

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



**TESIS DE GRADO**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES DE TARWI  
(*Lupinus mutabilis Sweet*), BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN  
LA COMUNIDAD MARKA HILATA CARABUCO, LA PAZ**

**JHANNETTE MERY PLATA ARCAYA**

**La Paz – Bolivia**

**2016**

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

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES DE TARWI  
(*Lupinus mutabilis Sweet*), BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA  
COMUNIDAD MARKA HILATA CARABUCO, LA PAZ**

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

**JHANNETTE MERY PLATA ARCAYA**

**Asesores:**

Ing. M. Sc. Rubén Trigo Riveros \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Gladys Chipana Mendoza \_\_\_\_\_

**Comité Revisor:**

Ing. Ph. D. David Cruz Choque \_\_\_\_\_

Ing. M. Sc. Ramiro Mendoza Nogales \_\_\_\_\_

Ing. José Eduardo Oviedo Farfán \_\_\_\_\_

**APROBADA**

Presidente Tribunal Examinador: \_\_\_\_\_

## DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico:

A mis queridos padres Andrés y Elsa con respeto y gratitud, por el incansable apoyo, paciencia y comprensión que me brindaron en todos los momentos de mi formación personal y profesional.

A mis hermanos Iván, Jessica y Ximena quienes con su tiempo, cariño y consejos me demostraron momentos incondicionales de alegría y sabiduría.

A mi querido esposo Nelson Altamirano Dorado (+), quién en vida me brindó su inmenso amor y su apoyo incondicional para alcanzar mis metas.

A mis pequeños hijos Alejandro y Leyla que con sus sonrisas, besos y abrazos me alentaron a seguir adelante.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar AGRADESCO A DIOS por darme la vida para compartir con mi familia y amigos momentos de tristezas y alegrías, por ser guía fundamental en mi vida.

A la Universidad Mayor de San Andrés por haberme cobijado en sus aulas y en particular a la Facultad de Agronomía de la Carrera de Ingeniería Agronómica, por haberme otorgado las facilidades para la culminación de mi carrera profesional.

Agradezco al Proyecto ANDESCROP, que entre los objetivos de su ejecución ha planteado el título del presente trabajo por medio del Ing. Victor Tola.

A todo el grupo de trabajo coordinadores: Ing. Hugo Bosque Sánchez, Dr. Sven-Erick Jacobsen, quienes me dieron la oportunidad y apoyo requerido en el desarrollo del presente trabajo.

A mis asesores: Ing. Rubén Trigo Riveros y la Ing. Gladys Chipana, por su constancia y sugerencias en la elaboración y desarrollo del presente documento.

También agradezco al comité revisor compuesto por el Dr. David Cruz Choque, Ing. Victor Mendoza y el Ing. Rafael Oviedo por las revisiones y correcciones posibles a mi tesis.

A mi compañera de tesis Elvia Ruiz Quispe por su gran alegría, apoyo, compañía y la amistad incondicional más allá de la vida de estudiante.

A los productores de la comunidad de Marka Hilata, por haberme facilitado el uso de sus parcelas y la colaboración durante el trabajo de campo.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	0
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivo General .....	2
1.3.2 Objetivos Específicos .....	3
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
2.1 Importancia Económica .....	4
2.1.1 Importancia Económica Mundial .....	4
2.1.2 Importancia para la seguridad y soberanía alimentaria. ....	4
2.2 Distribución del Cultivo en el área Andina .....	5
2.3 Descripción del Tarwi .....	6
2.3.1 Origen .....	6
2.3.2 Taxonomía .....	7
2.3.2.1 Clasificación Sistemática del Cultivo .....	7
2.3.3 Características Fenológicas .....	8
2.3.3.1 Fenología .....	8
2.3.3.2 Ciclo Vegetativo .....	8
2.3.4 Descripción Botánica .....	9
2.3.4.1 Raíz .....	9
2.3.4.2 Tallo .....	10
2.3.4.3 Hoja .....	10
2.3.4.4 Flores e inflorescencia .....	10
2.3.4.5 Fruto .....	10
2.3.4.6 Semilla .....	10
2.3.5 Variedades .....	11

2.3.5.1 Variedades de semilla sembrada por los productores en Bolivia.....	11
2.3.5.2 Características Nutricionales.....	11
2.3.6 Exigencias Agroecológicas del Cultivo .....	12
2.3.6.1 Condiciones Edáficas.....	12
2.3.6.2 Condiciones Climáticas .....	13
2.3.7 Manejo agronómico del cultivo .....	14
2.3.7.1 Preparación del Suelo .....	14
2.3.7.2 Siembra.....	14
2.3.7.3 Densidad de siembra .....	15
2.3.7.4 Labores Culturales .....	15
2.3.7.5 Riego.....	15
2.3.7.6 Control de Malezas .....	16
2.3.7.7 Plagas y Enfermedades .....	16
2.3.7.8 Cosecha.....	17
2.3.7.9 Formación de Pequeñas Parvas y Secado.....	17
2.3.8.0 Trillado y Venteado de granos.....	18
2.4 Índice de Área Foliar .....	18
<b>3. LOCALIZACIÓN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Ubicación Geográfica.....	19
3.2 Características Climáticas.....	21
3.3 Suelo.....	22
3.4 Topografía.....	23
3.5 Flora.....	23
3.6 Fauna.....	23
3.7 Características Agropecuarias .....	24
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
4.1 Materiales .....	25
4.1.1 Material Genético .....	25
4.1.2 Material de Campo .....	25
4.1.3 Material de Laboratorio .....	26
4.1.4 Material de Escritorio .....	26

4.2 Métodos .....	26
4.2.1 Procedimiento Experimental.....	26
4.2.1.1 Diseño Experimental .....	26
4.2.1.2 Modelo Lineal Aditivo .....	26
4.2.1.3 Factores de Estudio .....	27
4.2.1.4 Croquis de la Parcela Experimental. ....	29
4.2.1.5 Características de la Parcela Experimental .....	29
4.2.2 Procedimiento de Campo .....	30
4.2.2.1 Establecimiento de la parcela experimental. ....	30
4.3 Variables agronómicas.....	32
4.3.1 Porcentaje de Germinación .....	32
4.3.2 Altura de Planta.....	32
4.3.3 Diámetro de Tallo.....	32
4.3.4 Número de Vainas por Planta .....	32
4.3.5 Número de Granos por Planta.....	33
4.3.6 Índice de Área Foliar .....	33
4.3.7 Rendimiento.....	34
4.3.8 Peso de 100 semillas .....	34
4.4 Variables fenológicas .....	34
4.4.1 Días a la Emergencia de las Semillas .....	34
4.4.2 Días a la Emergencia de las Hojas Verdaderas .....	34
4.4.3 Días al Inicio de Ramificación .....	34
4.4.4 Días al Inicio de Floración .....	35
4.4.5 Días a la Formación de Vainas .....	35
4.4.6 Días a la Madurez Fisiológica .....	35
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>36</b>
5.1 Características Climáticas .....	36
5.2 Análisis de variables fenológicas y agronómicas.....	37
5.2.1 Porcentaje de Germinación .....	37
5.2.2 Días a la Formación de las Hojas Verdaderas .....	38
5.2.3 Número de Días al Inicio de la Floración .....	40

5.2.4 Días a la Madurez Fisiológica .....	43
5.2.5 Altura de Planta a la cosecha .....	46
5.2.6 Número de Granos por Planta.....	48
5.2.7 Peso de 100 Semillas (g) .....	50
5.2.8 Rendimiento (kg/ha) .....	51
5.3 Análisis económico .....	52
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>55</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>57</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>58</b>

## LISTA DE CUADROS

### Cuadro

Cuadro 1. Actividades económicas en el Municipio de.....	24
Cuadro 2. Formulación de tratamientos y su respectivo sorteo .....	28
Cuadro 3. Análisis de Varianza: Días a la Formación de las Hojas Verdaderas .....	39
Cuadro 4. Prueba de Duncan: Días a la Formación de las Hojas Verdaderas entre Variedades y entre Densidades de Siembra .....	40
Cuadro 5. Análisis de Varianza: Días al Inicio de la Floración.....	41
Cuadro 6. Prueba de Duncan: Días a la Floración entre Variedades y entre Densidades de Siembra .....	42
Cuadro 7. Análisis de Varianza: Días a la Madurez Fisiológica.....	44
Cuadro 8. Prueba de Duncan: Días a la Madurez Fisiológica entre Variedades.....	45
Cuadro 9. Análisis de Varianza: Altura de Planta a la cosecha .....	46
Cuadro 10. Prueba de Duncan: Altura de Planta entre Variedades y entre Densidades de Siembra.....	47
Cuadro 11. Análisis de Varianza: Número de Granos por Planta .....	48
Cuadro 12. Prueba de Duncan: Número de Granos por Planta entre Variedades y entre Densidades de Siembra .....	49
Cuadro 13. Resumen de la Evaluación económica a través de los Indicadores de rentabilidad .....	53

## LISTA DE FIGURAS

### Figura

Figura 1. Ubicación Geográfica del Municipio Puerto Mayor Carabuco – La Paz...19	19
Figura 2. Límites geográficos del Municipio .....20	20
Figura 3. Croquis experimental de la parcela .....29	29
Figura 4. Registro de temperaturas maximas, minimas y medias durante el desarrollo del cultivo.....36	36
Figura 5. Porcentajes de Germinación de semillas de Tarwi .....37	37
Figura 6. Días a la Formación de las Hojas Verdaderas .....39	39
Figura 7. Número de días al Inicio de la Floración .....42	42
Figura 8. Días a la Madurez Fisiológica .....44	44
Figura 9. Altura de Planta a la cosecha.....47	47
Figura 10. Número de Granos por Planta.....49	49
Figura 11. Peso de 100 Semillas en gramos .....50	50
Figura 12. Rendimientos por Tratamiento en kg/ha.....51	51

## LISTA DE ANEXOS

### Anexo

Anexo 1. Clases de pendientes (%), Puerto Mayor Carabuco.....	63
Anexo 2. Semilla de Tarwi variedad Carabuco.....	64
Anexo 3. Semilla de Tarwi variedad Dulce Cochabamba .....	64
Anexo 4. Riego de la parcela experimental después de la siembra .....	65
Anexo 5. Desmalezado de la parcela experimental .....	65
Anexo 6. Plantas de Tarwi cosechadas y emparvadas para su secado.....	66
Anexo 7. Plantas de Tarwi secas y listas para el trillado.....	66
Anexo 8. Toma de datos para la variable altura de la planta .....	67
Anexo 9. Toma de datos para la variable diámetro del tallo .....	67
Anexo 10. Conteo del número de vainas por planta .....	68
Anexo 11. Conteo del número de granos por vaina .....	68
Anexo 12. Tabla de Ingresos y Egresos para la variedad Dulce Cochabamba a una densidad de siembra de 90 kg/ha.....	69
Anexo 13. Tabla de Ingresos y Egresos para la variedad Dulce Cochabamba a una densidad de siembra de 110 kg/ha. ....	69
Anexo 14. Tabla de Ingresos y Egresos para la variedad Dulce Cochabamba a una densidad de siembra de 130 kg/ha. ....	70
Anexo 15. Tabla de Ingresos y Egresos para la variedad Carabuco a una densidad de siembra de 90 kg/ha.....	72
Anexo 16. Tabla de Ingresos y Egresos para la variedad Carabuco a una densidad de siembra de 110 kg/ha.....	72
Anexo 17. Tabla de Ingresos y Egresos para la variedad Carabuco a una densidad de siembra de 130 kg/ha.....	74

## **RESUMEN**

### **COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES DE TARWI (*Lupinus mutabilis Sweet*), BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA COMUNIDAD MARKA HILATA – CARABUCO, LA PAZ**

El cultivo de *Lupinus mutabilis Sweet* ha tomado mucha importancia en los últimos años, debido a su contribución en el desarrollo de políticas agroalimentarias y en el sistema de seguridad alimentaria por su aporte y gran capacidad nutricional. Sin embargo este producto originario está en riesgo de desaparecer, debido a los limitados espacios de terreno destinados a la producción de éste insumo, deficiencias tecnológicas de producción en el cultivo, limitada capacitación en cuanto a producción de semilla certificada, uso de semilla de baja calidad y escaso conocimiento en acceso a mercados, lo que conlleva una baja productividad y por tanto menor generación de ingresos para las familias productoras. Es así, que en el presente ensayo se evaluó el comportamiento agronómico de dos variedades de tarwi, bajo tres densidades de siembra. La investigación comenzó con el establecimiento de la parcela experimental, para la siembra se utilizaron semillas de la variedad Carabuco (local) y la variedad dulce Cochabamba (introducida) a densidades de 90, 110 y 130 kg/ha. Entre los resultados obtenidos se observó que los tratamientos en los que se utilizó la variedad dulce Cochabamba tardaron menos tiempo en la formación de hojas verdaderas, número de días a la floración y número de días a la madurez fisiológica con relación a los tratamientos en los cuales se utilizó semillas de la variedad Carabuco. La densidad de 110 kg/ha permitió un número menor de días a la floración del tallo central y a la madurez fisiológica, mientras que la densidad de siembra mayor (130 kg/ha) tomó también un número mayor de días para éstas variables. Respecto al número de granos por planta, la dulce Cochabamba fue la que superó a la variedad Carabuco con 116 granos, siendo la densidad de 130 kg/ha la que consiguió mayor número de granos por planta con relación a las densidades de 110 y 90 kg/ha, el promedio máximo en peso de 100 granos fue alcanzado por la variedad Carabuco con 23.87 gramos, y aunque la

diferencia es mínima la dulce Cochabamba obtuvo un promedio de 22.26 gramos, siendo esta variedad la introducida en la zona. En cuanto al rendimiento, Carabuco obtuvo un promedio de 1456,19 (kg/ha), valor superior al alcanzado por la variedad dulce Cochabamba que obtuvo un promedio de 1320,33 (kg/ha). Sin embargo, los resultados de las relaciones Beneficio/Costo, para todos los tratamientos son mayores a uno (1), lo que indica rentabilidad en la producción de Tarwi independientemente de la variedad y de las densidades de siembra utilizadas. Así mismo éstas relaciones son similares en todos los casos donde por cada 1 boliviano invertido se recuperó un promedio de 3,45/100 bs.

## **ABSTRACT**

### **AGRONOMIC BEHAVIOUR OF TWO VARIETIES OF TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet), UNDER THREE DENSITIES OF SEEDS IN THE COMMUNITY MARKA HILATA – CARABUCO, THE PEACE**

The crop of *Lupinus mutabilis* Sweet has taken a lot of importance in the last years, because of his contribution in the development of political agroalimentarias and in the system of alimentary security by his contribution and big nutritional capacity. However this product original is in risk to disappear, because of the limited spaces of destined terrain to the production of this input, technological deficiencies of production in the crop, limited qualification regarding production of seed certified, use of low quality seed and scarce knowledge in access to markets, what comports a low productivity and therefore lower generation of income for the producing families. It is like this, that in the present essay evaluated the agronomic behaviour of two varieties of tarwi, under three densities of seeds. The investigation began with the establishment of the experimental plot, for seeds it used seeds of the variety Carabuco (local) and the sweet variety Cochabamba (entered) to densities of 90, 110 and 130 kg/ha. Between the results obtained observed that the treatments in which it used the sweet variety Cochabamba took less time in the training of true leaves, number of days to the flowering and number of days to the physiological maturity in regard to the treatments in which it used seeds of the variety Carabuco. The density of 110 kg/ha allowed a lower number of days to the flowering of the cut head office and to the physiological maturity, where as the density of seed elder (130 kg/ha) took also a greater number of days for these variable. With regard to the number of grains by plant, the sweet Cochabamba was the one who surpassed to the variety Carabuco with 116 grains, being the density of 130 kg/ha the one who achieved greater number of grains by plant in regard to the densities of 110 and 90 kg/ha, the maximum average in weight of 100 grains was hit by the variety Carabuco with 23.87 grams and although the difference is minimum the sweet Cochabamba obtained an average of 22.26 grams, being this variety the entered in the zone. Regarding the performance, Carabuco

obtained an average of 1456,19 (kg/ha), upper value to the reached by the sweet variety Cochabamba that obtained an average of 1320,33 (kg/ha). However, the results of the relations Benefit/Cost, for all the treatments are greater to one (1), what indicates profitability in the production of Tarwi independently of the variety and of the densities of seeds used. Likewise these relations are similar in all the cases where by each 1 bolivian invested recovered an average of 3,45/100 bs.

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES DE  
TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet), BAJO TRES DENSIDADES DE  
SIEMBRA EN LA COMUNIDAD MARKA HILATA CARABUCO, LA PAZ**

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) es originario de la zona andina de Sudamérica, es la única especie americana del género *Lupinus* domesticada y cultivada (Blanco, 1982). Su distribución comprende desde Colombia hasta el norte de Argentina, aunque actualmente es de importancia sólo en Ecuador, Perú y Bolivia.

Según la Encuesta Nacional Agropecuaria 2008, la superficie cultivada de tarwi a nivel nacional es de 266 ha, siendo para el Altiplano (Potosí, Oruro y La Paz) una superficie de 86 ha, para Cochabamba una superficie de 133 ha, y por último para el departamento de Chuquisaca una superficie de 47 ha. Los volúmenes de producción de tarwi para oferta a nivel nacional son de 199.5 TM, tomando en cuenta que el departamento de Cochabamba aporta con un 50% a la producción, debido a la ubicación geográfica que le ofrece ventajas comparativas (PADER-COSUDE, 2006).

