menor número de ramas, el cultivo también se vio afectado por las heladas lo que perjudico en la formación.

Quenallata (2008), en un estudio comparativo de cinco ecotipos en dos comunidades del municipio de Ancoraimos, la que registro un mayor número de ramas en ambas zonas de estudio fue la variedad Sapanina con 11.50 ramas en la comunidad de Cohani y 8.38 en la comunidad de Chejepampa Centro.

#### **4.3.6 Número de vainas por planta**

El análisis de varianza para el número de vainas por planta a la cosecha del cultivo, se observa que existen diferencias altamente significativas entre bloques y tratamientos, tal como se observa en la figura 12, estas diferencias están directamente relacionadas con el número de ramas que tiene cada planta.

Por los resultados del coeficiente de variación para esta variable nos da un valor de 11.16% se deduce que el trabajo de investigación contiene resultados que están dentro de los rangos permisibles de un trabajo de investigación en campo, al encontrar un resultado bajo que corrobora esta aseveración y por tanto son altamente confiables.



**Figura 12. Número vainas por tratamiento**

La comparación de promedios mediante la prueba de Duncan al 5% de probabilidad nos muestra en el cuadro 16, que el tratamiento T1 es el que mayor número de vainas obtuvo con 40.27 seguido por el tratamiento T2 con 35.40, mientras que los tratamientos T3, T4, con 31.53 y 29.07, posteriormente el tratamiento T5 con 27.33, y el que menor número de vainas obtuvo fue el tratamiento T6 con 22.32 vainas por planta.

La diferencia del número de vainas se debe a la diferencia de ramas que hubo entre tratamientos es así a que el tratamiento T1, fue el que presentó mayor número de vainas con 40,27 mientras que los demás tratamientos obtuvieron menor número de vainas.

**Cuadro 16. Número de vainas/planta y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ )**

Tratamientos	Media	Duncan
T1	40,27	A
T2	35,40	B A
T3	31,53	B C
T4	29,07	B C
T5	27,33	D C
T6	22,33	D

Al respecto Zelaya (1999), en un estudio realizado en la evaluación de seis variedades de tarhui en tres épocas de siembra, logró el mayor valor en la variedad Polani de la primera época de siembra con 50 vainas por planta y el menor en la variedad Copacabana de la tercera época con 10 vainas por planta. Quenallata (2008), en un estudio comparativo de cinco ecotipos en dos comunidades del municipio de Ancoraimes, indica que la variedad Sisani fue la que logro mayor numero de vainas con 34.4 en la comunidad de Cohani y el ecotipo turrini en la comunidad de Chejepampa centro con un valor de 22.9 vainas por planta. En ambos casos los datos encontrados en el presente estudio se encuentran dentro los rangos descritos en las anteriores investigaciones.

#### 4.3.7 Longitud de vaina (cm)

Los resultados del análisis de varianza para la longitud de vaina se registran diferencias altamente significativas entre bloques y no así entre tratamientos, la diferencia de longitud entre bloques se da debido a que en el primer bloque contó con bastante humedad y un adelantamiento en la floración lo que facilitó que exista el buen desarrollo de las vainas mientras que en los demás bloques la formación de vainas se vio interrumpida por la helada que influencia de gran manera en su desarrollo, mientras que entre tratamientos no se observo mucha diferencia, como se observa en la figura 13.

Por los resultados del coeficiente de variación para esta variable nos da un valor de 7.75% se deduce que el trabajo de investigación contiene resultados que están dentro de los rangos permisibles de un trabajo de investigación en campo, al encontrar un resultado bajo que corrobora esta aseveración y por tanto son altamente confiables.

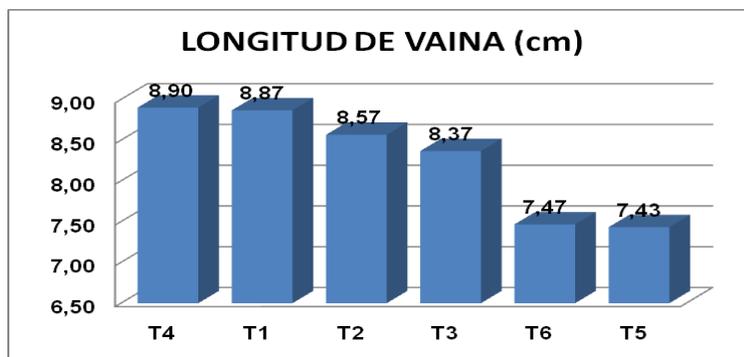


Figura 13. Longitud de vaina por tratamiento

La comparación de promedios mediante la prueba de Duncan al 5% de probabilidad nos muestra en el cuadro 17, que los tratamientos T4, T1, con un promedio de 8.90 y 8.87, mientras que los tratamientos T2, T3, respectivamente con 8.57, 8.37, mientras que los que menor longitud de vaina obtuvieron fueron los tratamientos T6, T5, que alcanzaron un promedio de 7.47, 7.43.