En La Paz, el cultivo de *Lupinus mutabilis* Sweet ha tomado mucha importancia en los últimos años, debido a su contribución en el desarrollo de políticas agroalimentarias y en el sistema de seguridad alimentaria por su aporte y gran capacidad nutricional, ahorro de energía, generación de ingresos y protección del medio ambiente. Sin embargo el insuficiente aprovechamiento y escaso apoyo brindado por el sector público y privado, están determinando que este producto originario esté en riesgo de desaparecer, debido a la falta de un impulso hacia el sector para mejorar sus condiciones de producción, generación de valor agregado y promoción del producto en el mercado interno y externo.

## **1.2 Justificación**

A pesar de que el Tarwi es cultivado desde hace muchos años en el municipio de Carabuco, en la actualidad existen pocos estudios acerca del uso de densidades de siembra y de variedades introducidas para éste cultivo en la región, donde la disponibilidad de semilla de calidad es escasa, debido a los limitados espacios de terreno destinados a la producción de éste insumo, deficiencias tecnológicas de producción en el cultivo, limitada capacitación en cuanto a producción de semilla certificada, uso de semilla de baja calidad y escaso conocimiento en acceso a mercados, lo que conlleva una baja productividad y por tanto menor generación de ingresos para los productores. Por lo tanto, es necesario buscar y seleccionar nuevos ecotipos, con mejores características agronómicas y de mayor rendimiento para contribuir a mejorar los niveles de producción e ingresos económicos de los agricultores.

Es así, que el objeto del presente estudio es conocer sobre la densidad de siembra con una variedad local de tarwi que es la Carabuco y una variedad introducida de los valles denominada como la dulce Cochabamba, para evaluar el desarrollo, fisiológico y productivo bajo las condiciones ambientales de Carabuco.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

- Evaluar el comportamiento agronómico de dos Variedades de Tarwi bajo tres densidades de siembra en la comunidad de Marka Hilata Carabuco, La Paz.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar el comportamiento agronómico de la variedad Carabuco (local) y la variedad dulce Cochabamba (introducida).
- Comparar el efecto de tres densidades de siembra en el rendimiento de dos variedades de Tarwi.
- Analizar la interacción de tres densidades de cultivo con dos variedades de Tarwi.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Importancia Económica

**2.1.1 Importancia Económica Mundial.** Según estadísticas de la FAO (2007), a nivel mundial el cultivo del lupino tiene importancia económica en pocos países, esta producción es ampliamente dominada por Australia, país que concentra más de 85% del volumen total que se cosecha anualmente.

Al respecto Velasco (2009), indica que el principal uso del lupino en Australia es la elaboración de concentrados alimenticios para ganado y especialmente para peces y aves. En dicho continente las principales especies de lupino son de hoja angosta (*Lupinus angustifolius*), y ocupan casi el 85% de la superficie sembrada con esta leguminosa, de 1993 a 2003 la producción australiana se mantuvo cercana a 1,2 millones de toneladas, sin embargo, cayó fuertemente en la última temporada agrícola reportada (2006/2007) debido a prolongados períodos de sequías.

En relación con el mercado internacional, nuevamente Australia domina la situación. La exportación promedio anual es de 430 mil toneladas con un valor cercano a los US\$ 70 millones, el precio unitario promedio llega a US\$ 154/ton. Los principales países importadores de este producto son: Japón, República de Corea del Sur y la Unión Europea, que totalizan casi el 90% del volumen exportado por Australia (Velasco, 2009).

**2.1.2 Importancia para la seguridad y soberanía alimentaria.** *Lupinus mutabilis*, es un cultivo poco exigente en nutrientes y se desarrolla en suelos marginales, no obstante su aporte a la agronomía es valiosa por cuanto preserva la fertilidad de los suelos, mediante la fijación de nitrógeno, su incorporación a la tierra como abono verde ha determinado incrementos en la producción de papa y cereales, mejorando la disponibilidad de materia orgánica, mayor retención de humedad y la estructura de los suelos, es una alternativa real para mejorar la capacidad productiva de los suelos del Altiplano y los valles deficitarios en estos aspectos (CIPCA, 2004).

Además, las cualidades del tarwi, desde el punto de vista agrícola, pueden conducir a mejorar la salud de manera directa al disminuir los efectos negativos de la sobre exposición a plaguicidas o indirectamente al disminuir la contaminación ambiental. Ha quedado demostrado su potencial efecto biocida en el control de ectoparásitos (garrapatas) y parásitos intestinales en los animales; su efecto en la disminución de la incidencia del gorgojo de Los Andes, principal plaga del cultivo de papa en el Altiplano y el control preventivo de insectos que atacan a la madera (CIPCA, 2004).

El Tarwi, es una leguminosa que tiene un gran potencial no solo para la alimentación humana, sino también para la alimentación de animales. Sin embargo el insuficiente aprovechamiento y escaso apoyo brindado por el sector público y privado, están determinando que este producto originario esté en riesgo de desaparecer, debido a la falta de un impulso hacia el sector para mejorar sus condiciones de producción, generación de valor agregado y promoción del producto en el mercado interno y externo; si todavía existe, se debe a que gran parte de la riqueza de la agro biodiversidad se encuentra en las manos de los pequeños productores campesinos quienes de manera tradicional sostienen este cultivo (ODEPA, 2005).

De persistir esta exclusión social y la falta de voluntad política para definir una estrategia que incorpore a este sector en mejores condiciones para la producción de alimentos, provocará una mayor inseguridad alimentaria que al momento llega a afectar a un 20% de la población boliviana (Espinoza, 2010).

## **2.2 Distribución del Cultivo en el área Andina**

El tarwi (*Lupinus mutabilis*), es una fabácea que, indudablemente, fue domesticada por los pobladores andinos mucho antes del advenimiento del Imperio Incaico. Su consumo se generalizó a todas regiones directa o indirectamente influenciadas por la cultura quechua (PADER-COSUDE, 2006).

Según Mujica (1992), su cultivo se mantiene desde Ecuador, Perú, Bolivia hasta Chile y el noreste argentino, bajo distintos sistemas de producción. Lescano (1994), menciona que se ha encontrado pequeñas áreas en el Estado de Táchira (Venezuela), en el Departamento de Pasto (Colombia) y en los valles interandinos del Mantaro, el valle del Vilcanota (Cusco), Ayacucho y Abancayen en Perú; aparte de Cochabamba, Potosí y Sucre en Bolivia.

Tapia (1978), señala que la producción de Tarwi en Bolivia se da en el altiplano norte de La Paz, especialmente en la península de Copacabana y en Carabuco, donde la existencia de suelos arenosos favorece a este cultivo. Alrededor del Lago Titicaca su producción está concentrado en las provincias de Yunguyo y Pomata en el Perú en suelos arenosos, a 3800 m.s.n.m., siendo las variedades más tolerantes al frío y de crecimiento precoz (Lescano, 1994).

Tanto en Bolivia como en el Perú, las estadísticas muestran una amplia variación en el área cultivada según los años, entre 1980 y 1983 el área cultivada en el Perú se incrementó a 6000 ha, debido a que se creó un mercado seguro para este producto, sin embargo esta superficie ha disminuido en los últimos años (Espinoza, 2010).

## **2.3 Descripción del Tarwi**

### **2.3.1 Origen**

Dos culturas antiguas, la egipcia y la andina, domesticaron hace por lo menos cuatro mil años, especies de *Lupinus*: *Lupinus luteus* en Egipto y *Lupinus mutabilis*, tarwi o chocho en los Andes. Estas especies fueron utilizadas en la alimentación de manera semejante. Curiosamente las dos culturas sometieron a estas especies a parecidos proceso de maceración y lavado para eliminar los alcaloides antes de consumirlas como alimentos básicos (Carrillo, 1956).

El tarwi se ha utilizado en la ecoregión andina por miles de años. Restos de sus semillas se han encontrado en las tumbas de la cultura Nazca (100 a 500 a.C.) en la costa desértica del Perú. En el Sur, las pinturas representando el tarwi en vasos ceremoniales de la cultura Tiahuanaco (500-1000 d.C.) son una indicación de su amplia distribución.

Como parientes silvestres se mencionan el *L. praestabilis* y *L. paniculatus* los que en general reciben la denominación deckera en quechua yckela en aymara. Tapia (2007), Quechua (tarwi), Aymara (tauri /tarhui). Es una leguminosa originaria de los Andes de Perú, Bolivia y Ecuador (del Antiguo Perú). *Lupinus mutabilis* (Sweet). Sudamérica. *Lupinus albus*: Egipto, Grecia y Roma (FAO, 2007).

## **2.3.2 Taxonomía**

### **2.3.2.1 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:

<b>Reino:</b>	<i>Plantae</i>
<b>División:</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Clase:</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Orden:</b>	<i>Fabales</i>
<b>Familia:</b>	<i>Fabaceae</i>
<b>Subfamilia:</b>	<i>Faboideae</i>
<b>Tribu:</b>	<i>Genisteae</i>
<b>Género:</b>	<i>Lupinus</i>
<b>Subgénero:</b>	<i>Platycarpos</i>
<b>Especie:</b>	<i>L. mutabilis</i>
<b>Nombre Binomial:</b>	<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet.

### 2.3.3 Características Fenológicas

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

**2.3.3.2 Ciclo Vegetativo.** El ciclo varia de 150 a 360 días, dependiendo del ecotipo y la maduración del eje central solo o de las demás ramas secundarias (CIPCA, 2009).

- **Emergencia** Algunas semillas son capaces de germinar inmediatamente después de haber completado su desarrollo, inclusive antes del tiempo normal de cosecha. Sin embargo, luego de que el crecimiento del embrión se detiene y el contenido de humedad disminuye, las semillas de muchas variedades habitualmente atraviesan por un período de inactividad o latencia, durante esta etapa, el embrión mantiene una mínima respiración y es cuando está mejor capacitado para resistir las condiciones desfavorables del medio (Agencia CyTA, 2002).

- **Surgimiento de las hojas verdaderas.** De acuerdo con el crecimiento de los cotiledones, las plántulas pueden clasificarse como de germinación epigea, cuando al alongarse el hipocótilo los cotiledones se elevan por sobre el suelo. Frecuentemente los cotiledones cumplen función fotosintética por un tiempo más o menos prolongado, según la especie, luego se marchitan y caen (Agencia CyTA, 2002).

- **Inicio de Ramificación.** El inicio de ramificación comienza a los 45 días desde el inicio de formación de las primeras hojas verdaderas, FAO (2007). 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, el número de ramas varía desde unas pocas hasta 52 ramas.

- **Inicio de Floración.** El inicio de la floración se denota de los 100 a los 120 días después de que iniciaron a formar el pedúnculo floral. La FAO (2007), indica que 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 origina su epíteto, *L. mutabilis*, que significa cambiante.

Los colores más comunes son los diferentes tonos de azul y púrpura, menos frecuentes son los colores blanco, crema, rosado y amarillo, según el tipo de ramificación que presenta la planta, puede tener hasta 3 floraciones sucesivas y en una sola planta pueden existir hasta 1000 flores (CIPCA, 2009).

- **Formación de vainas.** La formación de vainas, el número de vainas y de ramas fructíferas tiene correlación positiva con la producción de grano de Tarwi (CIPCA, 2009).

- **Madurez Fisiológica.** Fruto es una legumbre pubescente, indehiscente en las cultivadas y con cierta dehiscencia en las semicultivadas y silvestres, de forma elíptica u oblonga, aguda en ambos extremos, con cerca de 130 vainas por planta (FAO, 2007).

**2.3.4 Descripción Botánica.** El tarwi es una especie generalmente anual, de crecimiento erecto y que puede alcanzar desde 0.8 m hasta más dos metros en las plantas más altas (FAO, 2007).

**2.3.4.1 Raíz.** La raíz, que como en toda planta desempeña un rol de sostén y de conducción de la savia desde el suelo hasta los demás órganos, se caracteriza por ser gruesa y pivotante, el aspecto más sobresaliente es la alta cantidad de nódulos que tiene la raíz, pesando unos 50 g por planta, las raíces se asocian con bacterias llamadas *Rhizobium spp.*, que pueden fijar nitrógeno del aire y que aportan entre 40 y 80 kg/ha de nitrógeno al año (Tapia, 2007).

**2.3.4.2 Tallo.** El tallo es usualmente de color variable entre verde claro, verde oscuro y castaño. *Lupinus mutabilis* presenta por lo general un eje principal sin macollos y con ramificaciones secundarias y terciarias, pudiendo presentar ramificaciones, la altura de la planta está determinada por el eje central que varía de 0,5 a 2,0 m. (INIAP, 2001).

**2.3.4.3 Hoja.** La hoja del Tarwi es de forma digitada, presenta de 5 a 12 folíolos que varían entre ovaladas y lanceoladas, el color de los peciolo varía de amarillo verdoso a verde oscuro dependiendo del contenido de antocianina (Meneses, 1996).

**2.3.4.4 Flores e inflorescencia.** La inflorescencia es un racimo terminal con flores dispuestas en forma verticilada, cada flor mide alrededor de 1,2 cm de longitud y tiene la forma típica de las papilionáceas, es decir la corola con cinco pétalos, uno el estandarte, dos la quilla y dos las alas, la quilla envuelve al pistilo y a los diez estambres, en una sola planta se puede llegar a contar más de milflores, cuyos pétalos varían desde el blanco, crema, azul, hasta el color púrpura (Tapia, 2007).

**2.3.4.5 Fruto.** El fruto del Tarwi es una vaina, generalmente llamada legumbre El fruto está constituido por una vaina, algo dehiscente. Tapia (2007), el largo de la vaina puede llegar a 12 cm dependiendo del número de semillas, pudiendo llegar a 9 semillas, el tamaño de la semilla varía entre 0,5 a 1,5 cm, dependiendo de las características genéticas y las condiciones ambientales, la forma de la semilla es esférica, oval o cuboide, la semilla está recubierta por un tegumento endurecido (cáscara) que puede constituir el 10% del peso total de grano.

**2.3.4.6 Semilla.** Las semillas se acomodan en la vaina en una hilera, su tamaño varía de 4 a 15 mm, la forma de las semillas es elipsoidal, lenticular, algunas redondeadas y otras más bien con bordes más definidos en forma semicuadrada, el color de las semillas es muy variable: blanco, gris, baya, marrón, negro e incluso de color marmoteado, algunas semillas blancas tienen una pinta de otro color que puede tener forma de ceja, bigote, creciente o media luna, hasta punteada (Meneses, 1996).

### 2.3.5 Variedades

Actualmente en Bolivia existen unas tres a cinco variedades seleccionadas provenientes del Cusco (K'ayra y SCG – 25) y de Huancayo, estación experimental del Mantaro (H1y H6) así como de La Libertad que han alcanzado rendimientos sobre los 3000 kg/ha. En la campaña 1980–81, se evaluó líneas que experimentalmente han sobrepasado las 4 ton/ha. En Bolivia se han seleccionado las variedades Pairumani, Toralapa (de Valle) y Carabuco (del Altiplano Norte) (Cordeco, 1979).

**2.3.5.1 Variedades de semilla sembrada por los productores en Bolivia.** En la actualidad en Bolivia existen más de 340 accesiones de *Lupinus mutabilis*, también existe otra clasificación a nivel de razas de germoplasma que incluye 95 muestras de colección recolectadas en diferentes lugares del país entre alturas de (3000 a 4160 msnm) identificándose cinco razas, Titicaca precoz, Titicaca tardía, Cochabamba, Sureña precoz y Sureña tardía (Antezana, 1987 citado por CIFP, 2001).

La mayoría de la semilla de Tarwi sembrada, es de la variedad Chumpi Tarwi (69%) que es de un color pardo oscuro y es muy difundida en la región; la otra variedad de color obscuro en la parte del embrión (ojo) denominado Tarwi Ñawi (20%) es poco difundido precisamente por esta característica particular y su tamaño pequeño; y por último la variedad Blanca (16%) de tamaño grande de color blanco, semilla que es utilizada por muy pocos productores (INIAF, 2009).

**2.3.5.2 Características Nutricionales.** El Tarwi (*Lupinus mutabilis*), es una leguminosa que tiene un alto contenido de alcaloides que le confieren un sabor amargo y afecta su biodisponibilidad de nutrientes si se le consume directamente sin extraer los alcaloides (Suquilanda, 1984).

Las semillas son excepcionalmente nutritivas. 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 a 51% y el aceite de 14 a 24%. En base a análisis bromatológico, posee en promedio 35.5% de proteína, 16.9% de aceites,

7.65% de fibra cruda, 4.145% de cenizas y 35.77% de carbohidratos, encontrando correlación positiva entre proteína y alcaloides, mientras que es negativa entre proteína y aceite (Gross et al. 1988).

La proteína del tarwi contiene cantidades adecuadas de lisina y cistina, pero tiene únicamente 23 a 30% de la metionina requerida para el óptimo crecimiento de los animales. El aceite de tarwi es de color claro lo cual lo hace aceptable para el uso doméstico. Es similar al aceite de maní y es relativamente rico en ácidos grasos no saturados, incluyendo el ácido linoleico. El contenido de fibra de la semilla no es excesivo, pero se estima que pueda constituir una fuente importante de minerales (Gross et al. 1988).