Esta diferencia en longitud se da por lo que los tratamientos T4 y T1 son los que fueron sembrados a una densidad de 90 Kg/ha y 110 Kg/ha lo que facilitó que exista menor número de plantas por m<sup>2</sup>, esto favoreció al crecimiento de la vaina mientras que los demás tratamientos se encontraban a una mayor densidad lo que no ayudó en nada a desarrollar las vainas.

**Cuadro 17. Longitud de vaina y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ )**

Tratamientos	Media	Duncan
T4	8,90	A
T1	8,87	A
T2	8,57	AB
T3	8,37	AB
T6	7,47	B
T5	7,43	B

Tarquino (2004), en un estudio de las características agronómicas de ecotipos de tarwi en las comunidades del Valle de Charazani de Provincia Bautista Saavedra, logró mayor valor de 9 cm para el ecotipo Desaguadero y con menor longitud de vaina de 8 cm para el ecotipo 321-C en la comunidad de Amarete, mientras en la comunidad de Caata obtuvo 7,2 cm de longitud de la vaina en la gestión agrícola de estudio, estos resultados obtenidos en comparación con el presente estudio son menores. Los datos hallados en el presente trabajo están dentro los rangos descritos en el anterior estudio.

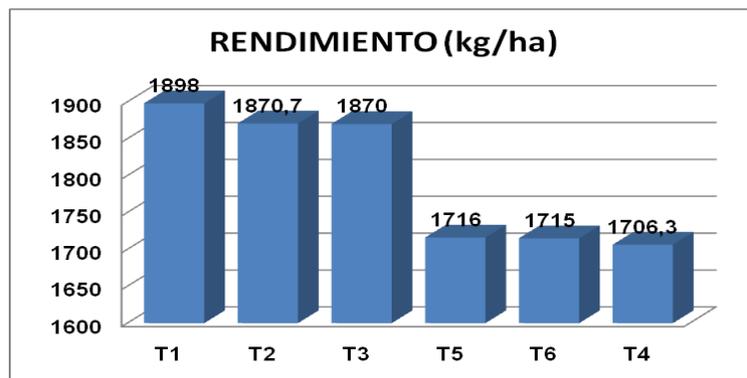
#### **4.3.8 Rendimiento en grano (Kg/ha)**

Los resultados del análisis de varianza para rendimiento se registran diferencias altamente significativas entre bloques y no así entre tratamientos, tal como se muestra en la figura 14.

La diferencia en rendimiento se da con el tratamiento T1 con el resto, ya que posee menor número de plantas por m<sup>2</sup>, lo que facilitó la formación de mayor número de ramas seguida por el tratamiento T2 y T3 los cuales también obtuvieron buenos rendimientos, en estos tratamientos la densidad fue mayor lo que impidió la formación de ramas por falta de espacio y posterior formación de vainas.

Mientras que los tratamientos T4, T5, T6 fueron sembrados en surco a diferentes densidades pero de igual manera se obtuvo un buen rendimiento ya que las plantas se encontraban muy seguidas unas de otras lo que no facilitó la formación de ramas ya que existió una competencia por la luz y nutrientes.

Por los resultados del coeficiente de variación para esta variable nos da un valor de 8.42% se deduce que el trabajo de investigación contiene resultados que están dentro de los rangos permisibles de un trabajo de investigación en campo, al encontrar un resultado bajo que corrobora esta aseveración y por tanto son altamente confiables.



**Figura 14. Rendimiento de grano por tratamiento**

De acuerdo a la comparación múltiple de Duncan del 5 % en el cuadro 18, se puede apreciar que el tratamiento T1 con un promedio de 1898.0 Kg/ha, fue el que mayor rendimiento obtuvo, seguido por los tratamientos T2, T3, con promedios de 1870.7 kg/ha, 1870.0 kg/ha, sembrados al voleo, seguidos por los tratamientos T5, T4, T6, que obtuvieron los siguientes rendimientos 1716.0 kg/ha, 1715.0 kg/ha, 1706.3 kg/ha, estos rendimientos fueron superiores al promedio nacional de producción conocido en las referencias.

**Cuadro 18. Rendimiento por tratamiento y prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ )**

Tratamientos	Media	Duncan
T1	1898	A
T2	1870,7	A
T3	1870	A
T5	1716	A
T4	1715	A
T6	1706,3	A

Por su parte Quenallata (2008), en un estudio comparativo de cinco ecotipos en dos comunidades del municipio de Ancoraimos, el ecotipo Sisasani fue el que mayor rendimiento obtuvo con un valor de 2189.7 kg/ha en la comunidad de Cohani, mientras que el ecotipo Turrini obtuvo rendimientos altos en la comunidad de Chejepampa Centro con un valor de 1761.2 Kg/ha. Los rendimientos del tarwi alcanzan 3500 – 5000 kg/ha, cuando el cultivo es conducido en forma adecuada y se le proporciona todos sus requerimientos en forma oportuna, (CIPCA). En la zona en estudio se ajusta a los estudios realizados en anteriores investigaciones, los rendimientos pudieron ser superiores pero se vieron afectados por fenómenos de sequia durante la emergencia de las plantas y helada durante la formación de vainas.

#### **4.4 Análisis económico de los costos parciales de producción para el ensayo**

##### **4.4.1 Ajuste de los rendimientos**

De acuerdo con Perrin (1988), es reducir los rendimientos de un 5% a un 30%, para que se aproximen a lo que un agricultor podría lograr con la tecnología en una parcela grande. Para el presente trabajo se tomo el 10% de pérdidas, ya que el experimento se llevó a cabo en las mismas condiciones que el agricultor podría cultivarlo. En el Cuadro 12 se presenta los rendimientos ajustados

##### **4.4.2 Costos variables**

Los costos que varían son aquellos que varían en la producción agrícola, se incluye los insumos y la mano de obra requerida en el anexo 19. En el cuadro 19, se muestra los costos variables efectuados en el ensayo expresado en Bs/ha. Se puede observar,

además que los costos son diferentes, esta diferencia se debe al precio de la semilla que se utilizó en diferentes cantidades para cada tratamiento, la mano de obra empleada para realizar el deshierbe en siembra al voleo, etc.

#### **4.4.3 Beneficio bruto**

En el cuadro 19, se muestra el análisis realizado para todos los tratamientos en función a los rendimientos obtenidos y su precio en el mercado para cada uno; se tiene mayores beneficios brutos en los tratamientos T1, T2 y T3 con valores de 14872.27 Bs/ha, 14661.56 Bs/ha y 14652.75 Bs/ha, esto se debe a los rendimientos obtenidos por los mismos.

Para los tratamientos T4, T5 y T6 el beneficio bruto que se obtuvo es de 13439.44 Bs/ha, 13448.45 Bs/ha y 13372.40 Bs/ha, esto ha sido influenciado directamente por los rendimientos obtenidos.

#### **4.4.4 Beneficio neto**

La estimación de los beneficios netos se ven en el cuadro 19, en el cual se observa que los tratamientos T1, T2 y T3 obtuvieron un mayor beneficio neto, estos tratamientos fueron sembrados al voleo y no fueron deshierbados, mientras que los tratamientos T4, T5 y T6 fueron sembrados en surcos por lo que se necesitó mayor tiempo en sembrar y labores culturales como deshierbe por lo que para estos tratamientos significó un incremento en los costos de producción, por lo que no es beneficioso la siembra en surcos.

#### **4.4.5 Relación Beneficio-Costo**

En cuanto a la relación B/C, en el cuadro 19, se observa que el tratamiento T1, es más rentable económicamente con un valor de Bs3.10 o sea por cada boliviano invertido, se recupera ese boliviano y se tiene una ganancia de Bs2.10; pero también podemos observar que los tratamientos más rentables en este caso son los tratamientos T2 Bs1.91 gracias al rendimiento obtenido seguido del T3 Bs1.77 que son tratamientos sembrados al voleo, mientras que los tratamientos T4, T5, y T6 fueron sembrados en surcos, por lo que tuvieron menores ingresos con Bs1.24, Bs1.19 y Bs1.09, estos

tratamientos son también rentables ya que el beneficio costo de todos es mayor a uno aunque los retornos no son muy significativos.

**Cuadro 19. Análisis de costos de producción**

Trat	Rend Kg/ha	Rend. Ajus. al 10%	Rend. @	Precio por @	Costos de prod	IB (Bs)	IN (Bs)	B/C (Bs)
T1	1897,87	1708,08	148,723	100	4797,04	14872,27	10075,23	3,10
T2	1870,98	1683,88	146,616	100	5040,92	14661,56	9620,64	2,91
T3	1869,85	1682,87	146,527	100	5284,66	14652,75	9368,09	2,77
T4	1715,02	1543,52	134,394	100	5987,04	13439,44	7452,40	2,24
T5	1716,17	1544,55	134,484	100	6140,92	13448,45	7307,53	2,19
T6	1706,47	1535,82	133,724	100	6384,66	13372,40	6987,74	2,09

## 5. CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados y los resultados obtenidos se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Los suelos presentaron un bajo porcentaje de nitrógeno, materia orgánica, en profundidad de 0 – 15 presenta una textura franco arenoso (FA), mientras que a una profundidad de 15 – 30 tiene una textura franco arcilloso arenoso (FYA)
- El T1 siembra al voleo con una densidad de 90 kg/ha fue el que mejor comportamiento presentó, mayor altura, mayor numero de ramas, mayor numero de vainas, mientras que el T6 siembra en surco con una densidad de 130 kg/ha tuvo un comportamiento contrario presentó menor crecimiento, menor número de ramas y menor número de vainas.
- Los tratamientos de siembra al voleo fueron los que mostraron mayores rendimientos como ser el T1 que obtuvo un mayor rendimiento 1897.87 Kg/ha, en cambio el T6 siembra en surco fue el que mostro menor rendimiento 1706.47 kg/ha.
- Los tratamientos de siembra al voleo fueron los que mayor rendimiento obtuvieron en comparación con los tratamientos de siembra en surco. Según el análisis económico de Beneficio Costo el T1 obtuvo Bs2.10 de beneficio por cada 1Bs invertido, siendo la más rentable en comparación con el T6 que tiene un beneficio costo de Bs1.09.