Dadas las características nutricionales que presenta el ecotipo Carabuco, se considera como un cultivo importante tanto para la seguridad alimentaria, como por su potencial en el procesado de derivados, como por ejemplo la elaboración de harina de tarwi para la panificación (INLASA, 2011).

### **2.3.6 Exigencias Agroecológicas del Cultivo**

**2.3.6.1 Condiciones Edáficas.** *Lupinus mutabilis* requiere suelos francos y franco arenosos, con balance adecuado de nutrientes y buen drenaje, pH que oscila entre 5 y 7. En suelos ácidos, la fijación de nitrógeno por *Rhizobium* spp, es muy escasa (FAO, 2007).

Por otro lado Tapia (1997), menciona que *Lupinus mutabilis* es propio de suelos pobres en nutrientes, el tarwi se desarrolla mejor en suelos francos a franco arenosos y con buena humedad; lo que no resiste el cultivo son los suelos pesados y donde se puede acumular humedad en exceso.

Millones (1980), señala que los suelos con pH de 4 a 7 son los suelos más adecuados para este cultivo, que se debe evitar cultivar *Lupinus mutabilis* en suelos mal drenados o alcalinos, requiere un balance adecuado de nutrientes, no necesita elevados niveles de nitrógeno pero sí la presencia de fósforo y potasio.

### 2.3.6.2 Condiciones Climáticas

- **Temperatura.** Desde el punto de vista agronómico la temperatura tiene una gran importancia, ya que prácticamente influye en todos los procesos fisiológicos de las vegetales, afectando tanto el crecimiento como el desarrollo. *Lupinus mutabilis* no tolera las heladas (descensos bruscos en temperatura) en la fase de formación del racimo y madurez, aunque algunos ecotipos cultivados a orillas del lago Titicaca tienen una mayor resistencia al frío (FAO, 2007).

Según Meneses (1996), *Lupinus mutabilis* es una planta que crece bien en climas templados a fríos, no cálidos sobre todo moderados. *Lupinus mutabilis* es susceptible a las heladas, razón por la que no se hace cultivo invernal, se cultiva en Bolivia en alturas que van desde los 2500 hasta los 4000 msnm, la temperatura óptima para el crecimiento durante el día oscila entre los 20 a 25°C y las temperaturas bajas por la noche favorecen la formación de los aceites hasta en un 20 %.

- **Humedad.** Lezcano (1994), sostiene que 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, la humedad del aire tiene importantes efectos físicos y biológicos.

- **Precipitación.** Según Meneses (1996), las exigencias de humedad varían notablemente y dependen de suelo, la temperatura atmosférica y la precocidad de la planta. Sin embargo, debido a que *Lupinus mutabilis* se cultiva sobre todo a seco, sus requerimientos 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).

- **Fotoperiodo.** *Lupinus mutabilis* es aparentemente indiferente al fotoperiodo, aunque se cultiva más en condiciones de días cortos, Gross y Rainer (1982), mencionan que experiencias a nivel mundial comprueban su neutralidad a la longitud del día, por lo menos en lo que a su desarrollo y a su espacio externo se refiera.

### **2.3.7 Manejo agronómico del cultivo**

**2.3.7.1 Preparación del Suelo.** Aunque el cultivo de Tarwi requiere de labranza mínima, se llegó a determinar que también es necesario realizar labores culturales como ser limpieza de malezas y quema de rastrojos, los cuales son necesarios en algunos casos para eliminar enfermedades o plagas que hubieran existido anteriormente (Suquilanda, 1984).

- **Arada.** Se sugiere trabajar con un arado “cincel” para enterrar malezas y rastrojos del cultivo anterior y exponer a los insectos del suelo, a la acción de los rayos solares y los controladores biológicos (aves, sapos, lagartijas, etc.) (Suquilanda, 1984).

- **Rastrada.** Basta realizar dos a cuatro cruza con la rastra para desterronar dependiendo de las condiciones físicas del suelo, aprovechar en estos momentos durante la rastrada realizando respectiva limpieza de rastrojos de anteriores cultivos desde la raíz, el terreno antes de sembrar debe quedar limpio para después proceder con la elaboración de surcos.

- **Elaboración de surcos.** Surcar de tal manera que al caer la lluvia o hacer el riego, el agua se deslice lentamente, para evitar la erosión del suelo, muchas veces no es necesario realizar surcos, pues la siembra se puede realizar al voleo.

**2.3.7.2 Siembra.** La época de siembra está determinada por las características climáticas de la región o zona de cultivo: inicio de lluvias, altitud y latitud. En general, tomando en cuenta la altitud, por cada 300 m de incremento en altura, el periodo vegetativo se prolonga aproximadamente en un mes, además influyen los ecotipos utilizados en cada zona (INIAP, 2001).

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 la semilla a mayor profundidad. A medida que aumenta la profundidad disminuye la emergencia de las plantitas, puesto que se presentan enfermedades germinales que atacan al hipocotilo.

**2.3.7.3 Densidad de siembra.** Se tiene conocimiento que la densidad de siembra tiene gran influencia en el rendimiento de grano, por lo que se viene estudiando densidades de siembra de diferentes variedades, este factor está determinado por el ancho de los surcos y número de semillas por surco (INIAP, 2001).

La densidad de siembra depende fundamentalmente de las ramificaciones de la planta y se debe buscar aprovechar a lo máximo la energía solar, por unidad de superficie en toda la plantación. Normalmente se recomienda una cantidad de semilla de 100 a 120 kg/ha (Gross, 1982).

Al respecto, Mujica (1994), indica que la densidad de siembra óptima es de 80 kg/ha de semilla, sembrados a una distancia de 0,70 m entre surcos y 0,30 m entre plantas, utilizando tres semillas por golpe.

**2.3.7.4 Labores Culturales.** Puesto que *Lupinus mutabilis* en su primera etapa de crecimiento es más susceptible a los factores ambientales adversos como falta de humedad o el ataque de larvas de dípteros o de babosas en el suelo, es necesario prever de humedad adecuada a la siembra y hacer tratamientos preventivos con algunos insecticidas, en el resto del período vegetativo no necesita de labores culturales específicos, salvo una ligera remoción del suelo al hacer el deshierbo (INIAP, 2001).

**2.3.7.5 Riego.** *Lupinus mutabilis* es cultivado exclusivamente en condiciones de secano, es decir que no necesita riego, salvo el agua proveniente de las lluvias. Se cultiva de esta forma en Bolivia, Perú, las orillas del Titicaca, Ecuador y los valles interandinos (INIAP, 2001).

Sin embargo, Meneses (1996), sostiene que 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.

**2.3.7.6 Control de Malezas.** *Lupinus mutabilis* debe mantenerse libre de malezas especialmente en sus primeros 45 días de crecimiento se deshierba una a dos veces durante la fase de inicio de floración cuidando de no maltratar las plantas y evitar de romperlas en el caminar durante la limpieza de malezas (Galarza, 1995).

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 (Meneses, 1996).

**2.3.7.7 Plagas y Enfermedades.** 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). Siendo las más importantes: masticadores de follaje, barrenadores de tallo (*Copitarsia turbata* y *Agromyza* sp.) y picadores chupadores (*Frankliniella tuberosi* y *Myzus* sp.).

Con respecto a enfermedades encontramos tres principales hongos: antracnosis, roya y fusariosis las cuales afectan directamente a la planta. Por otro lado, 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. El cultivo, también 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 observaran como un polvillo de color anaranjado en las hojas, tallos y hasta frutos.

**2.3.7.8 Cosecha.** El estado de cosecha en chocho se determina cuando las hojas se amarillan y la planta se desfolia, el tallo se lignifica, las vainas se secan y los granos presentan tal consistencia que resisten la presión de las uñas. En un campo de cultivo se puede realizar hasta dos cosechas; la primera cuando los ejes centrales estén secos, cuyos granos deberían ser utilizados como semilla ya que son de mayor tamaño y uniformidad y la segunda luego de 20 a 30 días cuando las ramas laterales estén maduras o secas en un estado de 15 a 18% de humedad (INIAP, 2001).

Según Meneses (1996), 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 perdidas 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.

La cosecha se realiza cuando las plantas han alcanzado la madurez plena; se separan los granos de la vaina mediante golpes con palos curvos o pisoteo del ganado (FAO, 2007). A diferencia de muchas especies de lupinos, las vainas del tarwi no se parten ni esparcen sus semillas en la tierra. Los campesinos del incanato seleccionaban las plantas que mantenían sus semillas hasta que pudiera ser cosechada (Sumac Perú, 2008).

**2.3.7.9 Formación de Pequeñas Parvas y Secado.** Las plantas secas se deben arrancar a mano o con segadoras, para luego exponerlas al sol, para conseguir un secado uniforme de tallos y vainas. También se puede cortar únicamente los racimos de vainas, utilizando una hoz o manualmente, cuando estas presentan una coloración café claro y estén completamente secas (CyTA, 2002).

Para la obtención de semillas, se recomienda seleccionar plantas sanas, que presenten una buena conformación, que se muestren vigorosas y que además tengan una buena carga de vainas. La cosecha se debe realizar por separado tomando las vainas de los ejes centrales (Suquilanda, 1984).

**2.3.8.0 Trillado y Venteado de granos.** La trilla de *Lupinus mutabilis* no sólo es demandante de bastante mano de obra, sino que constituye un trabajo laborioso y pesado, la planta seca se debe golpear y ventear para separar los granos de sus vainas, en este proceso se utilizan también animales, pero cuidando que sus patas no vayan a ser lastimadas por los bordes cortantes de las vainas (FAO, 2007).

## 2.4 Índice de Área Foliar

Beadle (1988) citado por Bosque (2006), menciona que para la productividad de un cultivo es conveniente expresar su comportamiento foliar por unidad de área de terreno. Esto es el Índice de Área Foliar, que valora la velocidad con que la planta ocupa el área del suelo disponible. También describe la dimensión del sistema fotosintético de una comunidad vegetal. Puede ser calculada por:

$$IAF = Si/P$$

IAF = Índice de Área Foliar

Si = Es la superficie foliar funcional (verde) del cultivo que se encuentra en la superficie (P) del terreno.

P = Es la superficie del terreno ocupada por (Si)

- **Área foliar.** Para realizar la determinación se utiliza fotografías digitales de la superficie muestral. Basándose en colorimetría estima la superficie o el porcentaje de cobertura. Permite realizar el cálculo en rastrojos, cultivos o malezas, siempre que sea posible detectar variaciones de color entre estos y el suelo.

### 3. LOCALIZACIÓN

#### 3.1 Ubicación Geográfica

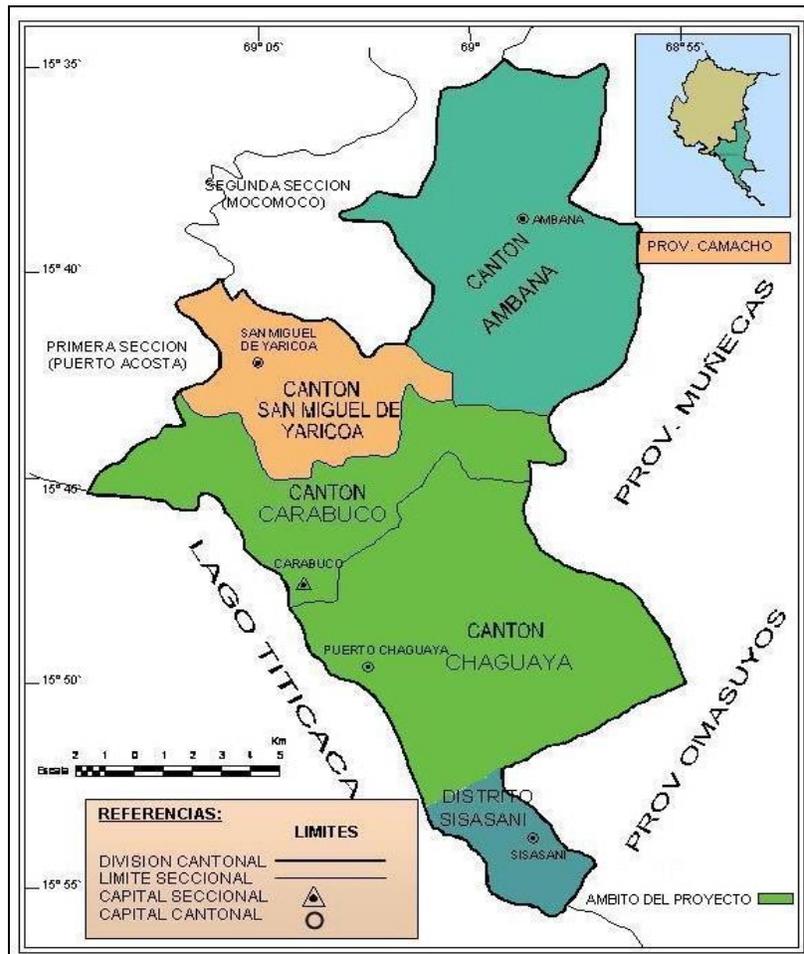
El presente trabajo de investigación se realizó en la provincia Camacho, al Norte del Departamento de La Paz, Tercera Sección del Municipio de Puerto Mayor de Carabuco, Comunidad Marka Hilata. Geográficamente se sitúa entre los 15°45'46" latitud Sud y 69°03'18" longitud Oeste, a una altitud que varía desde 3500 a 5000 m.s.n.m. y distante a 150 km del centro de la ciudad (PDM Carabuco, 2006 - 2010).



Fuente: Elaboración Propia, con información geoespacial de: Google maps (2015) – Municipio Puerto Mayor Carabuco.

**Figura 1. Ubicación Geográfica del Municipio Puerto Mayor Carabuco – La Paz**

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 Ancoraimes de la Provincia Omasuyos y al Oeste con el Lago Titicaca (Riveros, 2007).



Fuente: PDM (2006 – 2010) Puerto Mayor Carabuco

**Figura 2. Límites geográficos del Municipio Puerto Mayor Carabuco**

### 3.2 Características Climáticas

El clima de la zona está caracterizado por la alternancia de una estación húmeda y de una seca, donde los valores y su interpretación varían en función de la altura y de la situación topográfica (PDM Carabuco, 2006 – 2010).

De acuerdo a información meteorológica, compilada del estudio de Evaluación e inventariación de tierras agrícolas según su aptitud para cultivos selectos de seguridad alimentaria y comercialización – Municipio Puerto Mayor Carabuco (2007): La temperatura media anual es de 9,1 °C, la estación invernal se presenta con temperaturas medias mensuales de 6,6 a 8,8 °C, y las de verano con 10 a 10,4 °C. Las temperaturas más bajas del año se registran en invierno durante los meses de junio, julio y agosto, mientras que las mayores se presentan en verano, sin embargo este incremento es mitigado por el aumento de nubosidad en la plenitud del verano austral, situación que genera la aparición de dos máximos secundarios, al inicio y final de esta estación, precisamente cuando la nubosidad es todavía escasa (PNUD, Asoc. Cuna, 2009).

Según el mismo estudio, la precipitación pluvial anual es de 749,6 mm, siendo el periodo lluvioso más marcado en los meses de diciembre, enero y febrero (118,1 – 141,2 mm), y el periodo más seco de mayo a agosto (9,3 – 22,9 mm). En la época de lluvias o verano, la Alta de Bolivia y la Vaguada ecuatorial son los fenómenos sinópticos que determinan la abundancia de precipitaciones de diciembre a marzo sobre ésta región. Sin embargo estas precipitaciones también están marcadas por el efecto local de las brisas del lago. Cuando el Alta de Bolivia se configura sobre Bolivia, el efecto local de las brisas prácticamente desaparece, para dar paso al predominio sinóptico (precipitaciones prolongadas acompañadas de nubosidad estratiforme) y en horas de la tarde nubosidad cumuliforme.

La humedad relativa que se presenta en el área está fuertemente influenciada por dos factores: uno, la época de lluvias donde se presentan los mayores valores de humedad ambiental que se incrementa por la presencia del lago Titicaca; y dos, la

presencia de un invierno seco que provoca una reducción sustancial en la humedad relativa de la zona. Sin embargo el promedio anual registrado en los últimos 20 años fue de 59,8% (PNUD, Asoc. Cuna, 2009).

### **3.3 Suelo**

Con base en la información edafológica, compilada del estudio de Evaluación e inventariación de tierras agrícolas según su aptitud para cultivos selectos de seguridad alimentaria y comercialización – Municipio Puerto Mayor Carabuco (2007), las características de suelo del área de estudio son las siguientes:

Los suelos de la zona reciben una clasificación geomorfológica de Llanura ligeramente ondulada con influencia lacustre (Llh-1). Estos suelos son profundos a muy profundos, drenaje moderado a excesivo, erosión laminar y eólica, en algunos sitios con erosión hídrica en cárcavas moderada, reacción ligeramente ácido a alcalino, con muy baja y moderada fertilidad, sin presencia de carbonatos, con y sin problemas de salinidad, napa errática de 45 a 55 cm.

Las características físicas más importantes son: Profundidad efectiva: entre 45 y 55 cm; Textura: arena francoso y franco limoso en los horizontes superiores, con franco limoso, limoso en los horizontes inferiores; Fragmentos rocosos: ausentes; Estructura: grano suelto y bloques sub-angulares en los horizontes superiores, con bloques angulares y sub-angular en los horizontes inferiores; Color: Pardo oscuro a pardo rojizo oscuro en los horizontes superiores; con pardo rojizo en los horizontes inferiores.