## 6. RECOMENDACIONES

- A las autoridades políticas, departamentales, municipales se exhorta la promoción y uso de semilla certificada, disponiendo al mercado la oferta de buena semilla a bajo costo ya que los altos precios los vuelven inaccesibles para la gente productora.
- Rescatar el material genético del lugar, mejorando las características de la semilla realizando una selección de la misma.
- Para mejorar los rendimientos se recomienda realizar estudios sobre riego deficitario en diferentes fases fenológicas que así lo requiera el cultivo, para una mejor producción.
- Sembrar el cultivo en los meses de Agosto a Septiembre, ya que pasado estos meses y por el ciclo del cultivo las ramas secundarias no llega a completar el ciclo fenológico ya que se ve interrumpido por la helada de esta manera no pudiendo mostrar su verdadero potencial agronómico.
- Cuantificar la cantidad de producción, volumen y superficie del municipio de Carabuco y su aporte económico tanto a nivel familiar y departamental.
- La disponibilidad de semilla de calidad de tarwi en la zona del estudio es escasa, debido a los limitados espacios de terreno destinados a la producción de semilla, deficiencias tecnológicas de producción del cultivo, limitada capacitación en producción de semilla certificada, uso de semilla de baja calidad y escaso conocimiento en acceso a mercados, por lo que se recomienda realizar estudios y brindar información acerca de los problemas mencionados.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

**ALEXANDER, M. 1980.** Introducción a la Microbiología del suelo, AGT EDITOR S. A. 1ra Edición. México. pp 142 – 332.

**ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS COMUNALES Y MULTICOMUNALES DE SERVICIOS AGROPECUARIOS – ANECOMSA, 2001.** Tecnologías Agropecuarias Sierra. Lima, Perú. 69 p.

**BOHN, L. 1993.** Química del suelo. Primera edición LIMUSA. Español México DF. 236 p.

**BOHÓRQUEZ, F. 2001.** Manual de fertilidad de suelos. 8ª reimpression. Esp. s.l. s.e. pp. 26-35.

**BUCKMAN, R. Y BRADY, P. 1991.** Naturaleza de los Suelos 4<sup>ta</sup> reimpression. México Limusa. 590 p.

**BURKART, A. 1952.** Las Leguminosa Argentinas Silvestres y Cultivadas, 2<sup>da</sup> Edición.

**CACERES, V. E Y ORTIZ, P. C. 1988.** Tarwi. Agro salud. Algunos aspectos agroalimentarios de las Leguminosas. “ACCIÓN UN MAESTRO MAS” Voluntariado para la educación y salud campesina “AUMM”. 1<sup>ra</sup> Edición. La Paz, Bolivia. pp 7-25.

**CALZADA, J. 1982.** Métodos estadísticos para la investigación. Quinta Edición. Ed. Milagros. Lima, Perú.

**CENTRO DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN AMBIENTAL DE NORTE AMÉRICA.** CICEANA, A. C. Disponible en: [www.ciceana.org.mx](http://www.ciceana.org.mx)

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y PROMOCIÓN DEL CAMPESINADO – CIPCA 2009.** Cultivo del Tarwi. Diciembre del 2009 La Paz, Bolivia. pp 10-34.

**CIFP, 1981.** Informe anual de actividades. Centro de investigaciones Fitogenéticas de Pairumani (CIFP). Cochabamba, Bolivia. 77 p.

**CORI, R. (2004).** Abonamiento orgánico en variedad de cebolla (*Allium cepa* L.). Bajo riego por goteo en la Localidad de Escoma Provincia Camacho. Tesis de Grado Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp.148.

**CORINI, C. F. 2004.** Evaluación de la producción de grano en el cultivo de lupino blanco (*Lupinus albus* L.), en épocas y densidades de siembra. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 87 p.

**CHILON, E. 1997.** Manual de fertilidad de suelos y Nutrición de plantas. Universidad Mayor de San Andrés. E.M.I. CIDAT. La Paz, Bolivia. 185 p.

**DELGADILLO, J., MENDIETA, H., 1996.** Las leguminosas en la agricultura boliviana. Revisión de información. Cochabamba, Bolivia. pp. 299, 302, 306.

**DEL POZO, M. 1983.** Alfalfa su cultivo y aprovechamiento. Ed. Mundi – Prensa. Madrid. pp 23 – 248.

**DINERO, 2007.** El chocho expande su mercado. Publicado el 20 de febrero del 2007. Quito, Ecuador. Disponible en:  
<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=169916223012>

**EL LUPINO.** Disponible en: [www.uc.cl/sw\\_educ/cultivos/legumino/lupino/bibliogr.htm](http://www.uc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/lupino/bibliogr.htm)

**ENA 2008.** Encuesta Nacional Agropecuaria

**GUERRERO, A. 1996.** El suelos, los abonos y la fertilización de los cultivos Reimpreso. Mundi – Prensa. Mexico. 139 p.

**GROSS, R. 1982.** El cultivo y la utilización del Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Estudio FAO: Producción y Protección Vegetal. No. 36. FAO, Roma. 236 p.

**GROSS Y VON BAER, E. 1978.** El Lupino - un nuevo cultivo en Los Andes. En: Proyecto Lupino. Informe N° 2. Institutos Nacionales de Salud. Instituto de Nutrición. Lima, Perú. 161 p.

**GOBIERNO MUNICIPAL DE CARABUCO 2006 – 2010.** Plan de Desarrollo Municipal Carabuco. La Paz, Bolivia.

**HAMDI, Y. 1985.** La fijación del Nitrógeno en la Explotación del suelo. Roma. Boletín de suelos de la FAO N° 49.

**HERNANDEZ B., J. & LEÓN J. 1992.** Granos y leguminosas andinas. En: Cultivos marginados - otra perspectiva de 1942. Producción y protección vegetal N° 26.

**HEVIA, G. BUSCHIAZZO, E.N. HEPPEL, A.M. URIOSTE AND E.L. ANTON, 2003.** Organic matter in size fractions of soils of the semiarid Argentina. Effects of climate, soil texture and management. Geoderma 116: 265 – 267. Disponible en : [www.scielo.cl/scielo.php](http://www.scielo.cl/scielo.php).

**IICA. 1979.** Segunda reunión nacional sobre Tarwi o Lupino. CORDECO, IBTA, PAIRUMANI Y GTZ. En Pairumani de 26-27 de junio. Cochabamba, Bolivia. pp 18- 88.

**JACOBSEN, S.E. & A. MUJICA. 2004.** Geographical distribution of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). pp. 931 – 932.

**JACOBSEN, S. & A. MUJICA. 2006.** El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y sus parientes silvestres. En: botánica Económica de los Andes Centrales. Editores: M. moraes R., B. Ollgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 458-482.

**LESCANO RIVERO, R. y J. L. 1994.** Genética del Tarwi en: Genética y Mejoramiento de Cultivos alto andinos. Programa Interinstitucional de Waru waru. Convenio: INADE-PELT-COTESU. Puno, Perú. pp 65-450.

**MENESES, R. 1996.** Las leguminosas en la Agricultura Boliviana. Proyecto. Rhizobiología Bolivia. CIAT-CIF-PNLG-CIFP-WALL. Cochabamba, Bolivia. pp. 209-225.

**MILLONES, P. M. 1980.** Importancia Socio Económica del cultivo de tarwi. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas - OEA. Dirección Regional de Agricultura y Alimentación. Serie de informes de conferencias, cursos y reuniones N° 210. Perú. pp. 100-107.

**MUJICA, A., TAPIA, M. 1992.** Investigación y producción del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el Perú. INIAA, PICA. Lima, Perú. Disponible en: [www. Rcl.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro09/Cap3\\_2.htm](http://www.Rcl.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro09/Cap3_2.htm).

**MUJICA A., 1994.** “Potencial del tarwi dulce Inti (*Lupinus mutabilis*) en los Andes peruanos”, En: Resúmenes de trabajos presentados en el VIII Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

**PARDAVÉ, C. 2004.** Cultivo y Comercialización. Perú. Palomino. 133 p.

**PERRIN, P. et al 1976.** Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual metodológico de evaluación económica. Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo. Folleto de Información N° 27. México. 54 p.

**PIJNENBORG, J. 1998.** Metodología de la investigación en la Fijación biología de Nitrógeno. Proyecto Rhizobiología. Santa Cruz, Bolivia.

**PROAÑO, B. 2011.** Regeneración conservación mediante la Técnica de Crecimiento Mínimo de *Lupinus Mutabilis* (Chocho Andino) In Vitro. Informe del proyecto de investigación presentado como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero Agropecuario. Sangolquí – Ecuador. 86 p.

**PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO – PNUD, Asociación Cuna, 2009.** Proyecto de la semilla de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en cuatro comunidades del Municipio de Carabuco. La Paz, Bolivia.

**QUENALLATA, P.J. 2008.** Evaluación de Variedades Agronómicas de 5 ecotipos de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en dos comunidades del municipio de Ancoraimes. Tesis de Grado Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 72 p.

**QUISPE, M. 1997.** Mantenimiento y caracterización del germoplasma de tarwi (*Lupinus mutabilis*) de la Estación Experimental de Belén. Tesis de Grado Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 109 p.