Las propiedades químicas son: pH entre 6,67 a 7,50 (casi neutro); Conductividad eléctrica entre 280 a 420  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (sin problemas de salinidad); Bases cambiables entre 3,49 a 3,82 meq/100 g suelo (pobre); Capacidad de intercambio catiónico entre 3,50 a 4,55 meq/100 g suelo; Saturación de bases intercambiables entre 80,15 a 98,20% (muy alto); Materia orgánica entre 1,25 a 2,10% (bajo a medio); Nitrógeno total entre 0,08 a 0,50% (muy pobre a muy alto); Fósforo entre 2,15 a 2,26 ppm (muy pobre); Carbonatos presentes (P) y ausentes (A).

### 3.4 Topografía

El cantón de Puerto Carabuco tiene una superficie total de 9529,00 has. Una superficie de 5406.64 ha. con pendientes suavemente inclinados (clase 2) e inclinados (clase 3), posibilitan menores dificultades operativas de trabajo de labranza, transporte de insumos y muchas posibilidades de emplear maquinaria agrícola. Una superficie de 4122,36 ha. con pendientes moderadamente escarpados (clase 4), escarpados (clase 5) y muy escarpados (clase 6), presentan condiciones de dificultad mayor para trabajos operativos de labranza, mecanización y transporte de insumos y productos se ven imposibilitados (Anexo 1). La labranza es limitada por la presencia de suelos superficiales.

### 3.5 Flora

La zona de estudio presenta una diversidad de especies nativas y especies introducidas, entre las cuales se encuentran gramíneas (*Festuca dolichophylla*, *Stipa ichu*, *Hordeon medicum*); y otras como Alimiski (*Erodium moschatum*), Layulayu (*Trifolium amabili*), Keñua (*Polilepys incana*), Kiswara (*Margarycarpus stesus*), Sewenka (*Cortaderia sp.*), Airampu (*Opuntia cochabambensis*), Sillu sillu (*Lachemilla pinnata*) y Mostaza (*Brassica sp.*). Entre las especies introducidas predominan el eucalipto (*Eucaliptus glóbulos*) y el ciprés (*Librocedrus chilensis*) (Cori, 2004).

### 3.6 Fauna

La fauna también es abundante y variada en toda la región. En la zona ribereña del lago Titicaca se encuentran variedad de peces, entre los que sobresalen el pejerrey, el ispi, el carachi y la trucha en mínima cantidad, siendo el suche, mauri y humantu especies actualmente desaparecidas.

En cuanto a las aves destacan patos de distintas especies, gaviotas, pariguanas y chokas, además del gallinazo y el búho considerados animales salvajes (PDM Carabuco, 2006 – 2010).

### 3.7 Características Agropecuarias

Las actividades agropecuarias que predominan en el municipio de Puerto Mayor Carabuco son la agricultura, ganadería, pesca, comercio mayor y menor, artesanía y mano de obra (Asoc. Cuna, 2006).

**Cuadro 1. Actividades económicas en el Municipio de Puerto Mayor Carabuco**

<b>Actividad Económica</b>	<b>% de Población</b>
Agricultura, ganadería y pesca	70,19
Comercio mayor y menor	6,69
Otros, artesanía y mano de obra, etc.	23,31

Fuente: Asoc. Cuna, 2006

La agricultura en el lugar es tradicional, con poca incursión de la modernización agrícola, por lo que se puede decir que el municipio y la provincia en general, son considerados como productores ecológicos del departamento de La Paz. Los principales riesgos a los que se enfrenta el productor agrícola, son climáticos: granizo, sequía, inundaciones, heladas y también pérdidas de la producción por plagas y enfermedades que aquejan a los cultivos (Asoc. Cuna, 2006)

Dadas las condiciones climáticas, el manejo de los recursos naturales en esta zona es esencialmente comunal, el agua es el recurso más escaso, por lo que las fuentes existentes son utilizadas por turno y administradas comunalmente, igualmente los animales son pastoreados en terrenos comunales mediante corrales itinerantes; sin embargo las tierras no comunales, son trabajadas de forma individual y/o familiar, la producción es destinada para el autoconsumo y en menor proporción para la comercialización, en la zona se cultiva principalmente papa (*Solanum tuberosum*), haba (*Vicia faba*), arveja (*Vicia sativa*), oca (*Oxalis tuberosum*), cebada (*Hordeum*

*vulgare*), quinua (*Chenopodium quinoa Wild*), avena forrajera (*Avena sativa*), papalisa (*Ullucus tuberosus*) y tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet.*) (Gobierno Municipal de Carabuco, 2007).

El sistema pecuario de la zona es variado y generalmente para autoconsumo, siendo el ganado bovino, ovino, porcino, cunícola y avícola, los encontrados con mayor frecuencia, además de ganado equino utilizado como medio de transporte (Gobierno Municipal de Carabuco, 2007).

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Materiales**

#### **4.1.1 Material Genético**

- Semilla de *Lupinus mutabilis* (variedad Carabuco), esta variedad es local, es precoz, presenta un color blanco de forma cuboide y aplanada, es más limpia porque no presenta manchas y a simple vista muestra brillo en la cáscara (Anexo 2).
- Semilla de *Lupinus mutabilis* (variedad dulce Cochabamba), esta variedad es introducida, es precoz, presenta manchas negras alrededor del tegumento de la semilla y es de forma cuboide y más redondeada pero de menor tamaño (Anexo 3) que la de la variedad Carabuco, esta semilla no muestra brillo en su cáscara pero es una de las variedades dulces más producidas en Cochabamba.

#### **4.1.2 Material de Campo**

- Tablero de campo
- Etiquetas
- Cinta métrica
- Balanza
- Cámara fotográfica
- Ficha de identificación
- Bolsas de polietileno
- Bolsas de yute
- Bicicleta

### 4.1.3 Material de Laboratorio

- Balanza analítica (capacidad 7000 g.)
- Cajas Petri
- Cámara de prueba de germinación

### 4.1.4 Material de Escritorio

- Libreta de campo
- Material Bibliográfico
- Equipo de computación
- Impresora
- Escáner
- Llave USB

## 4.2 Métodos

**4.2.1 Procedimiento Experimental.** El presente trabajo de investigación se realizó desde octubre de 2011, hasta la cosecha y obtención de grano de tarwi en agosto de 2012.

**4.2.1.1 Diseño Experimental.** El ensayo fue realizado bajo el arreglo bi-factorial en el diseño de Bloques Completos al Azar (Ochoa, 2009).

**4.2.1.2 Modelo Lineal Aditivo.** El modelo lineal utilizado para un diseño de Bloques al Azar con arreglo bi-factorial es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha\gamma_{ij}) + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- $Y_{ijk}$  = Una observación cualquiera
- $\mu$  = Media poblacional.
- $\beta_k$  = Efecto del k-ésimo bloque
- $\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A (VARIEDAD)

$\gamma_j$  = Efecto del j-ésimo nivel del factor B (DENSIDAD)

$(\alpha\gamma_{ij})$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A con el j-ésimo nivel del factor B  
(interacción A x B)

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental de la parcela

**4.2.1.3 Factores de Estudio.** El factor A, estuvo constituido por dos variedades y el factor B, por tres densidades de siembra. Las densidades fueron convertidas de kilogramos por hectárea (Kg/ha) a gramos por unidad experimental (g/UE). Las unidades experimentales tuvieron un área de 20 m<sup>2</sup>.

**a) Factor A (variedades):**

V1 = Dulce Cochabamba (variedad introducida)

V2 = Carabuco (variedad local)

**b) Factor B (densidades de siembra):**

D1 = 90 kg /ha ↔ 180 g / UE

D2 = 110 kg /ha ↔ 220 g / UE

D3 = 130 kg /ha ↔ 260 g / UE

**c) Tratamientos**

T1: variedad 1 x densidad 1

T2: variedad 1 x densidad 2

T3: variedad 1 x densidad 3

T4: variedad 2 x densidad 1

T5: variedad 2 x densidad 2

T6: variedad 2 x densidad 3

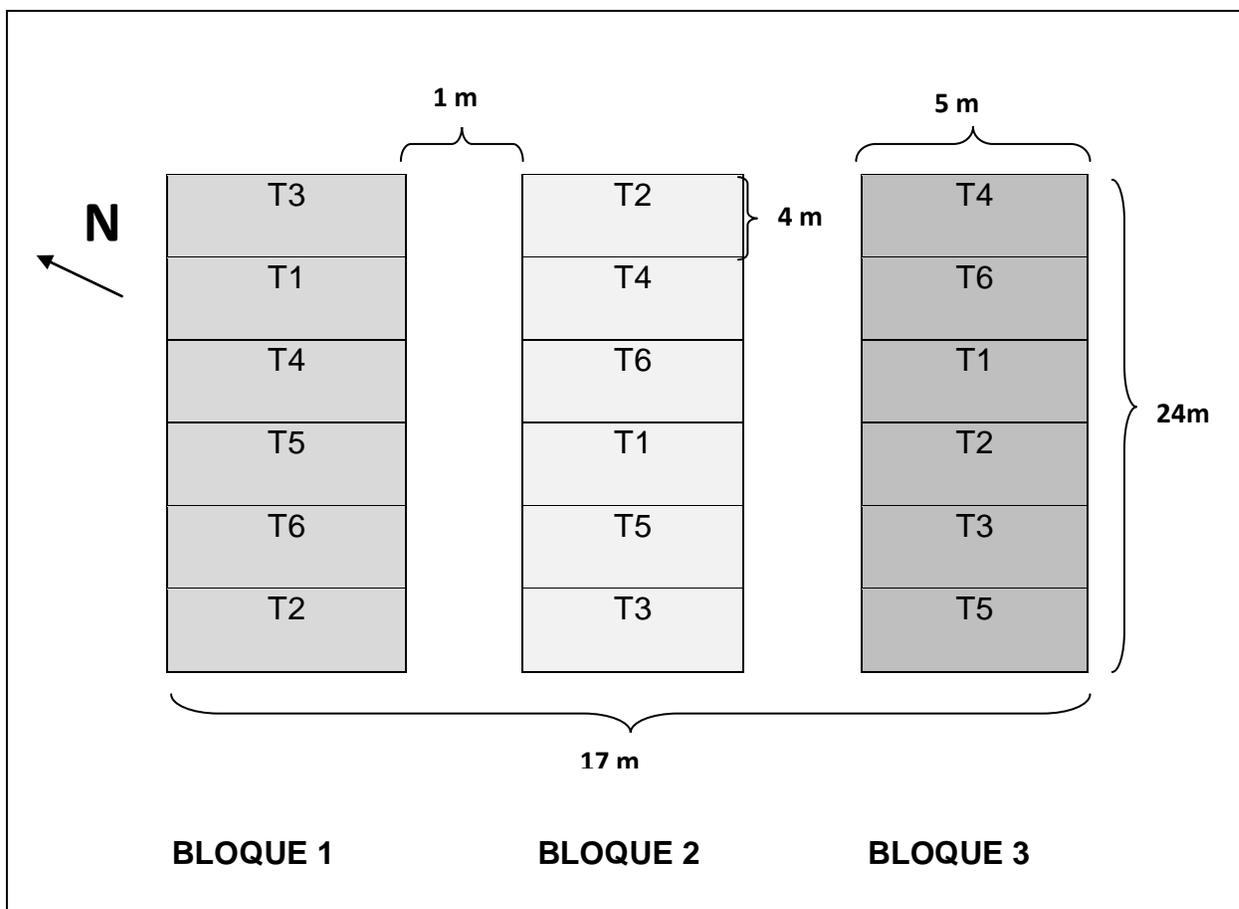
#### d) Formulación de Tratamientos

La formulación de los tratamientos se observan en el Cuadro 2, que muestra la interacción de los tratamientos y su respectivo sorteo en tres repeticiones.

**Cuadro 2. Formulación de tratamientos y su respectivo sorteo**

Factor A	Factor B	Tratamientos e interacciones	Repeticiones		
			Bloque I	Bloque II	Bloque III
V1= Cochabamba	D1= 90 kg /ha	T1=V1D1	T3	T2	T4
	D2=110 kg /ha	T2=V1D2	T1	T4	T6
	D3=130 kg /ha	T3=V1D3	T4	T6	T1
V2 = Carabuco	D1= 90 kg /ha	T4=V2D1	T5	T1	T2
	D2=110 kg /ha	T5=V2D2	T6	T5	T3
	D3=130 kg /ha	T6=V3D3	T2	T3	T5

**4.2.1.4 Croquis de la Parcela Experimental.** La parcela experimental fue delimitada por estacas en campo divididos en pasillos y en unidades experimentales según sorteo de tratamientos.



**Figura 3. Croquis experimental de la parcela**

#### 4.2.1.5 Características de la Parcela Experimental

Tratamientos: 6

Repeticiones: 3

Total unidades experimentales por parcela (UE): 18

Área U.E.: 20 m<sup>2</sup> (4 m x 5 m)

Área de la parcela más los pasillos: 408 m<sup>2</sup> (17 m x 24 m)

Distancia entre surcos: 0.70 m

Tipo de Siembra: Chorro continuo

## 4.2.2 Procedimiento de Campo

Para el procedimiento de campo primero se estableció la parcela experimental para luego preparar el terreno para la siembra

**4.2.2.1 Establecimiento de la parcela experimental.** Para el establecimiento de la parcela experimental se localizó un lugar donde el terreno se encontraba en descanso.

**a) Preparación del terreno.** El trabajo de campo se inició con la arada, la cual se realizó a 20 cm de profundidad con la ayuda de un tractor, luego se procedió a la limpieza con una rastra para después seguir con el respectivo volteo y mullido del suelo.

Para dejar limpio el terreno, se extrajeron las malezas y las plántulas de cultivos anteriores desde la raíz.

**b) Siembra.** La siembra se realizó manualmente en surcos a chorro continuo y utilizando tres densidades de siembra (90, 110 y 130 kg/ha). Los surcos fueron elaborados previamente con la ayuda de picotas, en un total de 10 por unidad experimental, a una distancia entre surcos de 0.70 m. y el tapado de las semillas se hizo con rastrillos.

**c) Riego.** El riego se aplicó a toda la parcela antes de la siembra, sin embargo al momento de realizar ésta actividad, el suelo se encontraba a capacidad de campo porque durante las noches previas llovió torrencialmente por tres días consecutivos. Esta actividad se repitió cada tres días después de la siembra (Anexo 4), para que las semillas logren germinar y emerger del suelo sin problemas, sin embargo cinco días después dejó de llover y por tanto también se secó el pozo el cual era utilizado para riego por superficie en la parcela.

**d) Control de malezas.** El desmalezado de la parcela se realizó antes de la siembra, durante el crecimiento y hasta la fase de floración. Este proceso se hizo manualmente (Anexo 5), sacando las malezas desde la raíz para evitar la competencia por nutrientes de nuestro cultivo.

**e) Control de plagas y enfermedades.** Se realizó fumigaciones de forma ecológica con un bio-insecticida ACARITOP® y un fortificante foliar VIGORTOP® después de cada helada o granizo caído, los insumos fueron adquiridos de la Fundación de Promoción e Investigación de Productos Andinos PROINPA, se fumigo en una proporción de un litro de ACARITOP® para veinte litros de agua. La aplicación se realizó a los 20 días de emergencia de las plantas de tarwi sobre la superficie del suelo, en la fase de crecimiento (50 días), al inicio de la floración y finalmente durante la formación de vainas.

También se colocaron trampas de caída para escarabajos y trampas de color para insectos voladores en diferentes lugares, para posteriormente contar la cantidad encontrada por cada trampa y tomar muestras de insectos en su fase larvaria que es cuando ataca más al cultivo de Tarwi.

**f) Cosecha.** La cosecha se realizó manualmente una vez alcanzada la madurez fisiológica, haciendo un corte en la base del tallo de cada planta. Esta acción se repitió para todos los tratamientos, teniendo cuidado en el manejo para no romper las vainas con las semillas y no dejarlas caer al suelo, lo que influiría posteriormente en el rendimiento por pérdida de vainas y granos.

**g) Formación de pequeñas parvas y secado.** Para el secado de las plantas cosechadas primero se formaron pequeños emparvados, después se extendieron manteles de yute (de aproximadamente 8 x 10 m) sobre el suelo, donde tanto los tallos como las semillas terminaron de secar por al menos dos semanas (Anexos 6 y 7).

**h) Trillado y venteado de granos.** El trillado se realizó mecánicamente con la ayuda de un tractor, el cuál paso por encima de las plantas secas una y otra vez por 10 veces consecutivas, en el proceso se controló que los granos de tarwi no se derramen al suelo para evitar que se ensucien.

### **4.3 Variables agronómicas**

#### **4.3.1 Porcentaje de Germinación**

Este porcentaje se midió a partir del 50 % de las semillas germinadas, en laboratorio y en las unidades experimentales, sin embargo la diferencia en el tiempo de germinación y uniformidad en campo fue obvia.

#### **4.3.2 Altura de Planta**

La altura de planta fue medida en centímetros, desde la base hasta la parte apical superior de la planta (Anexo 8), durante ésta actividad se tuvo cuidado con no doblar los tallos o romper las hojas para evitar posteriormente pérdida de plantas.