- REA, J. 1978.** *Lupinus mutabilis* en: Informe preliminar sobre el tarwi. Febrero. IBTA. La Paz, Bolivia. 6 p.
- RIOS, R. 1983.** Taxonomía, morfología y fitomejoramiento del tarwi. I curso sobre el cultivo y utilización del tarwi bajo la metodología “Aprender haciendo”. Cochabamba, Bolivia, octubre 1983 a mayo 1984. 15 p.
- RITVA, R. 1988.** Cultivos andinos. Importancia nutricional y posibilidades de procesamiento. Centro de Estudios Rurales Andinos. “Bartolomé de las Casas”. Cuzco, Perú. pp 3-61.
- RIVEROS, V. 2007.** Diagnostico de recursos naturales circunlacustre y lacustre de Quiascapa y Carabuco. Unidad Operativa Boliviana. 87 p.
- RODRIGUEZ, M. 2005.** Martin Cardenas, el eximio botánico y naturalista de América. Mario Rodríguez R. y fundación PROINPA. Primera Edición, Cochabamba, Bolivia. 536 p.
- ROJAS, A. J. 1997.** Evapotranspiración máxima del tarwi “*Lupinus mutabilis* Sweet” por lisimetría en el Altiplano Norte. Tesis de Grado. U.M.S.A. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 119 p.
- RUIZ, D. 1999.** Fijación biológica de nueve variedades de frijol inoculadas con tres cepas de *Rizhobium leguminosarum* biovar *phaseoli* (Proyecto de Rizobiología - CIAT). En 5º Reunión Boliviana de Rizobiología y Leguminosas. CIAP (Centro de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias). pp. 16 – 20.
- SAINZ ROZAS, H. R.; ECHEVERRIA H. E. y BARBIERI P. 2004.** Desnitrificación en un suelo bajo siembra directa en función de la presencia de plantas de maíz y de la dosis de nitrógeno. Ciencia del Suelo 22. pp. 27-35.
- SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. 2010 - 2011.** Datos de Climatología Ordinaria. Datos meteorológicos de la región del Lago Titicaca, Estación Puerto Mayor Carabuco. La Paz, Bolivia.

**TALHINHAS P., SREENIVASAPRASAD S., NEVES-MARTINS J. & OLIVEIRA, H. 2002.** Caracterización genética y morfológica de *Colletotrichum acutatum* causando antracnosis de los altramuces. Fitopatología 92:986-996.

**TAPIA, E. M. 1997.** Cultivos Andinos Subexplotados y su aporte a la Alimentación. FAO. Santiago, Chile. pp 75-229.

**TAPIA, E. M., FRIES A. M. 2007.** Agronomía de los cultivos Andinos. FAO, roma, 2007. Disponible em: [www.fao.org/docrep/010/ai185s00.HTM](http://www.fao.org/docrep/010/ai185s00.HTM)

**TARQUINO, T. MARINA H. Y CHURA, G. 2004.** Estudio de Leguminosas. Memoria de CIPCA. Apolobamba, La Paz, Bolivia. 30 p.

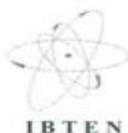
**ZELAYA, M. C. 1999.** Evaluación de seis variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en tres épocas de siembra en condiciones de Chaqui Depto. de Potosí. Tesis de Grado. Universidad Autónoma "Tomás Frías". Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Potosí, Bolivia. 70 p.

**ANEXOS**

**ANEXO 1. REGISTRO DE DATOS CLIMÁTICOS DE LA LOCALIDAD DE PUERTO MAYOR CARABUCO, GESTIÓN  
AGRÍCOLA 2010 – 2011**

MESES	PARAMETROS					
	PRECIPITACIÓN PLUVIAL (mm)	TEMPERATURA MAXIMA (°C)	TEMPERATURA MINIMA (°C)	TEMPERATURA MEDIA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
JULIO	0	13,4	-0,4	6,5	60,3	5,5
AGOSTO	0	13,7	0,6	7,2	61,2	7,5
SEPTIEMBRE	0	14,2	4,2	9,2	60,3	8,9
OCTUBRE	47,9	14,5	2,9	8,7	67,2	7,8
NOVIEMBRE	1,8	15,1	3,1	9,1	62,1	6
DICIEMBRE	117,4	15,8	5,5	10,7	69,4	6,5
ENERO	47	15,1	5,5	10,3	70,3	5,1
FEBRERO	110,3	13,8	6,6	10,2	72,3	11,7
MARZO	59,2	13,7	6,7	10,2	68,6	18,1
ABRIL	12,2	13,9	4,3	9,1	67,4	14,4
MAYO	2,4	13,4	2,1	7,7	59,8	13,3
JUNIO	1,7	12,5	0,8	6,6	57,7	12
TOTAL	399,9					
<b>PROMEDIO</b>	<b>33,33</b>	<b>14,09</b>	<b>3,49</b>	<b>8,79</b>	<b>64,72</b>	<b>9,73</b>

## ANEXO 2. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE SUELOS DE LA PARCELA EXPERIMENTAL LOCALIDAD PUERTO MAYOR



### MINISTERIO DE EDUCACION

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

## ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : **IBER ROY CALLISAYA ESTRADA**  
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ, Provincia CAMACHO,  
Municipio de CARABUCO, Cantón CARABUCO.*  
PROYECTO ANDESCROP

Nº SOLICITUD: **164 / 2011**  
FECHA DE RECEPCION : **04 / Agosto / 2011**  
FECHA DE ENTREGA : **19 / Agosto / 2011**  
Nº Factura : **4662 - 11**