#### **4.3.3 Diámetro de Tallo**

El diámetro del tallo se midió en todos los tratamientos con la ayuda de un Vernier (Anexo 9), éste procedimiento se lo realizó cada 15 días, tomando el dato de la parte media de la planta. La última medición se la realizó cuando la planta llegó a la madurez fisiológica.

#### **4.3.4 Número de Vainas por Planta**

El número de vainas por planta fue obtenido contando cada una de éstas, una vez concluida la madurez fisiológica (Anexo 10).

#### **4.3.5 Número de Granos por Planta**

Este número, se obtuvo contando los granos de cada vaina existente en cada planta (Anexo 11), de cada tratamiento. Previamente se hizo una elección al azar de las plantas, para finalmente tomar nota del promedio para cada tratamiento. También se tomó en cuenta la interacción de cada variedad con las densidades de siembra, teniendo cuidado de no dejar caer las semillas al suelo y así evitar que la semilla se pierda o se recoja con impurezas.

#### **4.3.6 Índice de Área Foliar**

Para obtener el índice de área foliar primero medimos el área foliar (cm<sup>2</sup>) para el cual utilizamos el programa COBCAL2 facilitado a través de una capacitación coordinada con PROINPA, este procedimiento consistió en tomar una fotografía vista desde arriba (parte superior de la planta), que sirvió como base para el programa. CobCal2 para estimar la superficie o el porcentaje de cobertura vegetal de un cultivo. Las fotografías fueron tomadas a los 30, 90 y 150 días después de la siembra, posteriormente las ramas sobresalían del diámetro de 56 cm lo que imposibilitó continuar con esta actividad.

- **Área foliar.** Para la determinación del área foliar se utilizaron fotografías digitales de la superficie muestral, éste procedimiento se basa en colorimetría y estima la superficie o el porcentaje de cobertura vegetal. También permite realizar el cálculo en rastrojos, cultivos o malezas, siempre que sea posible detectar variaciones de color entre estos y el suelo.

#### **- Posición de las Hojas e Intercepción de la Luz**

Las plantas no presentan capas horizontales de hojas, pero los distintos niveles de follaje son capaces de interceptar toda la radiación en diferentes proporciones, siendo que a mayor área foliar por área de suelo cubierto (IAF), mayor será la cantidad de luz interceptada.

#### **4.3.7 Rendimiento**

El rendimiento de cada tratamiento, se obtuvo pesando la cantidad total de granos resultantes de cada unidad experimental. Este procedimiento se realizó para cada una de las variedades utilizadas en la investigación.

#### **4.3.8 Peso de 100 semillas**

Se contaron 100 semillas de cada tratamiento y se pesaron para diferenciar el peso de cada variedad, este procedimiento se lo realizó antes de la siembra y después de la cosecha.

### **4.4 Variables fenológicas**

#### **4.4.1 Días a la Emergencia de las Semillas**

El número de días a la emergencia, se calculó contando los días desde la siembra hasta que las semillas empezaron a emerger del suelo, para registrar éste dato se tomó en cuenta una emergencia superior al 50%.

#### **4.4.2 Días a la Emergencia de las Hojas Verdaderas**

Para ésta variable, se contabilizaron los días que pasaron hasta la salida de las primeras hojas verdaderas, el conteo comenzó después de la salida de los cotiledones desde la superficie del suelo, de ahí que se sortearon las plantas para la muestra de estudio de cada unidad experimental.

#### **4.4.3 Días al Inicio de Ramificación**

Se procedió con el conteo de días desde la siembra hasta la aparición de las primeras ramas, este procedimiento se realizó con las muestras de cada unidad experimental y siempre tomando en cuenta que más del 50% de las plantas cuenten con las primeras ramas.

#### **4.4.4 Días al Inicio de Floración**

Para obtener éste número se contaron los días desde la siembra hasta que inicio el periodo de floración de las plantas muestreadas.

#### **4.4.5 Días a la Formación de Vainas**

Se registró el número de días que pasaron desde la siembra hasta que empezaron a formarse las vainas de por lo menos el 50% de las plantas muestreadas.

#### **4.4.6 Días a la Madurez Fisiológica**

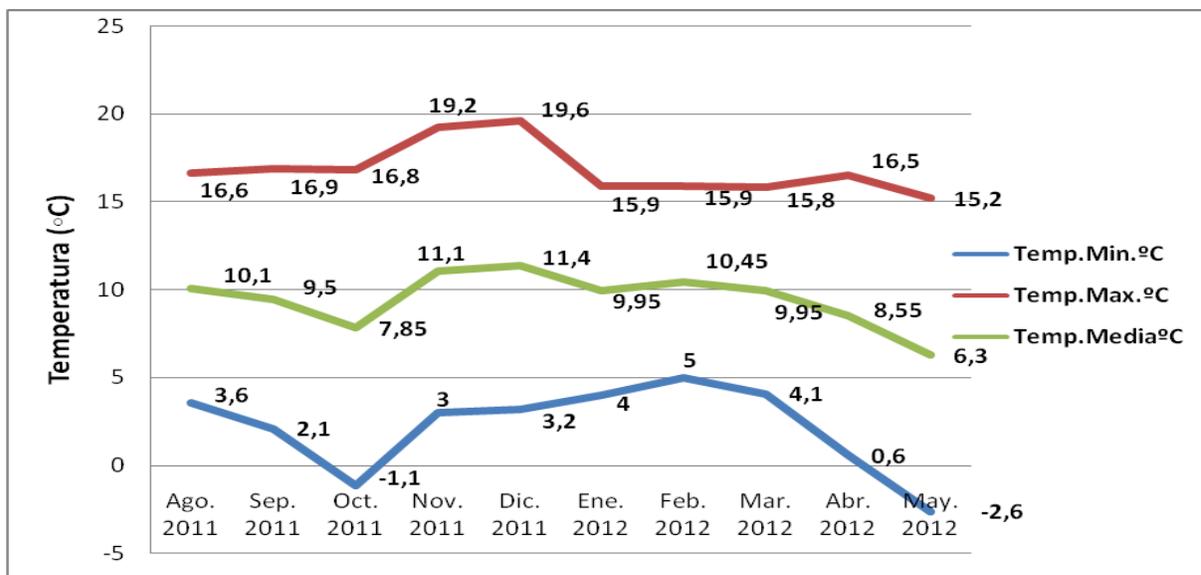
Este dato se obtuvo contando los días desde la emergencia de la planta hasta la madurez fisiológica, es decir hasta que la planta terminó de fructificar y dar semilla para la próxima generación.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1 Características Climáticas

La figura 4, presenta las temperaturas máximas y mínimas registradas durante la gestión agrícola 2011 – 2012, en la comunidad de Carabuco, datos que fueron tomados de la Estación Meteorológica instalada por el Proyecto “ANDESCROP”.

Como se puede observar en la gráfica, la primera caída de temperatura se dio 20 días después de la siembra, registrándose  $-1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , lo que afectó directamente al brote de las hojas verdaderas en el cultivo, sin embargo una temperatura menor se presentó la segunda semana de mayo (2012) en plena madurez fisiológica del tarwi, reportándose  $-2.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , temperatura que afectó en la formación y llenado de grano en las vainas. Las temperaturas máximas alcanzadas fueron registradas en los meses de noviembre y diciembre de 2011 con  $19.2$  y  $19.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  respectivamente, factor que impidió el desarrollo de las primeras ramas por la falta de lluvias.



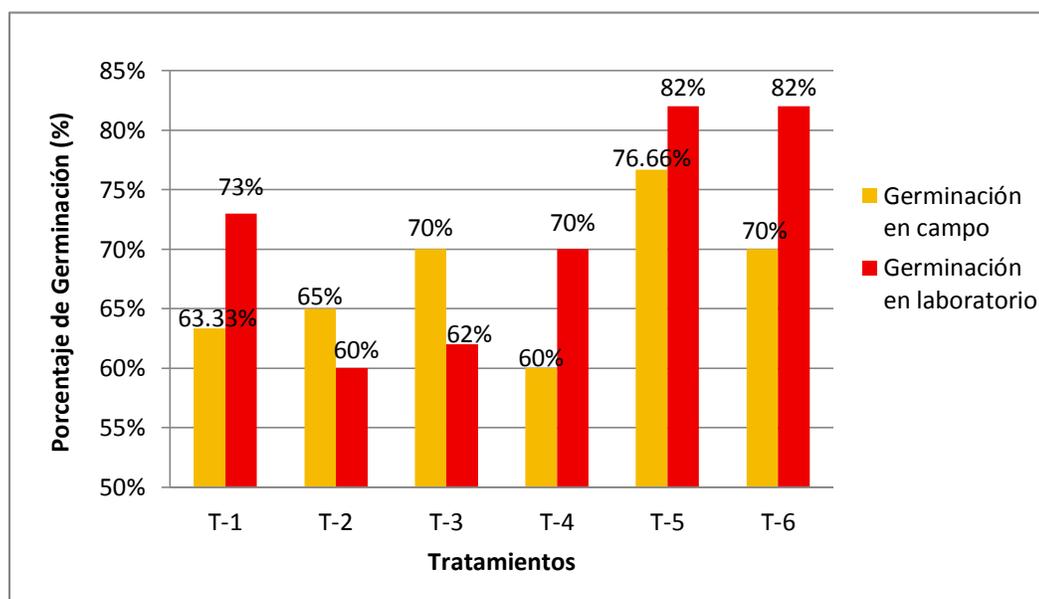
**Figura 4. Registro de temperaturas máximas, mínimas y medias durante el desarrollo del cultivo en el Municipio de Puerto Mayor Carabuco (ANDESCROP, 2011-2012)**

Al respecto FAO (2007), indica que las heladas antes de la maduración del grano lo afectan presentando una gran mayoría de granos no viables, con una significativa reducción de los rendimientos. Las heladas atrasan también la floración, así como las granizadas que pueden provocar un aborto de las flores y dañar las vainas.

## 5.2 Análisis de variables fenológicas y agronómicas

### 5.2.1 Porcentaje de Germinación

La germinación realizada en condiciones de laboratorio, mostró resultados arriba de 60% para la variedad Carabuco, siendo los tratamientos 5 y 6 los que alcanzaron 82%, mostrando así un buen nivel de germinación, seguidas por los tratamientos 1 y 4 con un 73 y 70% de germinación respectivamente a diferencia de los tratamientos 2 y 3 que apenas llegaron a 60 y 62% de semillas germinadas.



**Figura 5. Porcentajes de Germinación de semillas de Tarwi por tratamiento, obtenidas en Campo y en Laboratorio**

La germinación en campo también superó los 60%, reportando un elevado porcentaje de germinación para el tratamiento 5 con 77%, seguido de los tratamientos 6 y 3 con 70% para cada uno. Los tratamientos 2 y 1 alcanzaron 65 y 63% de germinación respectivamente, seguido por el tratamiento 4 que mostro sólo 60% de germinación. Estos datos son aceptables, considerando que al momento de la siembra, el suelo se encontraba a capacidad de campo. Además, se asume que esta situación influyó para la obtención de mayores porcentajes de germinación en los tratamientos 2 y 3 con respecto a la germinación obtenida en condiciones de laboratorio.

Los resultados obtenidos en éste estudio, sobre el porcentaje de germinación son aceptables considerando que se encontraron datos acerca de ésta variable. Sin embargo la FAO (1991), señala que los ensayos de germinación que se efectúan en laboratorio tienen por finalidad principal estimar el número máximo de semillas que pueden germinar en las condiciones óptimas. Por el contrario, está claro que los resultados que se obtienen en las condiciones ideales controladas en el laboratorio no son iguales, ni directamente aplicables sobre el terreno.

### **5.2.2 Días a la Formación de las Hojas verdaderas**

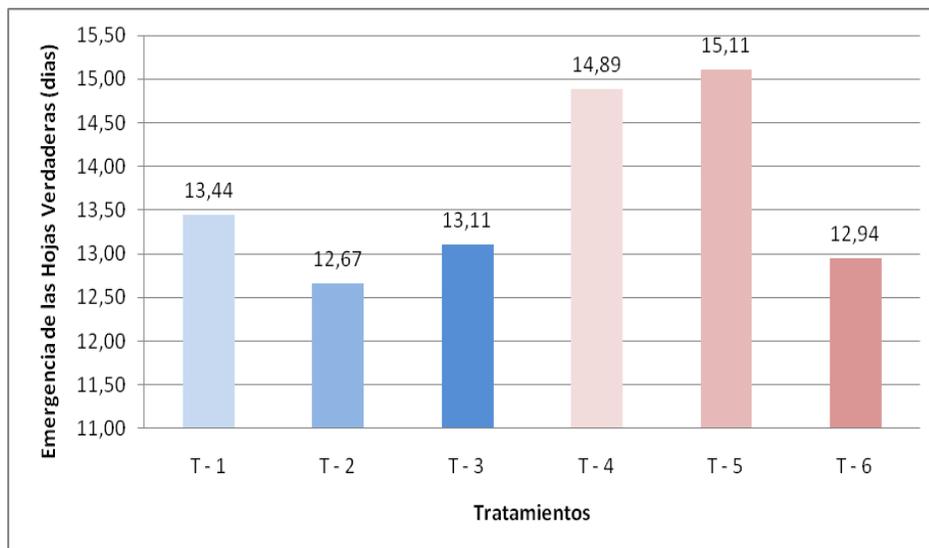
El análisis de varianza para la variable días a la formación de las hojas verdaderas en la comunidad Marka Hilata, presenta diferencias significativas entre bloques, entre variedades y entre densidades de siembra, como se observa en el cuadro 3. Se asume que las diferencias entre bloques se deben a la heterogeneidad de los suelos en la zona, mientras que las diferencias entre tratamientos están ligadas principalmente a las variedades utilizadas, siendo la más tardía en su emergencia la variedad Carabuco, pese a ser originaria del lugar, ya que las condiciones de humedad y método de siembra para ambas variedades fue la misma.

**Cuadro 3. Análisis de Varianza: Días a la Formación de las Hojas verdaderas**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	2	73,72	36,86	12,84	<,0001*
Variedad	1	41,56	41,56	14,48	0,0002*
Densidad	2	25,39	12,69	4,42	0,0144*
Vard*Densidad	2	31,24	15,62	5,44	0,0057*
Error	100	287,00	2,87		
TOTAL	107	458,92			
<b>CV = 12,37%</b>					

(\*) = Significativo

En la figura 6, se observa el promedio de días a la formación de hojas verdaderas para cada tratamiento, estos resultados muestran que los tratamientos en los que se utilizó la variedad dulce Cochabamba tardaron menos tiempo en la formación con relación a los tratamientos en los cuales se utilizó semillas de la variedad Carabuco. La misma figura, muestra también que los tratamientos 2 y 6 tomaron sólo 12.67 y 12.94 días para emerger, seguidos de los tratamiento 3 y 1 con 13.11 y 13.64 días, mientras que los tratamientos 4 y 5 tardaron más tiempo con 14.89 y 15.11 días.



**Figura 6. Días a la Formación de las Hojas verdaderas**

En la prueba Duncan al 5% de probabilidad estadística para variedades y densidades de siembra (cuadro 4), se observa dos grupos diferenciados, siendo el ecotipo Carabuco el que presenta el mayor número de días a la emergencia con 14.31, con relación a la variedad dulce Cochabamba que obtuvo un promedio de 13.07 días. En cuanto a las densidades de siembra, la que permitió una emergencia más rápida fue la de 130 kg/ha con 10.03 días, seguida de la densidad de 110 kg/ha con 13.89 días, siendo la densidad de 90 kg/ha la que resultó más tardía con 14.17 días.

**Cuadro 4. Prueba de Duncan: Días a la Formación de las Hojas verdaderas entre Variedades y entre Densidades de siembra**

<b>Variedades</b>	<b>Media</b>	<b>Duncan (<math>\alpha = 0.05</math>)</b>	<b>Densidad</b>	<b>Media</b>	<b>Duncan (<math>\alpha = 0.05</math>)</b>
Cochabamba	13,07	b	90 kg/ha	14,17	a
Carabuco	14,31	a	110 kg/ha	13,89	a
<b>Promedio</b>	<b>13,6</b>		130 kg/ha	13,03	b

Con relación a los datos obtenidos en la presente investigación, éstos no coinciden con los reportados por Callisaya (2012), quién al hacer un estudio con métodos y densidades de siembra en la misma localidad, obtuvo un promedio de formación de 29.67 días.

### **5.2.3 Número de Días al Inicio de la Floración**

El análisis de varianza para la variable días a la floración, presenta diferencias significativas entre variedades de tarwi y entre densidades de siembra pero no así entre bloques, como se presenta en el cuadro 5. Esta diferencia entre variedades se da desde la variación en días a la emergencia, ya que la variedad dulce Cochabamba tardó menos tiempo a la emergencia con relación a la variedad Carabuco, razón por la cual ésta variedad también tardó más tiempo a la floración.

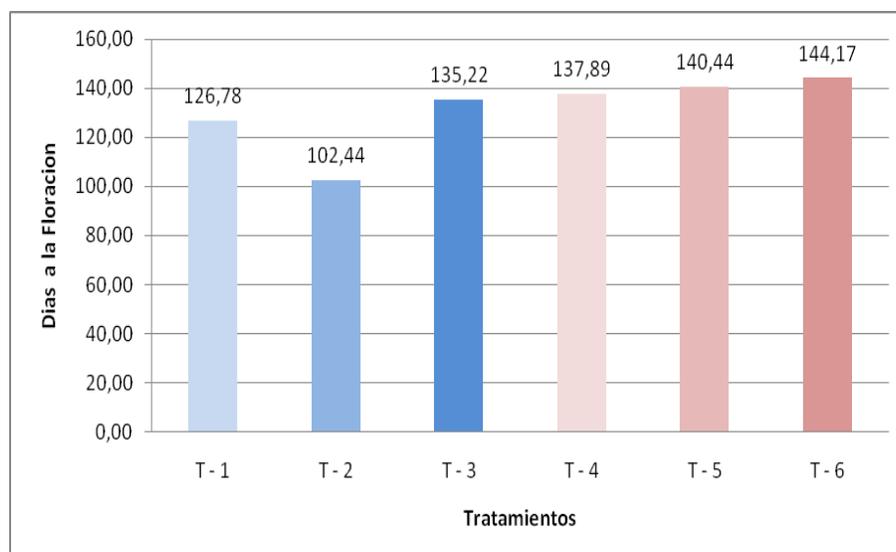
En cuanto a las diferencias entre densidades de siembra, probablemente se deben a la competencia por luz y nutrientes en los casos donde se utilizó la mayor densidad de siembra, en tanto que las unidades en donde se utilizó menor densidad de siembra se observó menor retención de humedad del suelo por los deshierbes que se realizaron en todos los tratamientos por lo que no existen diferencias significativas entre bloques.

**Cuadro 5. Análisis de Varianza: Días al Inicio de la Floración**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>
Bloque	2	1281,13	640,26	5,31	0,0064
Variedad	1	10111,34	10111,34	83,84	<,0001*
Densidad	2	6069,80	3034,90	25,16	<,0001*
Vard*Densidad	2	4715,80	2357,90	19,55	<,0001*
Error	100	12060,26	120,60		
TOTAL	107	34238,32			
<b>CV = 8,37%</b>					

(\*) = Significativo

La figura 7, muestra que el tratamiento 2 se adelantó en el número de días a la floración con 102.44, seguido de lejos por el tratamiento 1 con 126.78 días, finalmente tardaron mayor número de días a la floración los tratamientos 3, 4, 5 y 6 con 135.22, 137.89, 140.44 y 144.17 días respectivamente.



**Figura 7. Número de días al Inicio de la Floración**

De acuerdo a la prueba Duncan al 5% de probabilidad estadística para días a la floración se observa que la variedad dulce Cochabamba resultó ser la más precoz con 121.48 días, en comparación a la variedad Carabuco que tardó 9 días más para comenzar a florecer a los 140.83 días. Con relación a las densidades de siembra ésta prueba muestra que la densidad de 110 kg/ha permitió un número menor de días a la floración del tallo central con 121.44, mientras que la densidad de siembra mayor (130 kg/ha) tomó también un número mayor de días a la floración con 139.69.

**Cuadro 6. Prueba de Duncan: Días a la Floración entre Variedades y entre Densidades de siembra**

Variedades	Media	Duncan ( $\alpha = 0.05$ )	Densidad	Media	Duncan ( $\alpha = 0.05$ )
Cochabamba	121,48	b	90 kg/ha	132,33	b
Carabuco	140,83	a	110 kg/ha	121,44	c
<b>Promedio</b>	<b>131,15</b>		130 kg/ha	139,69	a

Al respecto Quenallata (2008), encontró un promedio de 129.2 días a la floración, en un estudio realizado con 5 ecotipos de Tarwi en el municipio de Ancoraimos, datos que se aproximan a los observados en esta investigación con 131.15 días. Con respecto a las densidades de siembra Callisaya (2012), reportó 124.33 días a la floración para una densidad de 90 y 110 kg/ha y 125 días para 130 kg/ha, datos que no coinciden con los presentados en este estudio, siendo que ambos se realizaron en la localidad de Carabuco.

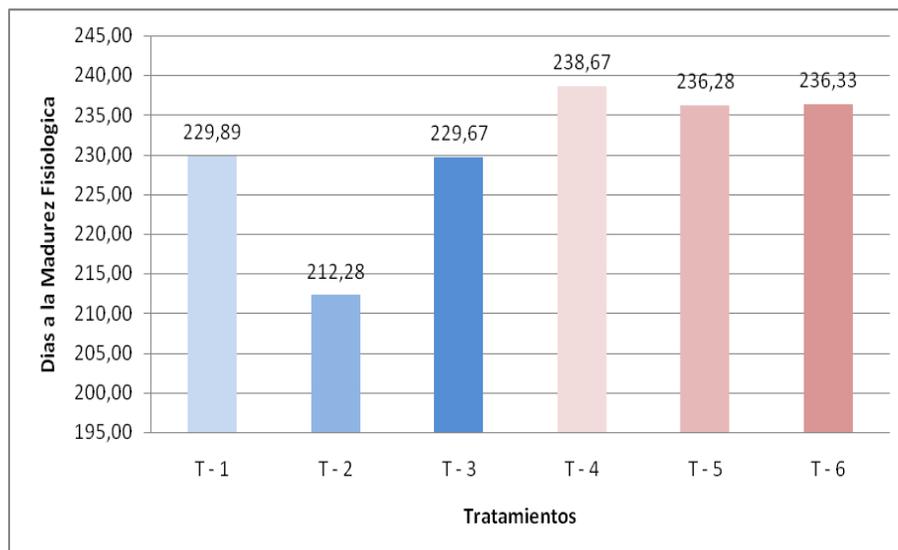
#### **5.2.4 Días a la Madurez Fisiológica**

El cuadro 7, muestra el Análisis de varianza para días a la madurez fisiológica, donde se observa que existen diferencias significativas entre bloques, entre variedades y entre densidades de siembra. Las diferencias entre bloques en ésta etapa se debieron una vez más a la heterogeneidad del suelo ya que después de las lluvias sólo algunos lugares mantenían la humedad. La diferencia entre variedades se dio desde un principio con la precocidad de la variedad Cochabamba frente a la variedad Carabuco, que a pesar de ser originaria del lugar resultó ser la más tardía. En cuanto a las diferencias entre densidades de siembra se asume que la de 110 kg/ha aprovecho mejor la luz y la disponibilidad de nutrientes por tener una dispersión media de plantas en el suelo, con relación a las densidades de 130 kg/ha y 90 kg/ha, ya que la primera generó competencia entre plantas y la segunda tuvo mayor pérdida de humedad por evapotranspiración debido a la baja cobertura vegetal.

**Cuadro 7. Análisis de Varianza: Días a la Madurez Fisiológica**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	2	657.46	328.73	3.38	0.0378*
Variedad	1	4667.59	4667.59	48.06	<.0001*
Densidad	2	2132.51	1066.25	10.98	<.0001*
Vard*Densidad	2	1609.85	804.92	8.29	0.0005*
Error	100	9711,54	97,11		
TOTAL	107	18778,96			
<b>CV = 4,27%</b>					

Según la figura 8, el tratamiento 2 llegó a la madurez fisiológica en 212.28 días, lo que muestra una diferencia notable con respecto a los tratamientos 3 y 4 que alcanzaron su madurez a los 229 días simultáneamente, así como los tratamientos 5 y 6 con 236 días, seguidos del tratamiento 4 que fue el último en llegar a la madurez fisiológica con 238.67 días.



**Figura 8. Días a la Madurez Fisiológica**

La comparación múltiple Duncan al 5%, indica que existen diferencias estadísticas entre las variedades y entre las densidades de siembra. Se observa también que las variedades estudiadas se dividen en dos grupos, apreciándose que la variedad dulce Cochabamba tomó 223.94 días para llegar a la madurez, mientras que la variedad Carabuco se tardó un poco más con 237.09 días. Las diferencias entre densidades también se dividen en dos grupos, donde por un lado está la de 110 kg/ha con 224.28 días y por el otro lado están las densidades de 90 kg/ha y 130 kg/ha con 233.00 y 234.28 días respectivamente.

**Cuadro 8. Prueba de Duncan: Días a la Madurez Fisiológica entre Variedades y entre Densidades de siembra**

<b>Variedades</b>	<b>Media</b>	<b>Duncan (<math>\alpha = 0.05</math>)</b>	<b>Densidad</b>	<b>Media</b>	<b>Duncan (<math>\alpha = 0.05</math>)</b>
Cochabamba	223,94	b	90 kg/ha	234,28	a
Carabuco	237,09	a	110 kg/ha	224,28	b
<b>Promedio</b>	<b>230.51</b>		130 kg/ha	233,00	a

Los resultados obtenidos en la presente investigación, no coinciden con los reportados por Callisaya (2012), quién al hacer un estudio con métodos y densidades de siembra en la misma localidad, obtuvo un promedio de días a la madurez fisiológica de 200. Por otra parte Quenallata (2008), registró 230.85 días a la madurez fisiológica, dato que sí se asemeja al presentado en éste documento con 230.51 días.

### 5.2.5 Altura de planta a la cosecha

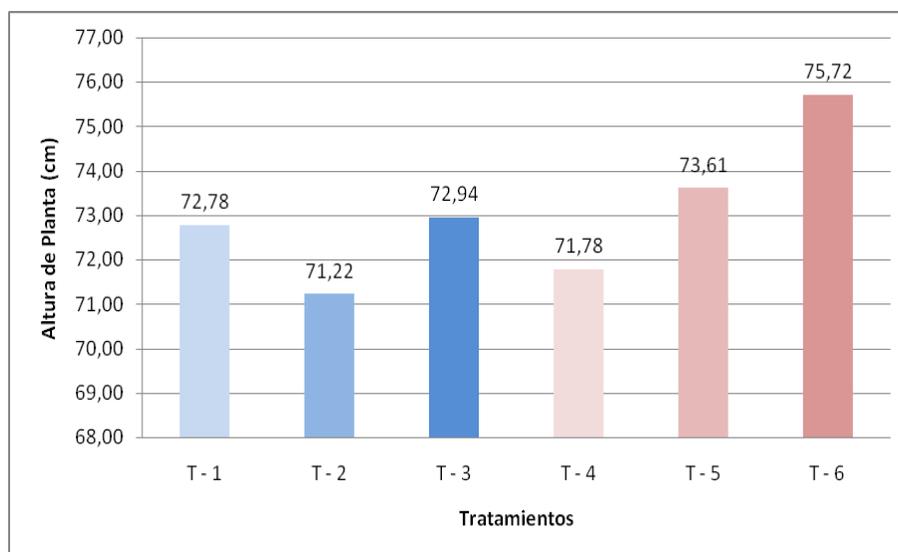
El análisis de varianza para altura de planta a la cosecha en la comunidad Marka Hilata, presenta diferencias significativas entre bloques, entre variedades y entre densidades de siembra, como se observa en el cuadro 9. Se asume, que las diferencias entre bloques se deben a la heterogeneidad de los suelos y a las condiciones medio ambientales en la zona, mientras que las diferencias entre variedades para altura de la planta son debidas a las características genéticas de cada una de las variedades utilizadas, en tanto que la diferencia entre densidades de siembra están relacionadas con la cobertura vegetal y la competencia entre plantas.

**Cuadro 9. Análisis de Varianza: Altura de planta a la cosecha**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	2	244,46	122,23	2,33	0,1024*
Variedad	1	52,08	52,08	0,99	0,3213*
Densidad	2	95,01	47,50	0,91	0,4073*
Vard*Densidad	2	77,72	38,86	0,74	0,4791*
Error	100	5241,70	52,41		
TOTAL	107	5710,99			
<b>CV = 9,91%</b>					

(\*) = Significativo

Como se puede apreciar en la figura 9, el tratamiento 6 alcanzó la mayor altura con 75.72 cm, seguido del tratamiento 5 con 73.61 cm. Los tratamientos 3 y 1 se mostraron similares en cuanto a crecimiento con 72.94 y 72.78 cm, al igual que los tratamientos 4 y 2 que son los que presentaron una altura menor con 71.78 y 71.22 centímetros.



**Figura 9. Altura de planta a la cosecha**

La prueba de Duncan al 5% (cuadro 10) para altura de la planta a la cosecha, no muestra diferencias estadísticas entre variedades, lo que indica un crecimiento longitudinal uniforme tanto para la variedad dulce Cochabamba como para la variedad Carabuco. Ésta prueba, tampoco muestra diferencias en la altura de la planta en cuanto a las densidades utilizadas por lo que se asume que la mayor o menor densidad de siembra no influye en el crecimiento vertical de las plantas.

**Cuadro 10. Prueba de Duncan: Altura de planta entre Variedades y entre Densidades de siembra**

Variedades	Media (cm)	Duncan ( $\alpha = 0.05$ )	Densidad	Media (cm)	Duncan ( $\alpha = 0.05$ )
Cochabamba	72,31	a	90 kg/ha	72,28	a
Carabuco	73,70	a	110 kg/ha	72,42	a
Promedio	73,00		130 kg/ha	74,33	a

La altura de la planta alcanzada en ésta investigación (73,00 cm), está por debajo en comparación a las registradas por Callisaya (2012), y Quenallata (2008), quienes en estudios con densidades de siembra y diferentes ecotipos respectivamente, reportaron 79,28 cm y 79,85 centímetros para esta variable.

### 5.2.6 Número de Granos por planta

Respecto a ésta variable el análisis de varianza del cuadro 11, muestra diferencias significativas entre bloques, entre variedades y entre densidades de siembra. Estas diferencias se atribuyen a los mismos factores que desde un principio influyeron en el desarrollo normal de la planta como la heterogeneidad del suelo, las características genéticas, la mayor o menor cobertura vegetal y la respuesta de las variedades a las condiciones medio ambientales y edafológicas del lugar.

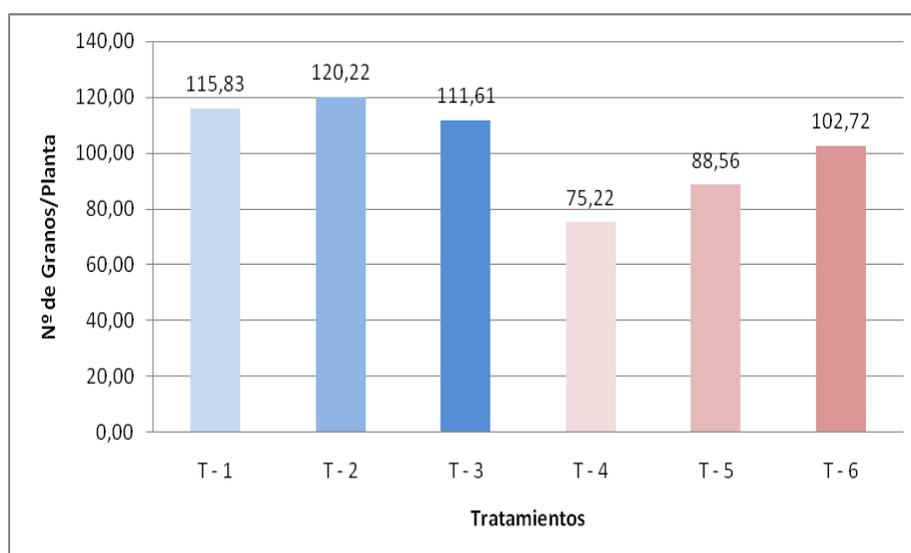
**Cuadro 11. Análisis de Varianza: Número de Granos por planta**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>
Bloque	2	1962,50	981,25	2,1	0,128*
Variedad	1	19764,08	19764,08	42,27	<0,0001*
Densidad	2	2660,39	1330,19	2,84	0,0629*
Vard*Densidad	2	4815,39	2407,69	5,15	0,0074*
Error	100	46760,56	467,61		
TOTAL	107	75962,92			
<b>CV = 21,12%</b>					

(\*) = Significativo

Observando la gráfica 10, se deduce que los tratamiento 2, 1 y 3 alcanzaron el mayor número de granos por planta con 120, 115 y 111 granos, a diferencia de los tratamientos 6, 5 y 4 que presentaron un menor número de granos con 102, 88 y 75. Los tratamientos que alcanzaron el mayor número de granos corresponden a los tratamientos en donde se utilizó la variedad dulce Cochabamba, mientras que los

tratamientos en los que se utilizó la variedad Carabuco obtuvieron menor cantidad de granos.



**Figura 10. Número de Granos por planta**

De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a número de granos por planta, la prueba Duncan al 5%, muestra que hay diferencias estadísticas entre variedades, siendo la dulce Cochabamba la que superó a la variedad Carabuco con 116 granos. El cuadro 12, también muestra diferencias estadísticas entre densidades de siembra, atribuyendo el mayor número de granos por planta (107) a la densidad de 130 kg/ha, seguido de las densidades 110 y 90 kg/ha con 104 y 96 granos por planta.