Nº Lab.	CODIGO	ARENA %	ARCILLA %	LIMO %	CLASE TEXTURAL	GRAVA %	pH en agua 1.5	C.E. dS/m 1.5	CATIONES DE CAMBIO ( meq / 100 gr suelo )						SAT. BAS. %	Materia orgánica %	Nitrógeno total %	Fósforo Asimil. ppm	
									Al + H	Ca	Mg	Na	K	TBI					CIC
727 /2011	ANC - ST, Prof. 0 - 15 cm.	72	20	8	FA-FYA *	5,2	6,65	0,018	0,10	2,48	0,91	0,28	0,08	3,75	3,85	97,4	0,65	0,04	3,33
728 /2011	ANC - ST, Prof. 15 - 30 cm.	69	22	9	FYA	3,8	6,62	0,015	0,08	2,61	0,57	0,31	0,08	3,57	3,65	97,8	0,90	0,09	2,59
729 /2011	ANC - CT, Prof. 0 - 15 cm.	74	18	8	FA	3,4	6,64	0,028	0,07	2,83	0,59	0,31	0,19	3,91	3,98	98,2	0,88	0,05	4,83
730 /2011	ANC - CT, Prof. 15 - 30 cm.	68	22	10	FYA	5,2	6,82	0,024	0,07	2,70	0,63	0,31	0,11	3,74	3,81	98,2	0,70	0,05	3,30

#### OBSERVACIONES,-

\* FA - FYA : Franco Arenoso a Franco Arcillo Arenoso.  
\*\* Cationes de Cambio extraidos con acetato de amonio 1N.  
C.E. Conductividad eléctrica en deciSiemens por metro.  
C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.  
T.B.I. Total de Bases de Intercambio.

#### CARBONATOS LIBRES

A Ausente  
P Presente  
PP Presente en gran cantidad

#### CLASE TEXTURAL

F : Franco  
L : Limoso  
A : Arenoso  
Y : Arcilloso  
YA : Arcilloso Arenoso  
FYA : Franco Arcilloso Arenoso  
FA : Franco Arenoso  
AF : Arenoso Franco  
FY : Franco Arcilloso  
YL : Arcilloso Limoso  
FYL : Franco Arcilloso Limoso  
FL : Franco Limoso



  
RESPONSABLE DE LABORATORIO  
JORGE CHUNGARA

Of. Av. 6 de Agosto 2905, Tel.: 2433483 - 2430309 - 2433877 - 2128383 Fax: (0591-2) 2433063, La Paz - Bolivia  
Casilla 4821, Telf.-2800095 CIN-Viacha, E-mail: ibten@entelnet.bo

**CARABUCO, GESTIÓN AGRÍCOLA 2010 - 2011**



## PARAMETROS DE INTERPRETACIÓN

### Anexo 3. Relación Textura - densidad aparente - porosidad

Textura	Densidad aparente (g/cc)	Porosidad (%)
Arenoso	1,6	40
Franco Arenoso	1,5	43
Franco	1,4	47
Franco limoso	1,3	50
Franco arcilloso	1,2	55
Arcilloso	1,1	58

### Anexo 4. Rango de pH

Escala de valores	Definición
< 4,5	Extremadamente ácido
4,6 - 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 - 5,5	Fuertemente ácido
5,6 - 6,0	Medianamente ácido
6,1 - 6,5	Ligeramente ácido
6,6 - 7,3	Neutro
7,4 - 7,8	Medianamente alcalino
7,9 - 8,4	Moderadamente alcalino
8,5 - 9,0	Fuertemente alcalino
> 9,0	Muy fuertemente alcalino

### Anexo 5. Conductividad eléctrica (mMhons/cm<sup>3</sup>)

Rango	Características
< 2	No hay problemas de Sales
2-4	Ligeros problemas de sales
4-7	Medio (problemas de sales)
7-16	Fuerte
> 16	Muy Fuerte (salinidad)

**Método: Conductímetro (mMhons/cm<sup>3</sup>)**

**Fuente: Chilon (1997)**

## Anexo 6. Capacidad de intercambio Cationico.

Reconsideran 2 escalas de interpretación (A) y (B)

### Escala A

Rango	Interpretación
< 5	Muy bajo
5-10	Bajo
10-15	Medio
15 - 20	Alto
> 20	Muy alto

### Escala B

Rango	Interpretación
6-12	Bajo
12-20	Medio
> 20	Alto

Método Acetato de amonio (meq/100g suelo)

Fuente: Chilon (1997)

## Anexo 7. Materia orgánica

Suelo arenoso	Suelo franco	Suelo arcilloso	Interpretación
0 - 1,75	0 - 1,5	0 - 2	Muy bajo
1,76 - 2,50	1,5 - 2	2 - 3	Bajo
2,51 -3,50	02-mar	3 - 4	Normal
3,51 - 4,25	3 - 3,75	4 - 5	Alto
> 4,25	> 3,75	> 5	Muy alto

Método Walkey Black (%)

Fuente: Gerrero (1996)

## Anexo 8. Nitrógeno total

Rango	Interpretación
< 0,1	Bajo
0,1 - 0,2	Medio
> 0,2	Alto

Método: Kjeldahl semimicro

Fuente: Chilon (1997)