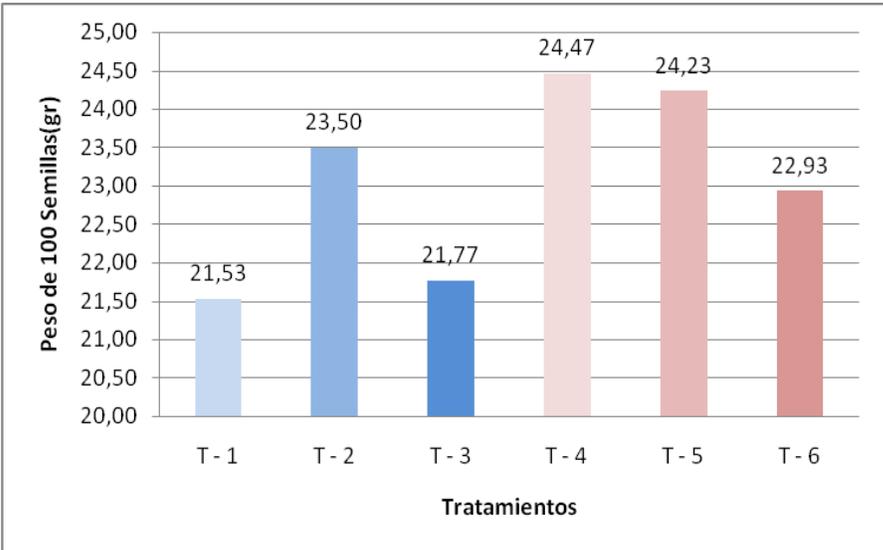
**Cuadro 12. Prueba de Duncan: Número de Granos por planta entre Variedades y entre Densidades de siembra**

Variedades	Media	Duncan ( $\alpha = 0.05$ )	Densidad	Media	Duncan ( $\alpha = 0.05$ )
Cochabamba	115,88	a	90 kg/ha	95,528	b
Carabuco	88,83	b	110 kg/ha	104,38	ab
Promedio	102,35		130 kg/ha	107,167	a

Al respecto Quenallata (2008), en un estudio realizado con cinco ecotipos de tarwi en dos comunidades del municipio de Ancoraimes, reportó un promedio de 140 granos por planta para la comunidad Cohani y 110 granos por planta para la comunidad Chejepampa Centro, datos que se aproximan a los encontrados en ésta investigación.

**5.2.7 Peso de 100 semillas (g)**

Los resultados graficados para la variable peso de 100 semillas (figura 11), muestran diferencias numéricas entre los tratamientos, siendo el tratamiento 4 el que registró un peso mayor con 24.47 g, seguido de los tratamientos 5, 2, 6, 3 y 1 con 24.23, 23.50, 22.93, 21.77 y 21.53 gramos respectivamente de mayor a menor. Según ésta gráfica, la variedad que alcanzó un promedio máximo en peso fue Carabuco con 23.87 gramos, valor que se atribuye a la procedencia de la variedad, y aunque la diferencia es mínima la dulce Cochabamba obtuvo un promedio de 22.26 gramos, siendo esta variedad la introducida en la zona.



**Figura 11. Peso de 100 semillas en gramos**

Los datos hallados en el presente trabajo en cuanto al peso de 100 semillas, son similares a los obtenidos por Tarquino (2004), quién en un estudio realizado con ecotipos de tarwi en la comunidad Caata, logró un peso máximo de 24 g para el ecotipo-73 y un valor mínimo de 20 g para el ecotipo-93. De la misma forma, coinciden con los obtenidos por Quenallata (2008), quién alcanzó como valor máximo 24.69 g y como mínimo un promedio de 22.82 g en el peso de 100 semillas.

### 5.2.8 Rendimiento (kg/ha)

Como se puede observar en la figura 12, los rendimientos de los tratamientos fueron diferentes, sobresaliendo por sobre los demás el tratamiento 6 con 1522,63 kg/ha, seguido de los tratamientos 5 y 4 con 1461,83 y 1384,13 kg/ha respectivamente. Los tratamientos que presentaron rendimientos menores en la investigación fueron los tratamientos 2, 1, y 3 con 1343,70; 1314,83 y 1302,47 kg/ha, seguramente en respuesta a la constitución genética de la variedad introducida, a las condiciones climáticas y a la insuficiente precipitación pluvial en la fase de floración, formación y desarrollo de las vainas.

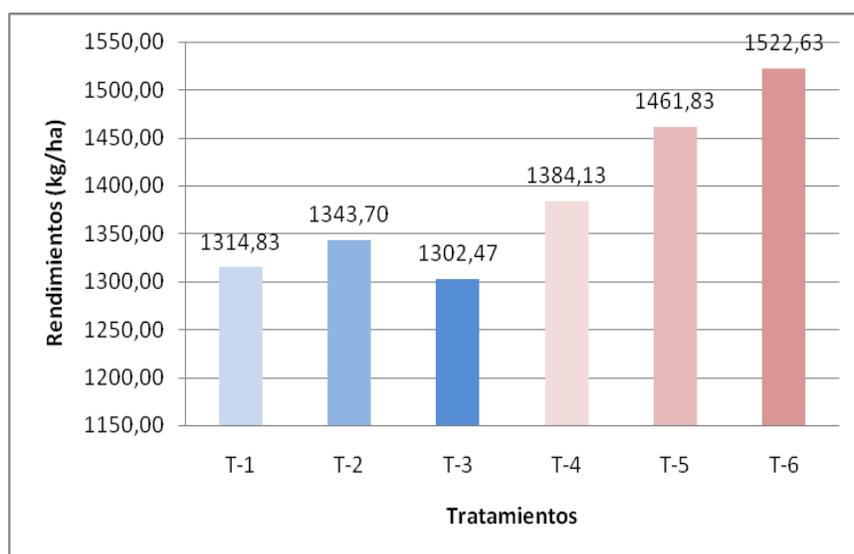


Figura 12. Rendimientos por Tratamiento en kg/ha

Los valores alcanzados en cuanto a rendimientos en el presente estudio, se dividen en dos grupos, variedades utilizadas y densidades de siembra. Entre las variedades, Carabuco obtuvo un promedio de 1456,19 (kg/ha), valor superior al alcanzado por la variedad dulce Cochabamba que obtuvo un promedio de 1320,33 (kg/ha). Entre las densidades de siembra las que presentaron mejores rendimientos fueron la densidad de 130 kg/ha en el caso de la variedad Carabuco y la de 110 kg/ha en el caso de la variedad dulce Cochabamba.

Tales resultados se encuentran por debajo de los rendimientos logrados por Quenallata (2008), en su estudio comparativo de cinco ecotipos en dos comunidades del municipio de Ancoraimos, donde el ecotipo Susasani obtuvo el mayor rendimiento con 2189 kg/ha en la comunidad Cohani, seguido del ecotipo Turrini con 1761,2 kg/ha en la comunidad Chejepampa Centro. Ambos, los rendimientos obtenidos por Quenallata y los rendimientos obtenidos en ésta investigación, son menores a los sugeridos por el CIPCA (2009), que señala que los rendimientos de tarwi alcanzan de 3500 a 5000 kg/ha, cuando el cultivo es conducido en forma adecuada y se proporciona todos sus requerimientos en forma oportuna.

### **5.3 Análisis económico**

El análisis económico en el presente trabajo, permitió evaluar los costos parciales de producción para la variedad Dulce Cochabamba y para la variedad Carabuco, así como los ingresos para cada una de éstas variedades. Para facilitar los cálculos, el análisis se realizó para una unidad productiva, representada por 1 ha, se tomó en cuenta las densidades de siembra, insumos utilizados, rendimientos, precio en el mercado y mano de obra empleado para el proceso (Anexos 12, 13, 14, 15, 16 y 17).

**Cuadro 13. Resumen de la Evaluación económica a través de los Indicadores de rentabilidad**

<b>Variedad</b>	<b>Densidad de Siembra</b>	<b>Costo total (bs/ha)</b>	<b>Ingreso Total (bs/ha)</b>	<b>Utilidad (bs/ha)</b>	<b>B/C (bs)</b>
<i>Dulce Cochabamba</i>	90 kg/ha	5688.10	21037.28	15349.18	3.70
	110 kg/ha	6040.10	21499.20	15459.10	3.56
	130 kg/ha	6392.10	20839.52	14447.42	3.26
<i>Carabuco</i>	90 kg/ha	5394.40	17993.69	12599.29	3.34
	110 kg/ha	5687.00	19003.79	13316.79	3.34
	130 kg/ha	5973.00	19794.19	13821.19	3.31

Fuente: Elaboración propia (2015)

Como se puede observar en el cuadro anterior, los costos de inversión para la producción de la variedad Carabuco muestra un valor promedio de 5687.00 bs/ha, a diferencia de los costos de producción con la variedad introducida Dulce Cochabamba donde éstos costos ascendieron a 6040.10 bs/ha lo que representa 5.84% más sobre el primero.

Los ingresos por la venta de Tarwi en las dos variedades son proporcionales a los gastos, siendo el promedio para la variedad Carabuco de 19003.79 bs y para la variedad Dulce Cochabamba 21499.20 bs. La diferencia de ingresos entre las variedades se debe a los precios en el mercado de la variedad Dulce Cochabamba que están en 3 bs más por kilo con respecto a la variedad local.

Sobre la base de éstas determinaciones las mejores utilidades fueron presentadas por la producción de Tarwi con la variedad Dulce Cochabamba, con una utilidad promedio de 15459.10 bs con relación a la variedad Carabuco que alcanzó una utilidad promedio de 13316.79 bs.

Las relaciones de Beneficio/Costo para todos los tratamientos son mayores a uno (1), lo que indica rentabilidad en la producción de Tarwi independientemente de la variedad y de las densidades de siembra utilizadas. Así mismo éstas relaciones son similares en todos los casos donde por cada 1 boliviano invertido se recuperó un promedio de 3,45/100 bs.

## 6. CONCLUSIONES

- Los tratamientos en los que se utilizó la variedad dulce Cochabamba tardaron menos tiempo en la emergencia de hojas verdaderas (13 días), con relación a los tratamientos en los cuales se utilizó semillas de la variedad Carabuco (14 días), siendo ésta última originaria del lugar.
- Para la variable días a la floración, la variedad dulce Cochabamba resultó ser la más precoz con 121 días, en comparación a la variedad Carabuco que tardó 141 días.
- La densidad de 110 kg/ha permitió un número menor de días a la floración del tallo central con 121, mientras que la densidad de siembra mayor (130 kg/ha) tomó también un número mayor de días a la floración con 140.
- La madurez fisiológica en éste estudio, fue alcanzado primero por la variedad dulce Cochabamba que tomó 224 días, mientras que la variedad Carabuco se tardó un poco más con 237 días.
- La densidad que obtuvo un menor número de días a la madurez fue la de 110 kg/ha con 224 días a diferencia de las densidades de 90 kg/ha y 130 kg/ha con 233 y 234 días respectivamente.
- El crecimiento en altura de las plantas fue uniforme tanto para la variedad dulce Cochabamba como para la variedad Carabuco, por tanto tampoco se encontraron diferencias en la altura de la planta en cuanto a las densidades utilizadas por lo que se asume que la mayor o menor densidad de siembra no influye en el crecimiento vertical de las plantas.
- Respecto al número de granos por planta, la dulce Cochabamba fue la que superó a la variedad Carabuco con 116 granos, siendo la densidad de 130 kg/ha la que consiguió mayor número de granos por planta (107), con relación a las densidades de 110 y 90 kg/ha con 104 y 96 granos por planta.

- La variedad que alcanzó un promedio máximo en peso de 100 granos fue Carabuco con 23.87 gramos, valor que se atribuye a la procedencia de la variedad, y aunque la diferencia es mínima la dulce Cochabamba obtuvo un promedio de 22.26 gramos, siendo esta variedad la introducida en la zona.
- En cuanto al rendimiento, la variedad Carabuco obtuvo un promedio de 1456,19 (kg/ha), valor superior al alcanzado por la variedad dulce Cochabamba que obtuvo un promedio de 1320,33 (kg/ha).
- Las densidades de siembra que presentaron mejores rendimientos fueron la densidad de 130 kg/ha en el caso de la variedad Carabuco y la de 110 kg/ha en el caso de la variedad dulce Cochabamba.
- En cuanto a los resultados de las relaciones Beneficio/Costo, todos los tratamientos son mayores a uno (1), lo que indica rentabilidad en la producción de Tarwi independientemente de la variedad y de las densidades de siembra utilizadas. Así mismo éstas relaciones son similares en todos los casos donde por cada 1 boliviano invertido se recuperó un promedio de 3,45/100 bs.

## 7. RECOMENDACIONES

- Para una producción garantizada de Tarwi, se recomienda utilizar semilla certificada ya sea que se trate de introducir una nueva variedad en la zona o se cultiven variedades locales.
- Se recomienda regar la parcela tres días antes de la siembra, durante la germinación y hasta que por lo menos la planta cuente con tres a cinco ramas para que tenga vigor durante su crecimiento y pueda tener un buen poder de agarre en el suelo.
- Se recomienda utilizar una densidad de siembra promedio (110 kg/ha), ya que densidades menores o mayores no influyen significativamente en el número de días a la salida de las hojas verdaderas, ni al número de días a la floración y por el contrario aumentan el número de días a la madurez fisiológica.
- Se recomienda no realizar labores culturales de limpieza, ni de fumigación durante la fase de floración para no alejar o repeler a los agentes polinizadores ya que esto afecta posteriormente en los rendimientos del cultivo.
- Se recomienda a instituciones y autoridades del rubro, apoyar los esfuerzos privados por incrementar el cultivo de tarwi, con campañas masivas de siembra para que el producto sea exportado a otros países, donde ya se han observado sus cualidades.
- Finalmente, se recomienda el incremento de áreas de cultivo en zonas marginales con suelos pobres y que no hayan tenido cultivos anteriores o que se encuentren cerca de otros cultivos como la papa y algunas solanáceas, puesto que el tarwi no es muy exigente en labores culturales y prospera mejor en estas zonas.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN CUNA, 2006. Recuperación de Semilla de Tarwi en Cuatro Comunidades del Municipio de Carabuco circundantes al Lago Titicaca. La Paz. PNUD-Bolivia, gobierno municipal de Carabuco e INIAF regional La Paz. Programa CBA del PNUD y Asociación Cuna.

AGENCIA CyTA. 2002. Semillas un punto de vista Agronómico. (En línea). Consultado 2 ago. 2013. Disponible en <http://www.cyta.com.ar>, Educación, Ciencia y Cultura para todos. Primera Edición: Septiembre 2002, Impreso en Córdoba, Argentina.

ANDESCROP. 2012. Uso Apropiado de Cultivos Andinos de Alto Valor. Proyecto Financiado por DANIDA, Cooperación al Desarrollo de Dinamarca. Proyecto No. 104. Año 1, N°1- boletín trimestral. Publicado La Paz, Septiembre de 2012.

BLANCO, O. 1982. Variabilidad Genética de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Agricultura y Aspectos nutritivos del Lupino. Ediciones R, Gross y E.S. Bunting.

BOSQUE, H. 2006. Fisiología vegetal, guía de prácticas de laboratorio. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. p 50-53.

CALLISAYA, I. 2012. Comportamiento Agronómico del cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis* Swit) bajo dos métodos y tres densidades de siembra en la localidad de Carabuco. Tesis de Grado. U.M.S.A. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 64 p.

CARRILLO, E. 1956. Revisión del género *Lupinus* en el Perú. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

CIFP. 2001. Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas Pairumani (CIFP) - Cochabamba, Bolivia.

CIPCA, 2004. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. El potencial del tarwi. La Paz, Bolivia. Publicación domingo 24 de octubre 2004.

CIPCA, 2009. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. Cultivo del Tarwi. La Paz, Bolivia. Memoria Informe de gestión 2009. p 11-34.

CORDECO. 1979. Corporación Regional de Desarrollo de Cochabamba. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. Cereales. INE Cochabamba, Bolivia. Editorial INADES Roma – Italia. 51 p.

ENCUESTA NACIONAL AGROPECUARIA. 2008. Elaborado por el Instituto Nacional de Estadística. La Paz. Disponible en Web Site: [www.ine.gob.bo](http://www.ine.gob.bo). Central de Información: [ceninf@ine.gob.bo](mailto:ceninf@ine.gob.bo).

ESPINOZA, E. 2010. Cultivo del Tarwi. “Tarwi como alternativa para la crisis alimentaria”. (en línea). La Paz, Bolivia. Consultado 1 de nov. 2012. Disponible en <http://www.Edgar Espinoza Montesinos.blogspot.com/2010/blogspot>.

FAO, 1991. Guía para la manipulación de semillas. (en línea). La Paz Bolivia. Consultado 15 abr. 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/Regional/LAmerica/prior/recreat/pdf/granos>.

\_\_\_\_\_, 2007. Agronomía de los cultivos andinos. El Tarwi o Lupino andino. La Paz, Bolivia. Consultado 25 may. 2014. Disponible en: [www.mountainpartnership.org/.../1\\_produccion\\_organica\\_de\\_cultivos\\_andinos](http://www.mountainpartnership.org/.../1_produccion_organica_de_cultivos_andinos).

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

GROSS, R., E. VON BAER, F. KOCH, R. MARQUARD, L. TRUGO & M. WINK. 1988. Chemical composition of a new variety of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* cv. Inti) with low alkaloid content. *J. Food Comp. Anal.* 1, pp. 353 - 361.

INIAF, 2009. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal. Registro Nacional de Variedades. Edición primera. Noviembre del 2009. La Paz, Bolivia.

INIAP, 2001. Manual Agrícola de Granos Andinos: chocho, quinua, amaranto y ataco, Cultivos, variedades y costos de producción. Manual No 69., Quito, Ec. 65 p.

INLASA. 2011. Instituto Nacional de Laboratorios de Salud. Tabla boliviana de composición de alimentos. Ministerio de Salud y Deportes. Serie Documentos Técnicos. Cuarta Edición. La Paz, Bolivia. 82 p.

LESCANO, J. L. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos andinos. Programa Interinstitucional de Waru-Waru. Convenio: inade/pelt cotesu. Puno, Perú. p. 65-450.

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

MILLONES, P. 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.

MUNICIPIO PUERTO MAYOR CARABUCO. 2007. Evaluación e inventariación de tierras agrícolas según su aptitud para cultivos selectos de seguridad alimentaria y comercialización – Municipio Puerto Mayor Carabuco.

MUJICA, A. 1992. Granos y leguminosas andinas. Cultivos Marginados Otra Perspectiva de 1542. Colección FAO, Producción y Protección Vegetal 26, Córdoba. Ediciones Hernández Bermejo, J.E. & J.E. León. pp. 129-146.

OCHOA, R. 2009. Diseños Experimentales. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 263 p.

ODEPA. 2005. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Cultivo de lupino. Situación Nacional. Disponible en <http://www.odepa.cl/documentos.../panorama-de-la-agricultura-chilena-2005/>.

PADER – COSUDE. 2006. Cadena de Valor de Tarwi. Taller “Agenda de responsabilidad compartida de la cadena de valor de tarwi”. Mancomunidad del Altiplano Andino de Norte Potosí. Bolivia. 58p.

PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL, 2006 – 2010. Carabuco. Tercera Sección del Municipio de Puerto Mayor. La Paz, Bolivia. Aspecto Físico Natural 2:24 – 41

PNUD. 2009. Programa de País para la Adaptación basada en las Comunidades. Bolivia. (CBA). 20 p.

QUENALLATA, J. 2008. Evaluación de variables agronómicas de cinco ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) en dos comunidades del municipio de Ancoraimes Tesis de Grado. U.M.S.A. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 101 p.

RIVEROS, V. 2007. Diagnóstico de Recursos Naturales Circunlacustre y Lacustre de Quiascapa y Carabuco. Unidad Operativa Boliviana. pp. 87

SUMAC – PERÚ. 2008. (En línea). Consultado 14 sep. 2013. Disponible en: <http://www.wiki.sumaqperu.com/es/Tarwi>.

SUQUILANDA, M. 1984. Cultivos asociados en el Ecuador: una experiencia. IV Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Centro Regional de Investigaciones, Obonuco, Pasto, ICA, Co. 79-80 p.

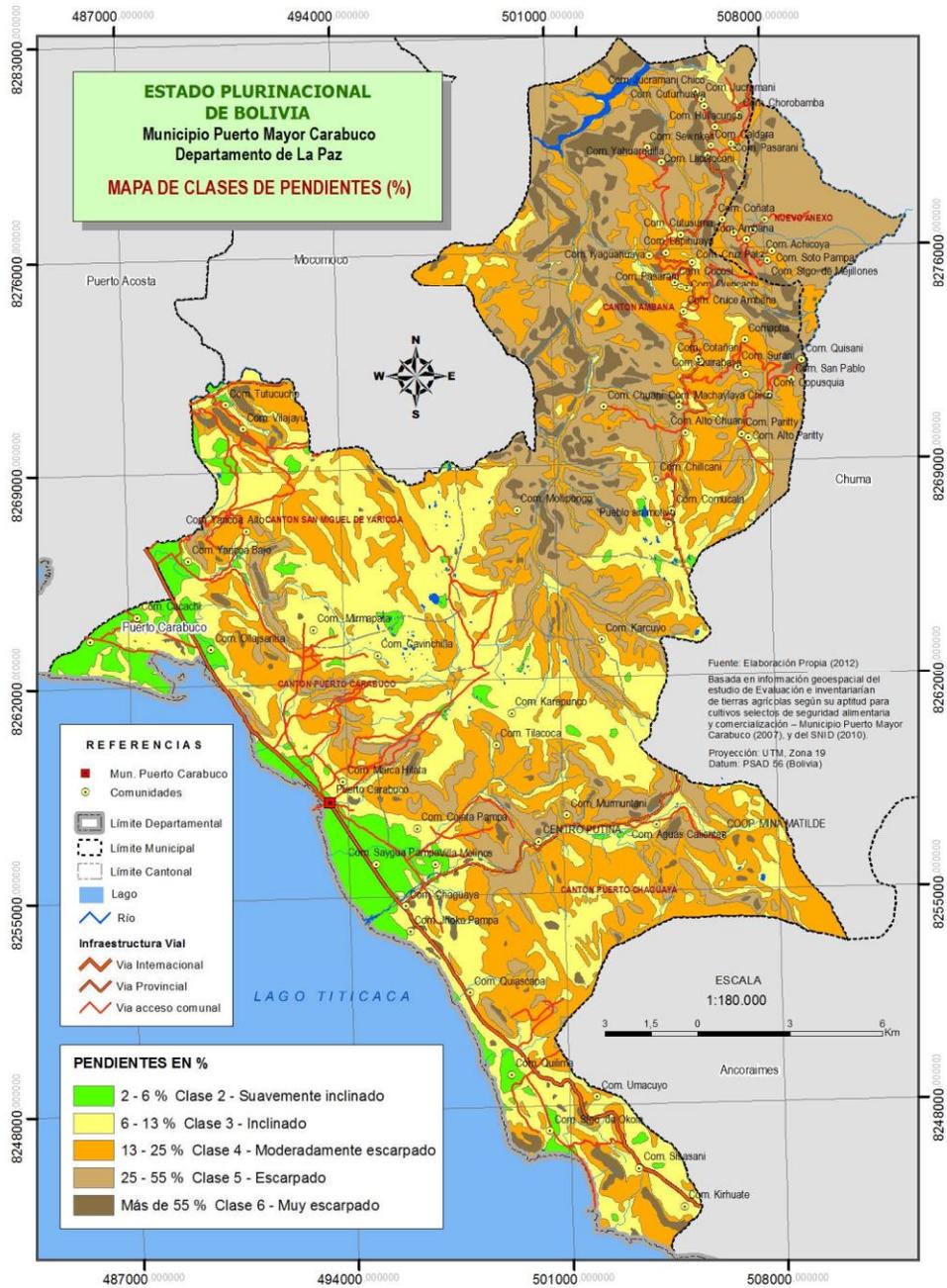
TAPIA, E. M. 1997. Cultivos Andinos Subexplotados y su aporte a la Alimentación. FAO. Santiago, Chile. PP. 75-229.

TAPIA, M., FRIES, A.M., MAZAR, I., ROSELL, C. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO-Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú. Lima, PE. 209 p.

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

VELASCO R. (2009). Producción de canola, lupino y arveja en la precordillera de Bio-Bio y el sacano costero de la provincia de Arauco. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Boletín INIA N°188. Chillán, Chile. 166p.

# Anexo 1. Clases de pendientes (%), Puerto Mayor Carabuco



**Anexo 2. Semilla de Tarwi variedad Carabuco**



**Anexo 3. Semilla de Tarwi variedad Dulce Cochabamba**



#### **Anexo 4. Riego de la parcela experimental después de la siembra**



#### **Anexo 5. Desmalezado de la parcela experimental**



**Anexo 6. Plantas de Tarwi cosechadas y emparvadas para su secado**



**Anexo 7. Plantas de Tarwi secas y listas para el trillado**



**Anexo 8. Toma de datos para la variable altura de la planta**



**Anexo 9. Toma de datos para la variable diámetro del tallo**



**Anexo 10. Conteo del número de vainas por planta**



**Anexo 11. Conteo del número de granos por vaina**



**Anexo 12. Tabla de Ingresos y Egresos para la variedad Dulce Cochabamba a una densidad de siembra de 90 kg/ha.**

ITEMS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>1. PREPARACIÓN DEL SUELO</b>				
<b>Maquinaria y equipos</b>				
• Arada	hora/tractor	4	150.00	600.00
• Rastrado	hora/tractor	2	150.00	300.00
• Nivelado	jornal	4	60.00	240.00
• Surcado	jornal	4	60.00	240.00
<b>Subtotal</b>				<b>1380.00</b>
<b>2. MANO DE OBRA</b>				
• Aplicación de fitosanitarios	jornal	4	60.00	240.00
• Siembra	jornal	4	60.00	240.00
• Deshierba/Aporque	jornal	20	60.00	1200.00
• Cosecha y trilla	jornal	8	60.00	480.00
<b>Subtotal</b>				<b>2160.00</b>
<b>3. INSUMOS</b>				
Semilla: Var Dulce Cochabamba	kg	90	16.00	1440.00
<b>Fortificante foliar</b>				
• VIGORTOP®	litro	100	0.80	80.00
<b>Bio-insecticida</b>				
• ACARITOP®	litro	20	1.50	30.00
<b>Envases/ otros</b>				
• Sacos	Unidad	27	3.00	81.00
• Imprevistos (10%)				517.10
<b>Subtotal</b>				<b>2148.10</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>5688.10</b>
<b>INGRESOS</b>				
• Rendimiento	kg/ha	1314.83	16	<b>21037.28</b>
• Utilidad	bs			<b>15349.18</b>
<b>BENEFICIO/COSTO</b>	bs			<b>3.70</b>

**Anexo 13. Tabla de Ingresos y Egresos para la variedad Dulce Cochabamba a una densidad de siembra de 110 kg/ha.**

ITEMS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>1. PREPARACIÓN DEL SUELO</b>				
<b>Maquinaria y equipos</b>				
• Arada	hora/tractor	4	150.00	600.00
• Rastrado	hora/tractor	2	150.00	300.00
• Nivelado	jornal	4	60.00	240.00
• Surcado	jornal	4	60.00	240.00
<b>Subtotal</b>				<b>1380.00</b>
<b>2. MANO DE OBRA</b>				
• Aplicación de fitosanitarios	jornal	4	60.00	240.00
• Siembra	jornal	4	60.00	240.00
• Deshierba/Aporque	jornal	20	60.00	1200.00
• Cosecha y trilla	jornal	8	60.00	480.00
<b>Subtotal</b>				<b>2160.00</b>
<b>3. INSUMOS</b>				
Semilla: Var Dulce Cochabamba	kg	110	16.00	1760.00
<b>Fortificante foliar</b>				
• VIGORTOP®	litro	100	0.80	80.00
<b>Bio-insecticida</b>				
• ACARITOP®	litro	20	1.50	30.00
<b>Envases/ otros</b>				
• Sacos	Unidad	27	3.00	81.00
• Imprevistos (10%)				549.10
<b>Subtotal</b>				<b>2500.10</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>6040.10</b>
<b>INGRESOS</b>				
• Rendimiento	kg/ha	1343.7	16	<b>21499.20</b>
• Utilidad	bs			<b>15459.10</b>
<b>BENEFICIO/COSTO</b>	bs			<b>3.56</b>

**Anexo 14. Tabla de Ingresos y Egresos para la variedad Dulce Cochabamba a una densidad de siembra de 130 kg/ha.**

ITEMS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>1. PREPARACIÓN DEL SUELO</b>				
<b>Maquinaria y equipos</b>				
• Arada	hora/tractor	4	150.00	600.00
• Rastrado	hora/tractor	2	150.00	300.00
• Nivelado	jornal	4	60.00	240.00
• Surcado	jornal	4	60.00	240.00
<b>Subtotal</b>				<b>1380.00</b>
<b>2. MANO DE OBRA</b>				
• Aplicación de fitosanitarios	jornal	4	60.00	240.00
• Siembra	jornal	4	60.00	240.00
• Deshierba/Aporque	jornal	20	60.00	1200.00
• Cosecha y trilla	jornal	8	60.00	480.00
<b>Subtotal</b>				<b>2160.00</b>
<b>3. INSUMOS</b>				
Semilla: Var Dulce Cochabamba	kg	130	16.00	2080.00
<b>Fortificante foliar</b>				
• VIGORTOP®	litro	100	0.80	80.00
<b>Bio-insecticida</b>				
• ACARITOP®	litro	20	1.50	30.00
<b>Envases/ otros</b>				
• Sacos	Unidad	27	3.00	81.00
• Imprevistos (10%)				581.10
<b>Subtotal</b>				<b>2852.10</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>6392.10</b>
<b>INGRESOS</b>				
• Rendimiento	kg/ha	1302.47	16	<b>20839.52</b>
• Utilidad	bs			<b>14447.42</b>
<b>BENEFICIO/COSTO</b>	bs			<b>3.26</b>

**Anexo 15. Tabla de Ingresos y Egresos para la variedad Carabuco a una densidad de siembra de 90 kg/ha**

ITEMS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>1. PREPARACIÓN DEL SUELO</b>				
<b>Maquinaria y equipos</b>				
• Arada	hora/tractor	4	150.00	600.00
• Rastrado	hora/tractor	2	150.00	300.00
• Nivelado	jornal	4	60.00	240.00
• Surcado	jornal	4	60.00	240.00
<b>Subtotal</b>				<b>1380.00</b>
<b>2. MANO DE OBRA</b>				
• Aplicación de fitosanitarios	jornal	4	60.00	240.00
• Siembra	jornal	4	60.00	240.00
• Deshierba/Aporque	jornal	20	60.00	1200.00
• Cosecha y trilla	jornal	8	60.00	480.00
<b>Subtotal</b>				<b>2160.00</b>
<b>3. INSUMOS</b>				
Semilla: Var Dulce Cochabamba	kg	90	13.00	1170.00
<b>Fortificante foliar</b>				
• VIGORTOP®	litro	100	0.80	80.00
<b>Bio-insecticida</b>				
• ACARITOP®	litro	20	1.50	30.00
<b>Envases/ otros</b>				
• Sacos	Unidad	28	3.00	84.00
• Imprevistos (10%)				490.40
<b>Subtotal</b>				<b>1854.40</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>5394.40</b>
<b>INGRESOS</b>				
• Rendimiento	kg/ha	1384.13	13.00	<b>17993.69</b>
• Utilidad	bs			<b>12599.29</b>
<b>BENEFICIO/COSTO</b>	bs			<b>3.34</b>

**Anexo 16. Tabla de Ingresos y Egresos para la variedad Carabuco a una densidad de siembra de 110 kg/ha**

ITEMS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>1. PREPARACIÓN DEL SUELO</b>				
<b>Maquinaria y equipos</b>				
• Arada	hora/tractor	4	150.00	600.00
• Rastrado	hora/tractor	2	150.00	300.00
• Nivelado	jornal	4	60.00	240.00
• Surcado	jornal	4	60.00	240.00
<b>Subtotal</b>				<b>1380.00</b>
<b>2. MANO DE OBRA</b>				
• Aplicación de fitosanitarios	jornal	4	60.00	240.00
• Siembra	jornal	4	60.00	240.00
• Deshierba/Aporque	jornal	20	60.00	1200.00
• Cosecha y trilla	jornal	8	60.00	480.00
<b>Subtotal</b>				<b>2160.00</b>
<b>3. INSUMOS</b>				
Semilla: Var Dulce Cochabamba	kg	110	13.00	1430.00
<b>Fortificante foliar</b>				
• VIGORTOP®	litro	100	0.80	80.00
<b>Bio-insecticida</b>				
• ACARITOP®	litro	20	1.50	30.00
<b>Envases/ otros</b>				
• Sacos	Unidad	30	3.00	90.00
• Imprevistos (10%)				517.00
<b>Subtotal</b>				<b>2147.00</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>5687.00</b>
<b>INGRESOS</b>				
• Rendimiento	kg/ha	1461.83	13.00	<b>19003.79</b>
• Utilidad	bs			<b>13316.79</b>
<b>BENEFICIO/COSTO</b>	bs			<b>3.34</b>

**Anexo 17. Tabla de Ingresos y Egresos para la variedad Carabuco a una densidad de siembra de 130 kg/ha**

ITEMS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>1. PREPARACIÓN DEL SUELO</b>				
<b>Maquinaria y equipos</b>				
• Arada	hora/tractor	4	150.00	600.00
• Rastrado	hora/tractor	2	150.00	300.00
• Nivelado	jornal	4	60.00	240.00
• Surcado	jornal	4	60.00	240.00
<b>Subtotal</b>				<b>1380.00</b>
<b>2. MANO DE OBRA</b>				
• Aplicación de fitosanitarios	jornal	4	60.00	240.00
• Siembra	jornal	4	60.00	240.00
• Deshierba/Aporque	jornal	20	60.00	1200.00
• Cosecha y trilla	jornal	8	60.00	480.00
<b>Subtotal</b>				<b>2160.00</b>
<b>3. INSUMOS</b>				
Semilla: Var Dulce Cochabamba	kg	130	13.00	1690.00
<b>Fortificante foliar</b>				
• VIGORTOP®	litro	100	0.80	80.00
<b>Bio-insecticida</b>				
• ACARITOP®	litro	20	1.50	30.00
<b>Envases/ otros</b>				
• Sacos	Unidad	30	3.00	90.00
• Imprevistos (10%)				543.00
<b>Subtotal</b>				<b>2433.00</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>5973.00</b>
<b>INGRESOS</b>				
• Rendimiento	kg/ha	1522.63	13.00	<b>19794.19</b>
• Utilidad	bs			<b>13821.19</b>
<b>BENEFICIO/COSTO</b>	bs			<b>3.31</b>