## Anexo 9. Fosforo disponible

P (ppm)	P (kg/ha)	Interpretación
0 - 6	0 - 12	Bajo
7 - 14,	14 - 18	Medio
> 14	> 28	Alto

## Anexo 10. Potasio

K <sub>2</sub> O (kg)	K (kg/ha)	K (ppm)	Interpretación
0 - 300	0 - 248	0 - 124	Bajo
300 - 600	248 - 497	124 - 248	Medio
> 600	> 497	> 248	Alto

## ANALISIS DE VARIANZA PARA DIFERENTES VARIABLES

### Anexo 11. Análisis de varianza para variable días a la emergencia

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Bloques	2	205,444	102,722	543,82	0,0001
Tratamientos	5	20,944	4,188	22,18	0,0001
Error experimental	10	1,888	0,188		
Total	17	228,277			

**C.V. 1,519**

*\* Significativo*

*\*\* Altamente significativo*

*NS No significativo*

### Anexo 12. Análisis de varianza para variable días a la floración

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Bloques	2	14.111	7.055	8.25	0.0077
Tratamientos	5	25.611	5.122	5.99	0.0081
Error experimental	10	8.555	0.855		
Total	17	48.277			

**C.V. 0.749**

*\* Significativo*

*\*\* Altamente significativo*

*NS No significativo*

**Anexo 13. Análisis de varianza para variable días a madurez fisiológica**

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Bloques	2	860,444	430,222	52,32	0,0001
Tratamientos	5	33,777	6,755	0,82	0,5615
Error experimental	10	82,222	8,222		
Total	17	976,444			

**CV 1,431***\* Significativo**\*\* Altamente significativo***NS No significativo****Anexo 14. Análisis de varianza para variable altura de planta (cm)**

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Bloques	2	823.549	411.775	23.66	0,0002
Tratamientos	5	105.992	21.198	1.22	0,3684
Error experimental	10	174.035	17.404		
Total	17	1103.577			

**CV 5.264343***\* Significativo**\*\* Altamente significativo***NS No significativo****Anexo 15. Análisis de varianza para variable número de ramas por planta**

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Bloques	2	22,271	11,135	46,1	0,0001
Tratamientos	5	16,229	3,246	13,44	0,0004
Error experimental	10	2,415	0,242		
Total	17	40,916			

**CV 12,839***\* Significativo**\*\* Altamente significativo***NS No significativo**

**Anexo 16. Análisis de varianza para variable número de vainas por planta**

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Bloques	2	1603,154	801,577	66,95	0,0001
Tratamientos	5	593,424	118,685	9,91	0,0012
Error experimental	10	119,718	11,972		
Total	17	2316,297			

**CV 11,165**

*\* Significativo*

*\*\* Altamente significativo*

*NS No significativo*

**Anexo 17. Análisis de varianza para variable longitud de vaina (cm)**

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Bloques	2	25,503	12,752	31,03	0,0001
Tratamientos	5	6,586	1,317	3,21	0,0552
Error experimental	10	4,11	0,411		
Total	17	36,2			

**CV 7,755**

*\* Significativo*

*\*\* Altamente significativo*

*NS No significativo*

**Anexo 18. Análisis de varianza para variable rendimiento (kg)**

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Bloques	2	8064261.00	4032130.50	176.20	0,0001
Tratamientos	5	127368.66	25473.73	1.11	0,4122
Error experimental	10	228844.33	22884.43		
Total	17	8420474.00			

**CV 8.42**

*\* Significativo*

*\*\* Altamente significativo*

*NS No significativo*

## COSTOS VARIABLES

Anexo 19. Costos variables para la producción de tarwi bajo dos métodos y tres densidades de siembra.

<b>Método en surco</b>	<b>90 kg/ha</b>	<b>110 kg/ha</b>	<b>120 kg/ha</b>
Semilla	1097,04	1340,92	1584,66
Desterronado	2000	2000	2000
Siembra surco	1000	1000	1000
Deshierbe	600	600	600
Cosecha	600	600	600
Trillado y venteado	600	600	600
<b>TOTAL (Bs)</b>	<b>5987,04</b>	<b>6140,92</b>	<b>6384,66</b>
<b>Método al voleo</b>	<b>90 kg/ha</b>	<b>110 kg/ha</b>	<b>120 kg/ha</b>
Semilla	1097,04	1340,92	1584,66
Desterronado	2000	2000	2000
Siembra Voleo	500	500	500
Cosecha	600	600	600
Trillado y venteado	600	600	600
<b>TOTAL (Bs)</b>	<b>4797,04</b>	<b>5040,92</b>	<b>5284,66</b>

## Anexo 20. FOTOGRAFIAS DE CAMPO



Foto 1. Desterronado y nivelado del suelo



Foto 2. Apertura de surcos para la posterior siembra de tarwi



Foto 3. Deshierbe de la parcela en las unidades de siembra en surco



**Foto 4. Cultivo de tarwi durante su desarrollo**



**Foto 5. Principales plagas del cultivo de tarwi**



**Foto 6. Cosecha y posterior trilla del tarwi**